



ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК

ISSN 2072-8921

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

*«Посвящается 255-летию создания
паровой машины И. И. Ползунова»*

№ 2
2021

Ползуновский ВЕСТНИК

ISSN 2072-8921

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

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

Периодичность – 4 номера в год

№ 2 2021 г.

Научный журнал
входит в перечень ВАК

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА ВЫПУСК

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

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР

Проскура Николай Анатольевич,
редактор АлтГТУ (г. Барнаул)

УЧРЕДИТЕЛИ

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

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

ИНДЕКС: 73664 (Урал-Пресс)

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ

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

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

Дата выхода в свет 30.06.2021 г.

Цена 600 рублей.



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

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

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

Editor, ASTU, Barnaul, Russia

FOUNDERS

POLZUNOV ALTAI STATE TECHNICAL UNIVERSITY (ASTU)

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

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

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

Signed for printing 30.06.2021



СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

| | |
|--|---|
| <i>Е. В. Скороспелова, О. Ю. Михайлова, Н. К. Шелковская</i> Совершенствование технологии приготовления концентрированных соков из плодов и ягод алтайских сортов7 | <i>Е. А. Бычкова, А. В. Борисова</i> Белковые концентраты сои: технологии производства и перспективы применения 88 |
| <i>Н. С. Санжаровская, Н. В. Сокол, Ю. Б. Шарифуллина</i> Совершенствование рецептурного состава бисквитного полуфабриката с использованием муки из полбы 14 | <i>И. В. Науменко, С. К. Волончук, К. Я. Мотовилов, А. И. Резепин</i> Новый вид комбикорма повышенной кормовой ценности95 |
| <i>Л. А. Козубаева, С. С. Кузьмина</i> Перспективы применения арахиса в производстве капкейков20 | <i>О. Н. Еременко, Ж. А. Кох, В. В. Тарнопольская, Н. Ю. Демиденко</i> Перспективы использования столовой свеклы в производстве функциональных напитков 102 |
| <i>Л. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина, М. А. Захаров, И. В. Лазарева</i> К вопросу оценки минерального состава зерновых отрубей27 | <i>Н. А. Ермошин, И. Е. Волков, И. Н. Николаев, А. А. Сычев</i> Способ размягчения межмышечных соединительных тканей и сухожилий в толще мясных полуфабрикатов 110 |
| <i>А. Н. Остриков, Н. Л. Клейменова, И. Н. Болгова, М. В. Копылов</i> Исследование теплофизических и реологических свойств пищевых растительных масел36 | <i>Е. П. Каменская, Г. В. Саберзянова</i> Использование молочной сыворотки для активации дрожжей в технологии производства пива 116 |
| <i>О. И. Иринаева, С. А. Елисеева</i> Изучение биохимического состава и лечебных свойств растения кипрей узколистный (иванчай) 44 | <i>В. В. Горшков, Е. И. Машкина</i> Эффективность использования разного уровня мяса индейки в фарше при приготовлении полуфабрикатов в тесте (пельменей) 124 |
| <i>К. Н. Ницневская, В. С. Нечаева</i> Влияние ультразвукового воздействия на растительное сырьё55 | <i>О. Н. Пчелинцева, З. А. Бочкарева, С. В. Лисина</i> Новый продукт с функциональными свойствами из рыбного сырья с растительными компонентами 132 |
| <i>Н. В. Макарова, М. С. Воронина, А. Н. Гуляева, А. А. Албина, И. А. Бесчастнов, Д. Ю. Золотухина</i> Изучение физико-химических и органолептических свойств брокколи, отваренной в различных средах 63 | <i>Н. В. Горников, С. В. Новоселов, Л. А. Маюрникова, А. Ю. Зирка, А. С. Роткина</i> Формирование компетенций специалиста для отрасли общественного питания в системе «Школа – ВУЗ» 140 |
| <i>Н. К. Шелковская, В. А. Вагнер, И. Б. Дворяткина</i> Разработка рецептур купажных столовых вин типа «Алтын-Кель» из плодов и ягод алтайского ассортимента67 | <i>А. И. Орлов, И. Ю. Резниченко</i> Применение отходов пивоварения в ресурсосберегающих технологиях 146 |
| <i>А. Ю. Четчикова, М. Б. Мурадова, А. В. Проскура, А. И. Лепешкин, Л. А. Надточий, М. А. Хашим</i> Комплексная переработка ягод брусники и клюквы75 | <i>Е. А. Красноселова, А. А. Варивода</i> Разработка технологии белковых композиций с возможностью их использования в диетических продуктах питания 153 |
| <i>А. В. Фоминых, С. В. Фомина, Д. П. Ездин, А. А. Ездина, Н. А. Ковшова</i> Лабораторная энергосберегающая вакуумная выпарная установка для повышения концентрации гуанинового геля 82 | <i>И. В. Хамаганова, И. И. Бадмаева, С. В. Цырендоржиева, З. М. Намсараева, В. А. Аникина</i> Анализ индустрии питания города Улан-Удэ 160 |
| | <i>И. В. Соболев, Л. Я. Родионова</i> Разработка продуктов геронтологического питания повышенной пищевой ценности 168 |

РАЗДЕЛ 2. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

А. А. Дьяконов, С. С. Аммосов, П. Н. Тарасова,
А. А. Охлопкова, С. А. Слепцова, Н. Н. Петрова,
А. К. Кычкин, А. А. Кычкин, А. Г. Туисов

Исследование композиционных полимерных
материалов армированных базальтовой тка-
нью.....175

Г. В. Алексеев, К. О. Каршева, Р. О. Резниченко,
В. А. Шанин

Совершенствование процесса выделения ке-
ратина путем гидролиза сырья в ультразвуковом
поле182

Е. С. Кутищева, И. О. Усольцева, Ю. В. Передерин
Способы получения высокодисперсного ди-
оксида кремния.....188

Ю. С. Лазуткина, О. М. Горелова

Исследования по ректификационному разделе-
нию полупродуктов производства ацетона 194

О. М. Горелова, В. А. Сомин, Л. Ф. Комарова,
М. С. Некрасов

Изучение процесса адсорбции для рекупе-
рации растворителей в производстве асбесто-
технических изделий200

В. Э. Зинуров, И. Н. Мадышев, А. Р. Ивахненко,
И. В. Петрова

Разработка классификатора с соосно рас-
положенными трубами для разделения сыпу-
чего материала на основе силикагеля.....205

А. А. Исаева, Л. В. Затонская, П. В. Лыков,
В. П. Смагин

Фотолюминесценция многослойных кван-
товых точек A^{IV} , легированных ионами мар-
ганца (II) и меди (I, II)212

РАЗДЕЛ 3. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

М. А. Гурьев, С. Г. Иванов, А. М. Гурьев,
Б. Д. Лыгденов

Формирование диффузионного слоя на
стали 45 при одновременном насыщении бо-
ром, хромом и титаном.....218

Е. А. Письменный, А. М. Марков

Оптимизация материала узла гашения ко-
лебаний тележки грузового вагона225

С. В. Овечкин, С. В. Ананьин, О. В. Андрухова,
И. А. Попов

Влияние когерентного излучения на проч-
ность арамидных волокон и тканей.....233

А. А. Коркина, Е. В. Петрук, И. И. Гулмадов,
Е. С. Ананьева

Анализ распределения углеродных нано-
трубок в объеме полимерного связующего с
применением программного комплекса «DG
Analyzer».....239

Пурэвдорж Батхуу, Галаа Омонцоо, Б. Д. Лыгде-
нов, А. М. Гурьев

Восстановление и упрочнение поверхно-
сти деталей из высокохромистого чугуна лазер-
ной обработкой246

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ.....258

CONTENTS

SECTION 1. FOOD TECHNOLOGY

| | |
|---|---|
| <i>E. V. Skorospelova, O. Yu. Mikhailova, N. K. Shelkovskaya</i> Improvement technology of concentrated juices from fruits and berries of Altai selection.....7 | <i>E. A. Bychkova, A. V. Borisova</i> Soy protein concentrates: production technologies and application prospects.....88 |
| <i>N. S. Sanzharovskaya, N. V. Sokol, Yu. B. Shari-fullina</i> The recipe composition improvement of the biscuit semi-finished product with the use of emer wheat flour.....14 | <i>I. V. Naumenko, S. K. Volonchuk, K. Ya. Motovilov, A. I. Rezepin</i> A new type of compound feed of increased feed value.....95 |
| <i>L. A. Kozubaeva, S. S. Kuzmina</i> Prospects for the use of peanuts in the production of cupcakes.....20 | <i>O. N. Eremenko, Z. A. Kokh, V. V. Tarnopolskaya, N. Y. Demidenko</i> Prospects for using table beet in the production of functional drinks.....102 |
| <i>L. N. Krikunova, E. V. Dubinina, M. A. Zakharov, I. V. Lazareva</i> To the question of the grain bran mineral composition evaluation.....27 | <i>N. A. Ermoshin, I. E. Volkov, I. N. Nikolaev, A. A. Sychev</i> Method for softening of intermuscular connector's tissue and tendons in the thickness of meat semi-finished products.....110 |
| <i>A. N. Ostrikov, N. L. Kleymenova, I. N. Bolgova, M. V. Kopylov</i> The research of thermophysical and rheological properties of edible vegetable oils.....36 | <i>E. P. Kamenskaya, G. V. Sabrezyanova</i> Use of milk whey for yeast activation in beer production technology.....116 |
| <i>O. I. Irinina, S. A. Eliseeva</i> The study of biochemical composition and medicinal properties of the plant epilobium angustifolium (fireweed).....44 | <i>V. V. Gorshkov, E. I. Mashkina</i> Efficiency of using different levels of turkey meat in minces when preparing semi-finished dough (dumplings).....124 |
| <i>K. N. Nitsievskaya, V. S. Nechaeva</i> The effect of ultrasonic exposure on plant raw materials.....55 | <i>O. N. Pchelintseva, Z. A. Bochkareva, S. V. Lisina</i> A new product with functional properties from fish raw materials with plant components.....132 |
| <i>N. V. Makarova, M. S. Voronina, A. N. Gulyaeva, A. A. Albina, I. A. Beschastnov, D. Y. Zolotukhina</i> Study of the physicochemical and organoleptic properties of broccoli, boiled in various environments.....63 | <i>N. V. Gornikov, S. V. Novoselov, L. A. Mayurnikova, A. Yu. Zirka, A. S. Rotkina</i> Formation of specialist's competences for the public food industry in the "School - University" system.....140 |
| <i>N. K. Shelkovskaya, V. A. Vagner, I. B. Dvoryatkina</i> Development of recipes for blended table wines of "Altyn-Kol" type from fruits and berries of Altai assortment.....67 | <i>A. I. Orlov, I. Yu. Reznichenko</i> Application of brewing waste in resource-saving technologies.....146 |
| <i>A. Yu. Chechetkina, M. B. Muradova, A. V. Proskura, A. I. Lepeshkin, L. A. Nadtochy, M. A. Hashim</i> Complex processing of lingonberry and cranberry berries.....75 | <i>E. A. Krasnoselova, A. A. Varivoda</i> Development of the technology of protein compounds with the possibility of their use in dietary foods.....153 |
| <i>A. V. Fominykh, S. V. Fomina, D. P. Ezdin, A. A. Ezdina, N. A. Kovshova</i> Laboratory energy saving vacuum evaporator for increasing humic gel concentrations.....82 | <i>I. V. Khamaganova, I. I. Badmaeva, S. V. Tsyrendorzhieva, Z. M. Namsaraeva, V. A. Anikina</i> Analysis of the food industry in Ulan-Ude.....160 |
| | <i>I. V. Sobol, L. Y. Rodionova</i> Development of gerontological food products of increased nutritional value.....168 |

SECTION 2. CHEMICAL TECHNOLOGY

| | |
|--|-----|
| <i>A. A. Dyakonov, S. S. Ammosov, P. N. Tarasova, A. A. Okhlopkova, S. S. Sleptsova, N. N. Petrova, A. K. Kychkin, A. A. Kychkin, A. G. Tuisov</i> Research of composite polymer materials reinforced with basalt fabric | 175 |
| <i>G. V. Alekseev, K. O. Karsheva, R. O. Reznichenko, V. A. Shanin</i> Improvement of the keratin release process by hydrolysis of raw materials in the ultrasonic field | 182 |
| <i>E. S. Kutishcheva, I. O. Usoltseva, Yu. V. Perederin</i> Methods for producing high-dispersion silicon dioxide | 188 |
| <i>Yu. S. Lazutkina, O. M. Gorelova</i> Research on rectification separation of acetone production semiproducts | 194 |
| <i>O. M. Gorelova, V. A. Somin, L. F. Komarova, M. S. Nekrasov</i> Study of the adsorption process for solvent recovery in the production of asbestic products | 200 |
| <i>V. E. Zinurov, I. N. Madyshev, A. R. Ivakhnenko, I. V. Petrova</i> Development of a classifier with coaxially arranged pipes for the separation of bulk material based on silica gel | 205 |
| <i>A. A. Isaeva, L. V. Zatonskaya, P. V. Lykov, V. P. Smagin</i> Photoluminescence of A^{II}B^{VI} multilayer quantum dots doped with manganese (II) and copper (I, II) ions | 212 |

SECTION 3. METALLURGY AND MATERIALS SCIENCE

| | |
|---|-----|
| <i>M. A. Guriev, S. G. Ivanov, A. M. Guriev, B. D. Lygdenov</i> Formation of a diffusion layer on steel 45 with simultaneous saturation with boron, chrome and titanium | 218 |
| <i>E. A. Pismenny, A. M. Markov</i> Optimization material for unit damping of the vibration of the tram for freight car | 225 |
| <i>S. V. Ovechkin, S. V. Ananyin, O. V. Andrukhova, I. A. Popov</i> Influence of coherent radiation on the strength of aramid fibers and tissues | 233 |
| <i>A. A. Korkina, E. V. Petruk, I. I. Gulmadoy, E. S. Anan'eva</i> Carbon nanotube distribution analysis in the volume of the polymer binder using the software package «DG Analyzer» | 239 |
| <i>P. Batkhuu, G. Omontsoo, B. D. Lygdenov, A. M. Guriev</i> Restoration and strengthening of the surface of high-chromium cast iron parts by laser treatment | 246 |
| AUTHOR'S INDEX | 258 |



РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Научная статья

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

УДК 663. 252

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.001

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СОКОВ ИЗ ПЛОДОВ И ЯГОД АЛТАЙСКИХ СОРТОВ

Елена Владимировна Скороспелова ¹, Оксана Юрьевна Михайлова ²,
Наталья Кирилловна Шелковская ³

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

¹ elenkavinodel@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9508-7342>

² mihaailova_oxana007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4554-9449>

³ shelk49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1335-1718>

Аннотация. Проведены исследования возможности приготовления концентрированных соков из плодов и ягод алтайского сортимента. Работа представляет актуальность и новизну для внедрения в промышленное производство. Концентрированные соки плодово-ягодных культур также могут использоваться в качестве ингредиентов в молочных продуктах как источники БАВ и пищевого красителя. Концентрированные ягодные соки, полученные из таких культур, как облепиха, смородина черная, изучены недостаточно. Концентрированные соки из ягод жимолости ранее изучены не были. Для приготовления яблочного и облепихового концентратов использовали соки прямого отжима. Из ягод смородины черной и жимолости получали диффузионные соки. Концентрирование соков проводили упариванием на лабораторном роторном испарителе при температуре 70 °С в испаряющей колбе. Упаривание производили до содержания растворимых сухих веществ 30–40 % для жимолостных, черносмородиновых соков и 60–70 % для яблочных, облепиховых соков. Титруемая кислотность высокая. Максимальное значение этого показателя в концентратах из жимолости 7,30–9,22 %, облепихи сорта Августина – 11,9 %. В остальных образцах титруемая кислотность 5,0–7,7 %. Максимальное содержание сахаров отмечено в яблочных концентратах (63,1–77,6 %). На одном уровне содержание сахаров в жимолостных (26,8–31,6 %) и черносмородиновых (23,0–36,1 %) концентратах. Концентрированные соки отличаются высоким содержанием полифенольных веществ: от 6160 мг/дм³ в яблочном концентрате сорта Жебровское до 24315 мг/дм³ – в жимолостном концентрате сорта Берель.

Доказано, что по основным физико-химическим показателям и органолептическим качествам полученные соки плодовые и ягодные концентрированные соответствуют ГОСТ 32102-2013.

Ключевые слова: соки прямого отжима, диффузионные соки, концентрированные соки, вакуумный испаритель, облепиха, жимолость, смородина черная, яблоня, плоды, сорт.

Для цитирования: Скороспелова Е. В., Михайлова О. Ю., Шелковская Н. К. Совершенствование технологии приготовления концентрированных соков из плодов и ягод алтайских сортов // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 7–13. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.01.

Original article

IMPROVEMENT TECHNOLOGY OF CONCENTRATED JUICES FROM FRUITS AND BERRIES OF ALTAI SELECTION

Elena V. Skorospelova ¹, Oxana Yu. Mikhailova ²,
Natalia K. Shelkovskaya ³

^{1,2,3} Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies, Barnaul, Russia

¹ elenkavinodel@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9508-7342>

² mihailova_oxana007@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4554-9449>

³ shelk49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1335-1718>

Abstract. Study of possibility of concentrated juices producing from fruits and berries of Altai selection has been carried out. The results present relevance and novelty for implementation in processing industry. Fruits and berries concentrated juices can be also utilized as ingredients in dairy products as sources of biologically active substances and food coloring. There are not enough research have been carried out referring to concentrated berry juices. Last ones from honeysuckle have not been studied at all. For the production of apple and seabuckthorn concentrates direct squeezed juices were used. Diffusion juices have been obtained from black currant and honeysuckle berries. Juices concentration has been implemented by evaporation on a laboratory rotary evaporator at a temperature of 70 °C in an evaporating flask. For honeysuckle and black currant juices evaporation was performed up to 30–40 % of soluble solids, and up to 60–70 % for apple and seabuckthorn juices. The maximum value of titratable acidity was indicated in honeysuckle concentrates – 7.30–9.22 %, as well as in seabuckthorn ones obtained from Avgustina variety – 11.9 %. Titratable acidity of the rest samples ranged from 5.0 to 7.7 %. The maximum sugar content was noted in apple concentrates (63.1–77.6 %). Sugar content in honeysuckle (26.8–31.6 %) and black currant (23.0–36.1 %) concentrates was mostly on the same level. Concentrated juices are distinguished by high content of polyphenolic substances: from 6160 mg / dm³ in apple concentrate of Zhebrovskoye variety, up to 24315 mg / dm³ in honeysuckle concentrate of Berel variety.

It has been proved that according to the basic physico-chemical indicators and organoleptic qualities, the fruit and berry concentrated juices correspond to State Standard 32102–2013.

Keywords: direct squeeze juices, diffusion juices, concentrated juices, vacuum evaporator, seabuckthorn, honeysuckle, black currant, apple, fruit, variety.

For citation: Skorospelova, E. V., Mikhailova, O. Yu. & Shelkovskaya, N. K. (2021). Improvement technology of concentrated juices from fruits and berries of Altai selection. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 7-13. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.001.

ВВЕДЕНИЕ

Питание – один из основных факторов, определяющих здоровье населения, а плоды и ягоды являются важнейшей и незаменимой составной частью качественного, рационального питания, обеспечивающей здоровье и долголетие человека. Они содержат легкоусвояемые сахара, органические кислоты, микроэлементы, витамины, ферменты и другие, биологически активные вещества, которые обладают терапевтическими и диетическими свойствами.

В России из плодов и ягод преимущественно вырабатывают пюреобразные продукты, соки и напитки [1].

В последнее время в РФ получило развитие направление по организации выработки полуфабрикатов, которые могут быть использованы в несезонное время для изготовления продукции высокого качества. К таким полуфабрикатам относятся концентрированные фруктовые соки [2].

Концентрированный сок – продукт, произведенный путем физического удаления из сока прямого отжима части содержащейся в нем воды в целях увеличения содержания растворимых сухих веществ не менее чем в два раза по отношению к исходному соку прямого отжима [3].

Одним из факторов, влияющих на качественные характеристики плодово-ягодных

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СОКОВ ИЗ ПЛОДОВ И ЯГОД АЛТАЙСКИХ СОРТОВ

концентрированных соков, является технология их получения. Используемые при этом способы, технологические средства, а также условия хранения определяют химический состав готового продукта и количественные соотношения компонентов [4].

Концентрирование соков может осуществляться выпариванием, вымораживанием и с применением мембран. Наибольшую часть плодовых соков концентрируют выпариванием, техника которого непрерывно совершенствуется [5, 6].

Концентрированные плодовые и ягодные соки используют в России и за рубежом в различных отраслях пищевой промышленности, в том числе они могут использоваться в качестве ингредиентов в молочных продуктах как источники БАВ и пищевого красителя.

Производство концентрированных соков дает большую экономию в содержании сооружений, складов, транспорта, тары. Концентраты соков обеспечивают переработку плодов и ягод в урожайные годы и создание запасов сока на случай неурожая, дают возможность равномерно в течение года снабжать население натуральными витаминами и другими БАВ [5].

Исследования плодово-ягодных концентрированных соков проводятся в настоящее время в России, Украине, Казахстане, Китае и в ряде Европейских стран. Наиболее распространенным объектом для исследований являются плоды яблони, красной рябины, облепихи, клюквы, винограда, малины, ежевики, клубники, вишни, черники, брусники и др. [6–12]. В европейских странах много исследований посвящено концентрированию апельсиновых соков [13, 14].

Концентрированные ягодные соки, полученные из таких культур, как облепиха, смородина черная, мало изучены. Концентрированные соки из ягод жимолости не были ранее исследованы.

В России работами по производству концентрированных плодово-ягодных соков занимались в Москве (ВНИИ пивобезалкогольной и винодельческой промышленности), Кемерово (Технологический институт пищевой промышленности), Самаре (Государственный технический университет).

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что особенности технологии производства концентрированных соков из плодово-ягодного сырья, выращенного в лесостепной зоне Алтайского края, не изучены. Поэтому многие вопросы технологии производства концентратов актуальны, своевре-

менны, имеют научную новизну и требуют глубоких исследований.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в лаборатории индустриальных технологий ФГБНУ ФАНЦА отдела «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко» в 2019–2020 гг.

Объекты исследований: плодовые и ягодные соки, концентраты из плодовых и ягодных соков.

Физико-химические исследования соков и концентратов проводили по ГОСТ: ISO750; 24556; 26188; 28562; 32001; Р 51620. Общее содержание полифенолов с реактивом Фолина-Чокальтеу. Анализы проведены в 2-кратной повторности.

Цель работы: приготовление плодовых и ягодных концентрированных соков, обладающих высокой пищевой и биологической ценностью, функциональной направленностью и оптимальными органолептическими свойствами, из сырья алтайской селекции.

Научная работа представляет новизну и актуальность, так как местное сортовое плодое и ягодное сырье для производства концентратов не изучено.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для приготовления яблочного и облепихового концентратов использовали соки прямого отжима. Из ягод смородины черной и жимолости получали диффузионные соки дроблением ягод и прессованием мезги с последующей двукратной экстракцией отжима водой. Сок ягод и сок, полученный после экстракции, объединяли (рисунок 1).

Концентрирование соков проводили упариванием на лабораторном роторном испарителе при температуре 70 °С в испаряющей колбе. Упаривание производили до содержания растворимых сухих веществ 30–40 % для жимолостных и черносмородиновых соков и 60–70 % для яблочных и облепиховых соков. Принцип приготовления фруктовых концентратов выпариванием влаги из соков в лабораторных условиях аналогичен промышленному производству.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Физико-химический состав соков для концентрирования представлен в таблице 1.

Содержание РСВ в соках – 8,0–14,1 %. Содержание сахаров колеблется в пределах 5,4–13,8 г/100 г. Максимальная титруемая

кислотность в соке из ягод жимолости 1,54–2,51 %, минимальная – в яблочном соке 0,52–1,26 %. Содержание полифенольных веществ находится на высоком уровне – от 1846 до 6458 мг/дм³. Наибольшее количество аскорбиновой кислоты отмечено в соке облепихи: 135,2–187,2 мг/100 г. Физико-химический состав соков каждой культуры имеет различные показатели по сортам. Облепиховый сок сорта Августина отличается меньшим содержанием сахаров и полифенольных веществ и большей титруемой кислотностью по сравнению с соком сорта Алтайская. Жимолостный сок сорта Викинг обладает меньшим содержанием сахаров, титруемых кислот и полифенолов, чем сок сорта Берель. Яблочный сок сорта Юбилейное Калининой имеет меньшее содержание сахаров и титруемых кислот. Сок из смородины черной сорта Памяти Кухарского по физико-химическому составу не имеет существенных различий с соком сорта Лама, за исключением меньшего содержания полифенольных веществ.

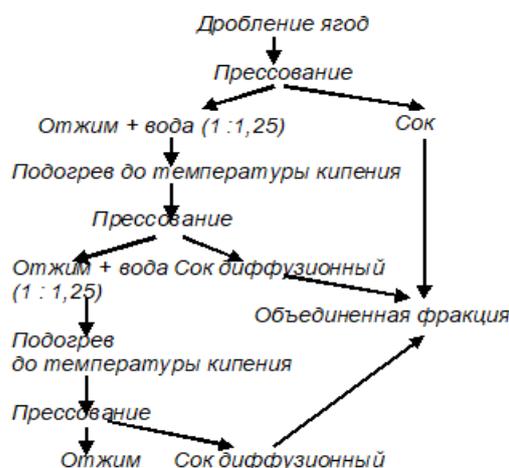


Рисунок 1 – Технологическая схема приготовления ягодного сока для концентрата

Figure 1 - Technological scheme for the preparation of berry juice for concentrate

Таблица 1 – Физико-химический состав соков для концентрирования

Table 1 - Physicochemical composition of juices for concentration

| Культура, сорт | Год | Удельная масса, г/см ³ | Титруемая кислотность, % | РСВ, % | Сумма полифенолов, мг/дм ³ | Сахара, г/100 г | Витамин С, мг/100 г |
|---------------------|------|-----------------------------------|--------------------------|--------|---------------------------------------|-----------------|---------------------|
| Жимолость | | | | | | | |
| Берель | 2019 | 1,055 | 1,54 | 8,2 | 5165 | 5,4 | – |
| | 2020 | 1,040 | 2,51 | 11,4 | 5952 | 7,3 | 20,8 |
| Викинг | 2020 | 1,025 | 2,01 | 8,0 | 4036 | 5,5 | 20,8 |
| Смородина черная | | | | | | | |
| Лама | 2019 | 1,026 | 0,80 | 9,4 | 6458 | 5,7 | - |
| | 2020 | 1,044 | 1,91 | 9,6 | 6175 | 7,4 | 57,2 |
| Памяти Кухарского | 2020 | 1,027 | 1,81 | 9,0 | 2378 | 6,7 | 85,3 |
| Яблоки | | | | | | | |
| Жебровское | 2019 | 1,027 | 0,52 | 13,5 | 1846 | 8,1 | – |
| | 2020 | 1,052 | 1,26 | 14,1 | 2131 | 13,8 | 6,2 |
| Юбилейное Калининой | 2020 | 1,046 | 0,84 | 11,3 | 2643 | 11,0 | 10,8 |
| Облепиха | | | | | | | |
| Алтайская | 2019 | 1,035 | 1,20 | 10,5 | 6438 | 7,9 | – |
| | 2020 | 1,035 | 1,11 | 11,2 | 4868 | 9,8 | 187,2 |
| Августина | 2020 | 1,032 | 2,00 | 10,0 | 2966 | 6,5 | 135,2 |

Исследование различных способов получения соков жимолости и смородины черной урожая 2020 г.

С целью повышения выхода сока из плодов с высоким содержанием пектиновых веществ (жимолость, смородина черная) исследованы различные способы обработки мезги.

Из ягод жимолости сорта Берель и смородины черной сорта Лама получены соки термическим методом, а также с применением следующих ферментных препаратов: Экс-

трапект Суперклар, Экстрапект Колор, Экстрапект Пресс. В качестве контроля использованы соки прямого отжима.

Оптимальный способ выделения сока из мезги ягод выбирали по количеству выделяемого сока. Для каждого варианта получения сока использовали 0,5 кг ягодного сырья.

Термический метод:

Ягоды измельчали, полученную мезгу нагревали до 70 °С. Затем выделяли сок. Сок,

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СОКОВ ИЗ ПЛОДОВ И ЯГОД АЛТАЙСКИХ СОРТОВ

полученный после термообработки, имел более жидкую консистенцию, чем контроль.

Ферментативный метод:

Ягоды измельчали. Ферменты вносили в мезгу в количестве 0,025 мл/л в каждый вариант. Отжим сока проводили через 35 минут.

В эксперименте с жимолостью наиболее жидкая консистенция наблюдалась при использовании ферментного препарата Экстрапект Колор. Наиболее жидкая консистенция мезги из ягод черной смородины наблюдалась при использовании фермента Экстрапект Суперклар.

При добавлении в мезгу жимолости ферментного препарата Экстрапект Пресс присутствовал посторонний запах.

Данные о количестве полученного различными способами сока из ягод смородины черной представлены на рисунке 2.

По максимальному выходу сока выделены 2 способа получения черносмородинового сока – с помощью ферментного препарата Экстрапект Пресс (73 %) и методом термообработки (72 %). Несколько ниже выход сока с использованием ферментного препарата Экстрапект Клар. Количество сока, полученного при обработке ферментным препаратом Экстрапект Колор, на одном уровне с контролем (63 и 66 % соответственно).

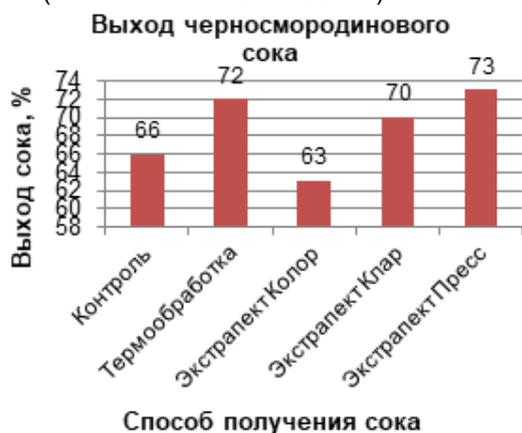


Рисунок 2 – Выход черносмородинового сока, полученного различными способами

Figure 2 - The output of blackcurrant juice obtained in different ways

Выход жимолостного сока с использованием ферментных препаратов находился на одном уровне (рисунок 3) и составлял 71–73 %.

В отличие от черносмородинового сока, применение ферментного препарата Экстрапект Колор с мезгой жимолости дало более высокий выход сока. Максимальное количество

полученного сока наблюдалось при термообработке мезги (76 %).



Рисунок 3 – Выход жимолостного сока, полученного различными способами

Figure 3 - The output of honeysuckle juice obtained in different ways

Физико-химический состав и органолептические качества концентрированных плодовых соков урожаев 2019–2020 гг.

На лабораторном ротационном испарителе приготовлены концентраты из плодовых и ягодных соков. В 2019 году использован ротационный испаритель ИП-1М2, в 2020 – STEGLERR-213b.

Содержание РСВ в яблочных концентратах 66,0–67,7 %, в облепиховых – 61,0–66,0 % (таблица 2). В жимолостных РСВ 36,0–37,5 %, в черносмородиновых – 33,5–37,0 %. Титруемая кислотность в концентрированных соках высокая. Максимальное значение этого показателя в концентратах из жимолости 7,30–9,22 %, а также в концентрате из облепихи сорта Августина 11,9 %. В остальных образцах титруемая кислотность 5,0–7,7 %. Максимальное содержание сахаров отмечено в яблочных концентратах (63,1–77,6 %). На одном уровне содержание сахаров в жимолостных (26,8–31,6 %) и черносмородиновых (23,0–36,1 %) концентратах. Концентрированные соки отличаются высоким содержанием полифенольных веществ: от 6160 мг/дм³ в яблочном концентрате сорта Жебровское до 24315 мг/дм³ – в жимолостном концентрате сорта Берель. Физико-химический состав концентратов разных культур имеет различие по сортам. Концентрированный жимолостный сок сорта Викинг отличается от концентрата сока Берель большей титруемой кислотностью и меньшим содержанием полифенолов. Концентрированный черносмородиновый сок сорта Памяти Кухарского сконцентрирован до более высокого содержания РСВ, чем сок сорта Берель и, соответственно, имеет более

высокое содержание сахаров, содержание полифенолов, наоборот, имеет меньшие значения. Концентрированный яблочный сок сорта Юбилейное Калининой обладает большим содержанием кислот и полифенольных веществ по сравнению с концентри-

рованным соком сорта Жебровское. Концентрированный облепиховый сок сорта Августина отличается от сока сорта Алтайская меньшим содержанием сахаров и полифенольных веществ и большим содержанием титруемых кислот.

Таблица 2 – Физико-химический состав концентратов

Table 2 - Physical and chemical composition of concentrates

| Культура, сорт | Год | Титруемая кислотность, % | РСВ, % | Сумма полифенолов, мг/дм ³ | Сахара, г/100 г | Дегустационная оценка |
|-------------------------|------|--------------------------|--------|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Жимолость | | | | | | |
| Берель | 2019 | 7,30 | 37,5 | 24315 | 31,3 | 5,0 |
| | 2020 | 8,04 | 36,0 | 22440 | 31,6 | 4,9 |
| Викинг | 2020 | 9,22 | 36,0 | 11700 | 26,8 | 4,8 |
| Смородина черная | | | | | | |
| Лама | 2019 | 5,10 | 33,5 | 12876 | 23,0 | 5,0 |
| | 2020 | 6,86 | 33,5 | 16263 | 30,3 | 5,0 |
| Памяти Кухарского | 2020 | 6,70 | 37,0 | 10451 | 36,1 | 5,0 |
| Яблоки | | | | | | |
| Жебровское | 2019 | 5,50 | 66,5 | 10202 | 77,6 | 5,0 |
| | 2020 | 5,80 | 66,0 | 6160 | 63,1 | 4,8 |
| Юбилейное Калининой | 2020 | 7,70 | 67,7 | 14910 | 66,6 | 4,8 |
| Облепиха | | | | | | |
| Алтайская | 2019 | 5,80 | 61,0 | 17630 | 41,9 | 5,0 |
| | 2020 | 5,00 | 66,0 | 18097 | 47,4 | 4,9 |
| Августина | 2020 | 11,90 | 65,0 | 12192 | 41,9 | 4,3 |

Соки фруктовые концентрированные по органолептическим показателям соответствуют ГОСТ 32102-2013. По дегустационной оценке образцы получили хорошую оценку 4,8–5,0 балла, за исключением концентрата из облепихи сорта Августина с оценкой 4,3 балла. Высший балл у концентрата из жимолости сорта Берель, смородины черной сортов Лама и Памяти Кухарского, яблок сорта Жебровское, облепихи сорта Алтайская – 5,0 балла.

ВЫВОДЫ

1. Концентрированные соки из плодов и ягод алтайских сортов по органолептическим показателям соответствуют ГОСТ 32102-2013 (Консервы. Продукция соковая. Соки фруктовые концентрированные. Общие технические условия).

2. По максимальному выходу сока выделились 2 способа получения черносмородинового сока – с помощью ферментного препарата Экстрапект Пресс (73 %) и методом термообработки (72 %). Выход жимолостного сока с использованием ферментных препаратов находился на одном уровне и составлял 71–73 %. Максимальное количество полученного жимолостного сока наблюдалось при термообработке мезги (76 %).

3. Усовершенствована технология производства концентрированных плодовых и ягодных соков из сырья алтайской селекции

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лучина Н.А. Товароведная характеристика плодово-ягодных консервов // Техника и технология пищевых производств. 2009. № 3. С. 66–70.
2. Петрова Л.А., Бухтиярова Т.И. Особенности российского рынка соков // Научные записки ОРЕЛГИ-ЭТ. 2010. № 2. С. 440–442.
3. Технический регламент Таможенного союза 023/2011. Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей, 2011. 56 с.
4. Попов А.М., Голуб О.В., Кравченко С.Н. Показатели качества концентрированных плодово-ягодных соков // Пиво и напитки. 2005. № 5. С. 70–72.
5. Алексеева Н.В., Абдалиев Н., Сарсенова А. Технологии и установки для концентрирования сока яблочного концентрированного // Вестник науки южного Казахстана. 2018. № 1 (1). С. 18–23.
6. Вертяков Ф.Н. Инновационная технология производства фруктовых и овощных пюреобразных концентратов // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. 2008. № 6. С. 89–91.
7. Кравченко С.Н., Попов А.М., Павлов С.С. Антиокислительная активность концентрированных соков из плодово-ягодного сырья // Пиво и напитки. – 2014. Т. 2. № 4. С. 41–48.
8. Кравченко С.Н., Попов А.М., Ветрова Н.Т. Исследование ингибирующих свойств продуктов пере-

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СОКОВ ИЗ ПЛОДОВ И ЯГОД АЛТАЙСКИХ СОРТОВ

работки плодово-ягодного сырья // Известия вузов. Пищевая технология. 2007. № 4. С. 59–61.

9. Гусакова Г.С., Евстафьев С.Н. Концентрирование сока и виноматериалов вымораживанием // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2012. № 2 (3). С. 46–50.

10. Макарова Н.В., Зюзина А.В. Исследование антиоксидантной активности по методу DPPH полуфабрикатов производства соков // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 3.

11. Казакова Е.А., Грибкова И.Н., Елисеев М.Н. Изменение функциональных соединений в технологии концентратов из плодово-ягодного сырья // Пиво и напитки. 2007. № 4. С. 34–35.

12. Mohammed Aider Damien de Halleux Production of concentrated cherry and apricot juices by cryoconcentration technology // LWT – Food Science and Technology. 2008. № 41. P. 1768–1775.

13. J. Sánchez, Y. Ruiz, M. Raventós, J.M. Auleda, E. Hernández Progressive freeze concentration of orange juice in a pilot plant falling film // Innovative Food Science and Emerging Technologies. – 2010. № 11. P. 644–651.

14. P. Orellana-Palma, G. Petzold, I. Andana, N. Torres, C. Cuevas Retention of Ascorbic Acid and Solid Concentration via Centrifugal Freeze Concentration of Orange Juice // Journal of Food Quality. 2017. Vol. 2017. P. 1–7.

Информация об авторах

Е. В. Скороспелова – научный сотрудник Федерального Алтайского научного центра агробιοтехнологий.

О. Ю. Михайлова – младший научный сотрудник Федерального Алтайского научного центра агробιοтехнологий.

Н. К. Шелковская – старший научный сотрудник Федерального Алтайского научного центра агробιοтехнологий.

REFERENCES

1. Luchina, N.A. (2009). Commodity characteristics of canned fruits and berries. *Technics and technology of food production*, (3), 66-70. (In Russ.).

2. Petrova, L.A. & Bukhtiyarova, T.I. (2010). Features of the Russian juice market. *Scientific notes ORELGIET*, (2), 440-442. (In Russ.).

3. Technical regulations of the Customs Union Technical regulations for fruit and vegetable juice products (2011). TRTS № 023/2011 from Dec 9, 2011. Moscow : Standards Publishing House. (In Russ.).

4. Popov, A.M., Golub, O.V. & Kravchenko, S.N. (2005). Quality indicators of concentrated fruit and berry juices. *Beer and drinks*, (5), 70-72. (In Russ.).

5. Alekseeva, N.V., Abdaliev, N. & Sarsenova, A. (2018). Technologies and installations for concentrating concentrated apple juice. *Bulletin of science of southern Kazakhstan*, 1 (1), 18-23. (In Russ.).

6. Vertyakov, F.N. (2008). Innovative technology for the production of fruit and vegetable puree concentrates. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, (6), 89-91. (In Russ.).

7. Kravchenko, S.N., Popov, A.M. & Pavlov, S.S. (2014). Antioxidant activity of concentrated juices from fruit and berry raw materials. *Beer and drinks*, 2(4), 41-48. (In Russ.).

8. Kravchenko, S.N., Popov, A.M. & Vetrova, N.T. (2007). Investigation of inhibiting properties of products of processing of fruit and berry raw materials. *Izvestiya vuzov. Food technology*, (4), 59-61. (In Russ.).

9. Gusakova, G.S. & Evstafiev, S.N. (2012). Concentration of juice and wine materials by freezing. *Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology*, 2 (3), 46-50. (In Russ.).

10. Makarova, N.V. & Zyuzina, A.V. (2011). Investigation of antioxidant activity by the DPPH method of semi-finished products of juice production. *Technics and technology of food production*, (3). (In Russ.).

11. Kazakova, E.A., Gribova, I.N. & Eliseev, M.N. (2007). Change of functional compounds in the technology of concentrates from fruit and berry raw materials. *Beer and drinks*, (4), 34-35. (In Russ.).

12. Mohammed Aider (2008). Damien de Halleux Production of concentrated cherry and apricot juices by cryoconcentration technology. *LWT - Food Science and Technology*, (41), 1768-1775.

13. Sánchez, J., Ruiz, Y., Raventós, M., Auleda, J.M. & Hernandez E. (2010). Progressive freeze concentration of orange juice in a pilot plant falling film. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, (11), 644-651.

14. Orellana-Palma, P., Petzold, G., Andana, I., Torres, N. & Cuevas C. (2017). Retention of Ascorbic Acid and Solid Concentration via Centrifugal Freeze Concentration of Orange Juice. *Journal of Food Quality*, (4), 1-7. DOI:10.1155/2017/5214909.

Information about the authors

E. V. Skorospelova – Researcher at the Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology.

O. Yu. Mikhailova – Junior Researcher at the Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology.

N. K. Shelkovskaya – senior researcher at the Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 22 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья

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

УДК 664.65

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.002

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА БИСКВИТНОГО ПОЛУФАБРИКАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ ИЗ ПОЛБЫ

Надежда Сергеевна Санжаровская ¹, Наталья Викторовна Сокол ²,
Юлия Борисовна Шарифуллина ³

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

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

² sokol_n.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

³ us3933072@gmail.com

Аннотация. В работе проведены теоретические и экспериментальные исследования использования полбяной муки в технологии производства бисквитных полуфабрикатов.

Целью данной работы является исследование свойств полбяной муки и определение возможности ее использования в технологии бисквитных полуфабрикатов для оптимизации их химического состава и получения новых потребительских характеристик. Качество сырья и готовых бисквитных полуфабрикатов оценивали стандартными методами.

В ходе эксперимента исследованы технологические характеристики муки из полбы, на основании которых было определено рекомендуемое соотношение основных сырьевых рецептурных ингредиентов. Это дало возможность получить бисквитный полуфабрикат с качественными технологическими показателями. Отмечено, что предложенный бисквитный полуфабрикат по показателям качества не уступает аналогу.

По результатам проведенных исследований была разработана рецептура бисквита «Солнечный», проведена его товароведная оценка по комплексу физико-химических, органолептических и микробиологических показателей.

Показано, что использование полбяной муки ускоряет процессы черствения бисквитных полуфабрикатов в процессе хранения.

Доказано, что использование полбяной муки способствует повышению пищевой ценности бисквитных полуфабрикатов. Проведенные исследования являются технологической базой для создания широкого ассортимента пищевых продуктов с улучшенным химическим составом и потребительскими характеристиками.

Ключевые слова: бисквитный полуфабрикат, полбяная мука, качество, хранение, усушка, рецептура.

Для цитирования: Санжаровская Н. С., Сокол Н. В., Шарифуллина Ю. Б. Совершенствование рецептурного состава бисквитного полуфабриката с использованием муки из полбы // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 14–19. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.002.

Original article

THE RECIPE COMPOSITION IMPROVEMENT OF THE BISCUIT SEMI-FINISHED PRODUCT WITH THE USE OF EMMER WHEAT FLOUR

Nadezhda S. Sanzharovskaya ¹, Natalia V. Sokol ², Yulia B. Sharifullina ³

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

© Санжаровская Н. С., Сокол Н. В., Шарифуллина Ю. Б., 2021

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА БИСКВИТНОГО ПОЛУФАБРИКАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ ИЗ ПОЛБЫ

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

² sokol_n.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

³ us3933072@gmail.com

Abstract. *The work carried out theoretical and experimental studies of the use of emmer wheat flour in the technology of biscuit semi-finished products production.*

The purpose of this work is to study the properties of emmer wheat flour and determine the possibility of its use in the technology of biscuit semi-finished products, in order to optimize their chemical composition and obtain new consumer characteristics. The quality of raw materials and finished biscuit semi-finished products was assessed by standard methods.

During the experiment, the technological characteristics of emmer wheat flour were investigated, on the basis of which the optimal ratio of the main raw recipe ingredients was determined. This made it possible to obtain a biscuit semi-finished product with high-quality technological indicators. It is noted that the proposed biscuit semi-finished product in terms of quality is not inferior to its analogue.

According to the results of the research, the recipe for the "Solnechny" biscuit was developed, its commodity assessment was carried out in terms of a complex of physicochemical, organoleptic and microbiological indicators.

It is shown that the use of emmer wheat flour accelerates the processes of staling of biscuit semi-finished products during storage.

It has been proven that the use of emmer wheat flour helps to increase the nutritional value of biscuit semi-finished products. The research carried out is the technological basis for creating a wide range of food products with improved chemical composition and consumer characteristics.

Keywords: *biscuit semi-finished product, emmer wheat flour, quality, storage, shrinkage, recipe*

For citation: Sanzharovskaya, N. S., Sokol, N. V. & Sharifullina, Y. B. (2021). The recipe composition improvement of the biscuit semi-finished product with the use of emmer wheat flour. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 14-19. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.002.

ВВЕДЕНИЕ

Большим спросом у потребителей пользуются мучные кондитерские изделия, среди которых отдельный сегмент занимают бисквитные. Бисквиты – это высококалорийные мучные кондитерские изделия, выпеченные из сбивного теста без добавления жира, с мукой, крахмалом и высоким содержанием сахара и яйцепродуктов. Большинство из них характеризуются привлекательными потребительскими характеристиками, достаточно высокой энергетической ценностью и несбалансированным химическим составом [1, 2].

Анализ литературных источников по выбранному направлению исследования показал, что в последнее время в технологии бисквитных полуфабрикатов широко используются различные виды муки, плодово-ягодное и овощное сырье с целью корректировки структурно-механических свойств теста и сбалансированности их химического состава. Однако в литературе отсутствует информация по применению полбяной муки в рецептурном составе бисквитных полуфабрикатов, использование которой будет способствовать получению кондитерской продукции с повышенной пищевой ценностью [3]. Поэтому актуальным вопросом является изуче-

ние влияния полбяной муки на качество выпеченного бисквитного полуфабриката.

Традиционно среди зерновых первое место в производстве пищевых продуктов занимает пшеница, что, прежде всего, обусловлено ее хлебопекарными и макаронными свойствами. Однако современные сорта пшеницы характеризуются относительно низкой биологической ценностью, особенно содержанием биологически активных веществ, которых в традиционных зерновых продуктах недостаточно. В то же время уже сегодня значительная часть представителей мировой пищевой индустрии стратегически ориентирована на производство продуктов питания на основе исторически известных типов и сортов пленчатых пшениц – полбы и спельты. При этом ассортимент отечественных продуктов питания на основе данного сырья минимален и требует расширения и оптимизации.

Полба – это злак очень неприхотливый, не требующий внесения химических удобрений и гербицидов, иначе снижается его урожайность, то есть возделывание данной культуры относится к органическому земледелию, но по сравнению с пшеницей гораздо менее урожайный. Полба – довольно холодостойкое

растение, которое культивировалось еще в период Средневековья [4].

Главными преимуществами зерна полбы по сравнению с зерном пшеницы являются большее содержание белка, аминокислот, витаминов и минеральных элементов. Клейковина полбы содержит больше глиадиновой фракции белков и меньше глютелиновой по сравнению с традиционной пшеницей и, как следствие, формируется более слабая и менее упругая клейковина, благодаря чему она лучше переваривается организмом человека. Следовательно, употребление продуктов из муки полбы для здоровья и иммунитета приносит большую пользу, чем употребление изделий на основе пшеничной муки. Преимуществом полбяной муки является и то, что ее белок содержит гораздо меньше аллергенных компонентов.

Поэтому в Европе в последние 15–20 лет в производстве кулинарных и хлебных изделий, как в ресторанном бизнесе, так и в домашней кухне, используют полбу.

Готовая продукция из полбы используется в качестве гипоаллергенных, оздоровительных и диетических продуктов в повседневном питании и в лечебных учреждениях [5, 6].

Продукты переработки зерна полбы все больше привлекают внимание сторонников здорового питания, а также представляют интерес для пищевой промышленности как источник сырья для расширения ассортимента выпускаемой продукции, в том числе функционального назначения.

Таблица 1 – Показатели качества пшеничной и полбяной муки

Table 1 - Indicators of the quality of wheat and emmer wheat flour

| Показатель | Значения экспериментальные | |
|----------------------------------|----------------------------|-------------|
| | пшеничная | полбяная |
| Влажность, % | 13,20±0,3 | 9,75±0,2 |
| Массовая доля клейковины, % | 27,24±0,4 | 25,74±0,5 |
| Качество клейковины, ед. пр. ИДК | 78,3±2,1 | 85,0±3,0 |
| Растяжимость клейковины, мм | 95,00±5,2 | 125,00±4,9 |
| Влажность сырой клейковины, % | 49,60±2,6 | 57,20±2,9 |
| Число падения, «ЧП», с | 331,00±9,8 | 421,00±10,2 |
| Кислотность, град. | 2,5±0,1 | 6,2±0,2 |

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования показателей качества в образцах полбяной и пшеничной муки представлены в таблице 1.

Определение массовой доли сырой клейковины показало, что в полбяной муке ее количество на 5,14 % меньше, чем в пшеничной муке, при этом в обоих образцах клейковина имела II группу качества (удовлетворительно

МЕТОДЫ

Целью данной работы является исследование свойств полбяной муки и определение возможности ее использования в технологии бисквитных полуфабрикатов для оптимизации их химического состава и получения новых потребительских характеристик.

Объектами исследования стали образцы пшеничной муки общего назначения М 55-23 и полбяной муки, бисквитные полуфабрикаты из пшеничной и полбяной муки в соотношении 100 : 0; 80 : 20; 60 : 40; 40 : 60 %. В качестве контрольного образца была выбрана классическая рецептура и технология «Бисквит основной».

Тесто изготавливали холодным способом. Исследование срока сохранения свежести выпеченных бисквитных полуфабрикатов было проведено в течение 7 суток. Бисквиты хранились в картонных коробках при температуре 18–20 °С и относительной влажности воздуха 75 % [7].

При исследовании процесса усушки бисквитов использована кривая усыхания, которая отражает изменение числовых значений снижения массы бисквита ко времени после выпечки. Снижение массы бисквита, а, следовательно, и показатель усушки, определяли взвешиванием свежес выпеченного бисквита и повторным взвешиванием его через каждые 48 часов.

слабая), однако следует отметить тенденцию к ее расслаблению, что можно объяснить сниженным содержанием глютелиновой фракции. Растяжимость клейковины увеличилась с 95 до 125 мм, клейковина по растяжимости характеризовалась как средняя [8].

Повышенная кислотность муки из полбы объясняется наличием большого количества органических и полиненасыщенных жирных кислот, которые будут способствовать интен-

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА БИСКВИТНОГО ПОЛУФАБРИКАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ ИЗ ПОЛБЫ

сификации процесса гидролиза сахарозы при формировании бисквитного теста.

Таким образом, мука из зерна полбы обладает более низкими хлебопекарными свойствами по сравнению с пшеничной, однако по своим характеристикам она соответствует требованиям, предъявляемым к муке для кондитерской промышленности, и может быть использована в качестве основного и дополнительного компонента рецептурной смеси для производства мучных кондитерских, в том числе и бисквитных изделий [9].

Дальнейшее исследование предусматривало получение бисквитного полуфабриката с частичной заменой пшеничной муки на муку из полбы.

Бисквитное тесто готовят путем взбивания яично-сахарной массы и последующим перемешиванием этой массы с мукой.

Для бисквитного теста пена изготавливается путем взбивания смеси яичного белка с сахаром, эта смесь отличается высокой степенью аэрации, но очень быстро оседает и выделяет много жидкости. Продолжительность существования пены зависит от вида и концентрации пенообразователя. Технологический процесс приготовления бисквитного полуфабриката с использованием полбяной муки выполнялся по классической схеме и включал четыре стадии: взбивание, вымешивание, формование и выпекание. Образцы бисквитных полуфабрикатов выпекались в течение 25–30 мин, при температуре 200–210 °С.

После стадии выпекания и охлаждения полуфабриката образцы были оценены по органолептическим и физико-химическим показателям (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества выпеченных бисквитных полуфабрикатов

Table 2 - Indicators of the quality of baked biscuit semi-finished products

| Образцы (соотношение пшеничной и полбяной муки) | Влажность мякиша, % | Удельный объем, см ³ /100 г | Пористость, % |
|---|---------------------|--|---------------|
| 100 : 0 | 23,4±0,9 | 439±2,1 | 82±1,1 |
| 80 : 20 | 23,9±0,7 | 433±2,3 | 80±0,9 |
| 60 : 40 | 24,6±0,6 | 402±2,8 | 77±1,0 |
| 40 : 60 | 25,3±0,9 | 388±2,5 | 74±1,2 |

Органолептическая оценка бисквитного полуфабриката показала, что образцы с содержанием полбяной муки в количестве от 20 до 40 % характеризуются более выраженным вкусом. Дальнейшее увеличение дозировки муки из полбы способствовало резкому снижению органолептических показателей.

С возрастанием доли полбяной муки в смеси происходит снижение удельного объема и пористости готовых полуфабрикатов, что делает их более плотными и менее пористыми.

По результатам лабораторных выпечек была установлена рекомендуемая дозировка полбяной муки в рецептуре бисквитного полуфабриката, которая составила 40 % к массе муки, и разработана рецептура бисквита «Солнечный».

Одной из не менее важных характеристик готовых бисквитов является стабильность их потребительских качеств. Изменение свежести бисквитных изделий объясняется черствением. Черствение бисквитных полуфабрикатов связано с процессами изменения состояния крахмала и клейковины муки. Во время выпекания зерна крахмала ча-

стично клейстеризуются, связывают свободную влагу теста и воду, выделяемую вследствие коагуляции белков. Крахмал частично переходит из кристаллического состояния в аморфное, зерна его отекают и увеличиваются в объеме. При хранении бисквитных полуфабрикатов происходит обратный процесс: клейстеризованный крахмал из аморфного состояния частично переходит в кристаллический и происходит его ретроградация.

Денатурированная во время выпекания клейковина отдает влагу, снижается ее гидратационная способность, а это приводит к уплотнению структуры. Поскольку в бисквитных полуфабрикатах клейковина создает каркас из тонких пленок, в котором размещены частично клейстеризованные зерна крахмала, можно предположить, что потеря белками воды повышает жесткость мякиша. То есть процесс очерствения обуславливается как ретроградацией крахмала, так и трансформацией клейковинных белков [10].

Черствение бисквитных полуфабрикатов характеризуется степенью усушки, динамика которой представлена на рисунке 1.

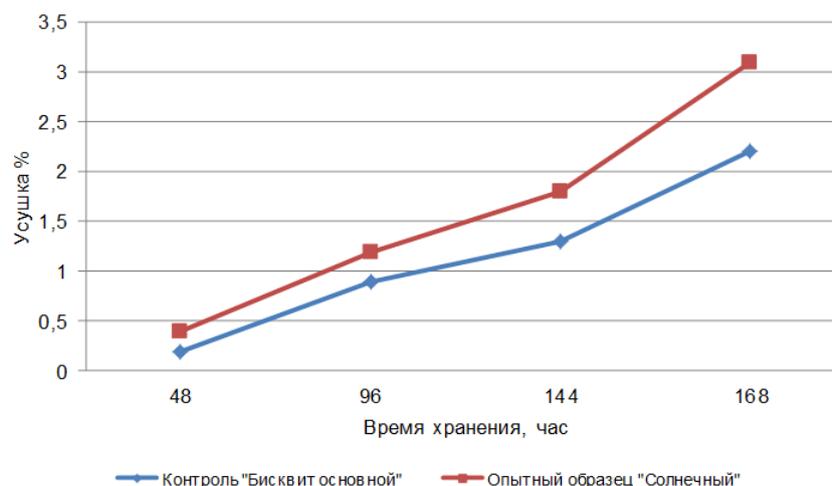


Рисунок 1 – Степень усушки бисквитных полуфабрикатов в процессе хранения

Figure 1 - The degree of shrinkage of biscuit semi-finished products during storage

В процессе хранения зафиксировано несколько большая усушка бисквита «Солнечный» по сравнению с контрольным образцом, это можно объяснить тем, что более слабая клейковина полбяной муки не способна образовывать прочную микроструктуру стенок мякиша, вследствие чего она в процессе хранения становится тверже и теряет способность связывать влагу.

Поэтому в дальнейших исследованиях планируется изучить продукцию на уровне микроструктурных изменений и выявить механизмы влияния нетрадиционного мучного сырья на сохранение качества бисквитных изделий.

Проведенные расчеты показали, что наличие полбяной муки в рецептурном составе бисквитного полуфабриката «Солнечный» способствует повышению белков на 0,9 %, жира на 0,3 %, клетчатки на 39,5 % по сравнению с контрольным образцом.

С целью определения микробиологической безопасности бисквитных полуфабрикатов проведены исследования на наличие мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерии группы кишечной палочки (БГКП), патогенных микроорганизмов, в частности бактерии рода *Salmonella*, и плесневых грибов, результаты которых показали, что по микробиологическим показателям бисквитный полуфабрикат «Солнечный» не превышает как нормы ТР ТС, так и контрольные образцы.

ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам исследования свойств полбяной муки и товароведческой оценки бисквита доказана целесообразность использования муки из полбы в технологии бисквитных полуфабрикатов с целью оптимизации их химического состава и получения новых потребительских характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маринина Е.А., Садыгова М.К., Кириллова Т.В. [и др.]. Оптимизация рецептуры бисквитного полуфабриката // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 1. С. 44–51. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-44-51>.
2. Бочкарева З.А. Моделирование рецептуры бисквитного полуфабриката пониженной энергетической ценности // Инновационная техника и технология. 2018. № 4 (17). С. 5–8.
3. Щетинин М.П., Ходырева З.Р. Формирование рецептурного состава бисквитного безглютенового полуфабриката // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 1. С. 106–115.
4. Prospects for the use of spelt in organic farming / E. Khmeleva [et al.] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 315. 052048. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/5/052048>.
5. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review / E. Escarnot [et al.] // Biotechnology, Agronomy, Society and Environment. 2012. Vol. 16(2). P. 243–256.
6. Фазуллина О.Ф., Смирнов С.О. Влияние дозировок нетрадиционных растительных добавок на качество макаронных изделий из полбы // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 45–49.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА БИСКВИТНОГО ПОЛУФАБРИКАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУКИ ИЗ ПОЛБЫ

7. Апет Т.К., Пашут З.Н. Справочник технолога кондитерского производства. Технологии и рецептуры. СПб. : ГИОРД, 2004. 560 с.

8. Санжаровская Н.С., Сокол Н.В., Храпко О.П. [и др.] Хлебопекарные свойства композитных смесей муки из зерна пшеницы и полбы // Новые технологии. 2018. № 3. С. 60–65.

9. Крюкова Е.В. Формирование качества мучных кондитерских изделий с использованием полбяной муки : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15. Екатеринбург, 2014. 120 с.

10. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. [и др.]. Пищевая химия. СПб. : ГИОРД, 2001. 592 с.

Информация об авторах

Н. С. Санжаровская – к.т.н., доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина.

Н. В. Сокол – д.т.н., профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина.

Ю. Б. Шарифуллина – магистрант Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина.

4. Khmeleva, E. [et al.] (2019). Prospects for the use of spelt in organic farming. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. (315), 052048. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/5/052048>.

5. Escarnot, E. [et al.] (2012). Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment. (2), 243-256.

6. Fazullina, O.F. & Smirnov, S.O. (2020). Influence of dosages of unconventional herbal supplements on the quality of spelled pasta. Polzunovskiy Vestnik. (2), 45-49. (In Russ.).

7. Apet, T.K. & Pashut, Z.N. (2004). Handbook of the technologist of confectionery production. Technologies and recipes. Saint Petersburg: GIORД. P. 560. (In Russ.).

8. Sanzharovskaya, N.S. Sokol, N.V. & Khrapko, O.P. [et al.] (2018). Baking properties of composite mixtures of flour from wheat and spelled grain. New technologies. (3), 60–65. (In Russ.).

9. Kryukova, E.V. (2014). *Formation of the quality of flour confectionery products using spelled flour.* PhD Thesis. Yekaterinburg. (In Russ.).

10. Nechaev, A.P., Traubenberg, S.E., Kochetkova, A.A. [et al.]. (2001). Food chemistry. SPb. : GIORД. P. 593. (In Russ.).

Information about the authors

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

N. V. Sokol – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Storage Technology and Processing of Plant Products of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.

Yu. B. Sharifullina – Master's student of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.

REFERENCES

1. Marinina, E.A., Sadigova, M.K. Kirillova, T.V. [et al.] (2020). Optimization of the recipe for biscuit semi-finished product. Technics and technology of food production. (1), 44–51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-44-51>.

2. Bochkareva, Z.A. (2018). Modeling the recipe for a biscuit semi-finished product of low energy value. Innovative Technics and Technology. (17), 5-8. (In Russ.).

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

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

Статья поступила в редакцию 23.03.2021; одобрена после рецензирования 28.05.2021; принята к публикации 01.06.2021.

The article was received by the editorial board on 23 Mar 21; approved after editing on 28 May 21; accepted for publication on 01 June 21.



Научная статья

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

УДК 664.681

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.003

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АРАХИСА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАПКЕЙКОВ

Людмила Алексеевна Козубаева¹, Светлана Сергеевна Кузьмина²

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

¹ cosubaeva@mail.ru, [http:// orcid.org/0000-0002-5131-4654](http://orcid.org/0000-0002-5131-4654)

² svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

Аннотация. Кексы пользуются устойчивым спросом, и на этот сегмент в группе мучных кондитерских изделий попадает от 7 % до 12 % продукции. Однако в составе кексов недостаточное количество минеральных веществ, витаминов и других биологически активных компонентов. Поэтому обогащение кексов, в частности, использование арахиса при их производстве – благоприятная тенденция, направленная на здоровое питание. В работе изучали режимы обжаривания арахиса с целью раскрытия его вкусовых характеристик, придания блеска, карамельного цвета и орехового запаха. Рекомендуемая температура обжаривания составила 170–175 °С, продолжительность – 10–15 минут. Обжаренные при указанном режиме ядра арахиса использовали для приготовления капкейков. Арахис добавляли в количестве 5 %, 10 % и 15 % к массе муки. Установлено, что при внесении арахиса капкейки приобретали приятный ореховый вкус и аромат. Допустимая дозировка арахиса составила 15 %. Добавление арахиса будет способствовать не только расширению ассортимента мучных кондитерских изделий, но и получению продукта, обогащенного полиненасыщенными жирными кислотами, незаменимыми аминокислотами и витаминами.

Ключевые слова: капкейки, арахис, режим обжаривания, обсемененность микроорганизмами, рецептура, дозировка, качество продукции, обогащение, биологически активные вещества.

Для цитирования: Козубаева Л. А., Кузьмина С. С. Перспективы применения арахиса в производстве капкейков // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 20–26. doi:10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.003.

Original article

PROSPECTS FOR THE USE OF PEANUTS IN THE PRODUCTION OF CUPCAKES

Lyudmila A. Kozubaeva¹, Svetlana S. Kuzmina²

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

¹ cosubaeva@mail.ru, [http:// orcid.org/0000-0002-5131-4654](http://orcid.org/0000-0002-5131-4654)

² svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

Abstract. Cupcakes are in steady demand and this segment in the group of flour confectionery products gets from 7 % to 12 % of products. However, in the composition of cupcakes, there is an insufficient amount of minerals, vitamins and other biologically active components. Therefore, the enrichment of cupcakes, in particular the use of peanuts in their production, is a favorable trend aimed at a healthy diet. In this work, we studied the modes of roasting peanuts in order to reveal their taste characteristics, give them shine, caramel color and nutty smell. The recommended roasting tempera-

© Козубаева Л. А., Кузьмина С. С., 2021

ture was 170-175 °C, duration - 10-15 minutes. The peanut kernels fried at the specified mode were used for making cupcakes. Peanuts were added in an amount of 5 %, 10 % and 15 % to the weight of the flour. It was found that when peanuts were added, the cupcakes acquired a pleasant nutty taste and aroma. The permissible dosage of peanuts was 15 %. The addition of peanuts will not only help to expand the range of flour confectionery products, but also to obtain a product enriched with polyunsaturated fatty acids, essential amino acids and vitamins

Keywords: cupcakes, peanuts, roasting mode, microbial contamination, formulation, dosage, product quality, enrichment, biologically active substances.

For citation: Kozubaeva, L. A. & Kuzmina, S. S. (2021). Prospects for the use of peanuts in the production of cupcakes. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 20-26. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.003.

Развитие рынка обогащенной, функциональной продукции соответствует политике государства в области совершенствования тенденции здорового питания населения [1].

Кексы пользуются стабильно высоким спросом у потребителей, и на этот сегмент попадает от 7 до 12 % производства мучных кондитерских изделий [2]. Однако следует учитывать тот факт, что недостатком этих изделий является несбалансированный химический состав, в частности преобладание жирового компонента и простых углеводов при недостатке минеральных компонентов, витаминов и пищевых волокон в рецептуре.

Современная концепция питания диктует необходимость в совершенствовании технологии производства кексов улучшенного качества и функционального назначения.

С целью обогащения в состав кексов вводят пищевые волокна (пшеничные, яблочные, свекловичные, картофельные) [3, 4], льняную муку (содержание клетчатки до 30 %) [5, 6], муку ржаную обдирную [7] для расширения ассортимента мучных кондитерских изделий с повышенной пищевой ценностью и функциональными свойствами [8, 9].

Арахис – это однолетнее растение. Называть арахис орехом неверно, так как он является бобовой травой. На рисунке 1 показан внешний вид ядер сырого арахиса.

Сырой арахис имеет довольно вязкую структуру, невыраженный бобовый запах и кремовый цвет.

Высокая пищевая ценность семян арахиса обеспечивается благодаря богатому химическому составу. Содержание высококачественного масла в ядрах арахиса составляет 40–60 %, 20–35 % доля полноценного пищевого белка и 22 % углеводов.

Масло арахиса – самый богатый растительный источник полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). В его составе присутствуют олеиновая, линолевая, эруковая, эйкозеновая ненасыщенные кислоты и насы-

щенные кислоты – пальмитиновая, арахидиновая, стеариновая, миристиновая, лигноцериновая и бегоновая.



Рисунок 1 – Внешний вид ядер сырого арахиса

Figure 1 - Appearance of raw peanut kernels

Арахис имеет достаточное количество азотсодержащих веществ.

Количество белка в сыром протеине достигает 95 %. Белок арахиса легкоусвояемый. Основную его массу составляют глобулины – арахин (25 %) и конарахин (8 %) [10, 11].

Биологическая ценность белков семян арахиса связана с содержанием в них незаменимых аминокислот. Белок арахиса приближен к животным белкам из-за высокого содержания аминокислот. Семена арахиса богаты витаминами В₁ и Е, которые содержатся в большом количестве, также витаминами РР и С, присутствующими в небольших количествах [10, 11].

Углеводы арахиса представлены водорастворимыми дисахаридами (сахароза), на их долю приходится 1,5–7,0 %, крахмалом – 0,9–6,7 %, пентозанами – 2,2–2,8 %, целлюлозой – 2,0 %, пектиновой кислотой – арабан – 4,0 %, небольшим количеством редуцирующих сахаров и стахиозой.

Уникальные свойства арахиса помогают предотвратить развитие склероза, благодаря содержанию линолевой кислоты. Линолевая

арахидоновая и линоленовая кислоты способствуют поддержанию уровня холестерина в организме в норме.

Арахис содержит большое количество антиоксидантов, поэтому его свойства сравнивают со свойствами красного вина и земляники. Он используется для предотвращения сердечно-сосудистых заболеваний и возникновения рака. Семена арахиса повышают свертываемость крови [12].

Семена арахиса содержат соли кальция, магния, натрия, железа, меди, селена, цинка. Зола арахиса характеризуется высоким содержанием солей калия (36 %) и фосфорной кислоты (34 %).

Таблица 1 – Показатели качества ядер арахиса

Table 1 - Quality indicators of peanut kernels

| Наименование показателя | Единица измерения | Характеристика | |
|---|-------------------|---|----------------------|
| | | Норма | Фактическое значение |
| Вкус, цвет и запах | – | Без постороннего привкуса и запаха, кремового цвета | |
| Массовая доля влаги | %, не более | 7,0 | 4,9 |
| Массовая доля посторонних примесей (пыль, грязь, комочки земли, камешки, мякина, частицы стеблей) | %, не более | 1,0 | 0,5 |
| Массовая доля поврежденных ядер | %, не более | 0,5 | 0,5 |
| Массовая доля сморщенных ядер | %, не более | 3,0 | 0,5 |
| Массовая доля очищенных ядер | %, не более | 0,5 | 0,5 |
| Массовая доля ломаных и расщепленных на половинки ядер | %, не более | 10,0 | 7,5 |
| Массовая доля других разновидностей | %, не более | 5,0 | 0,0 |

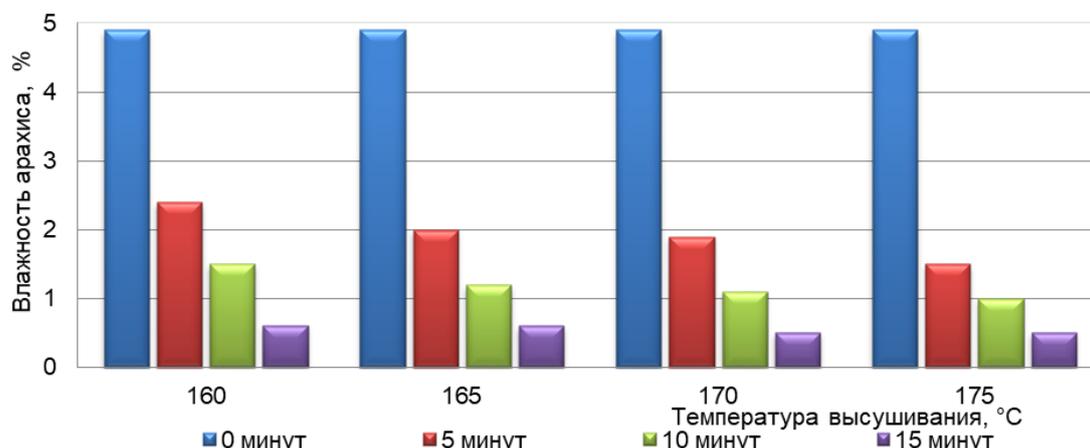


Рисунок 2 – Динамика изменения влажности ядер арахиса в процессе обжаривания

Figure 2 - Dynamics of changes in the humidity of peanut kernels during roasting

Обжаривание при температуре 160 °C в течение 5 минут способствовало появлению у ядер светло-коричневого оттенка, при дальнейшем увеличении времени цвет становился неравномерным, отмечалось появление подгорелых ядер. Таким образом, при данной температуре не было достигнуто требуемого цвета и орехового запаха.

Показатели качества ядер сырого арахиса представлены в таблице 1.

После обжаривания изысканный аромат арахиса становится хорошо воспринимаемым обонянием человека.

Поэтому на первом этапе целью исследований была разработка режимов обжаривания ядер арахиса. Обжаривание вели при температурах 160 °C, 165 °C, 170 °C и 175 °C в течение от 5 до 40 минут.

На рисунке 2 приведена динамика изменения влажности ядер арахиса в процессе обжаривания при разных температурах.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АРАХИСА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАПКЕЙКОВ

жаривания не оказывала существенного влияния на изменение влажности.

Обжаривание при температуре 165–170 °С в течение 10–15 минут привело к появлению у продукта свойственного обжаренному арахису запаха и неравномерного коричневого и темно-коричневого цвета.

Влажность ядер через 10 минут обжаривания составила 1,2–1,1 %, через 15 минут – 0,6 – 0,5 %.

Самые лучшие результаты были получены в процессе обжаривания арахиса при $t = 175$ °С. Уже через 10 минут вкус у обжари-



Рисунок 3 – Ядра арахиса после обжаривания в течение 10 минут при $t = 175$ °С

Figure 3 - Peanut kernels after roasting for 10 minutes at $t = 175$ °С

Таким образом, рекомендуемая для обжаривания арахиса температура составляет 170–175 °С, продолжительность обжаривания варьируется от 10 до 15 минут.

Контроль микрофлоры сырья обеспечивает микробиологическую безопасность продуктов питания. В связи с этим в работе исследовали эффективность обжаривания арахиса при рекомендуемом режиме в аспекте снижения его микробной обсемененности. При этом определяли количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), в том числе содержание микроскопических плесневых грибов (плесеней). Для сравнения результа-

Таблица 2 – Контаминация арахиса

Table 2 - Peanut contamination

| Образец арахиса | Допустимые уровни в соответствии с ТР ТС 021/2011, КОЕ/г | | Фактическое содержание микроорганизмов, КОЕ/г | |
|---------------------|--|-------------------------|---|---------|
| | КМАФАнМ | Плесени | КМАФАнМ | Плесени |
| Арахис необжаренный | не нормируется | не более 10^3 | $3,9 \cdot 10^4$ | 0 |
| Арахис обжаренный | не нормируется | не более $5 \cdot 10^2$ | $9,8 \cdot 10^3$ | 0 |

ваемых ядер был выраженный ореховый, а цвет – равномерный, карамельный с блеском.

Арахис имел требуемую влажность – 1,0 % после 10 минут и 0,5 % – после 15 минут обжаривания. При обжаривании отмечали не только снижение влажности ядер, но также потемнение (изменение цвета) и усиление запаха (аромата) арахиса.

На рисунках 3 и 4 представлены фотографии внешнего вида арахиса после обжаривания.



Рисунок 4 – Ядра арахиса после обжаривания в течение 15 минут при $t = 175$ °С

Figure 4 - Peanut kernels after roasting for 15 minutes at $t = 175$ °С

тов осуществляли микробиологический контроль сырого не обжаренного арахиса.

Следует отметить, что допустимые уровни содержания плесеней – микроорганизмов порчи – регламентируются ТР ТС 021-2011 [13].

Для контроля общего содержания микроорганизмов в арахисе применяли чашечный метод. Посев проводился глубинным способом из разведений 1 : 100 и 1 : 1000 (каждое разведение в двух повторностях) на универсальную питательную среду. Культивирование посевов осуществляли в термостате при температуре 30 ± 2 °С в течение 5 суток.

Результаты микробиологического исследования обсемененности арахиса представлены в таблице 2.

Полученные результаты исследования КМАФАнМ подтвердили бактерицидный эффект обжаривания арахиса. Отсутствие плесневых грибов (плесеней) в необжаренном арахисе свидетельствует о соблюдении условий его хранения и соответствии требованиям ТР ТС 021/2011. В обжаренном арахисе эта группа микроорганизмов также не обнаружена.

Обжаренные при указанных режимах ядра арахиса использовали для изготовления капкейков.

Капкейк происходит от английского словосочетания «cupcake» – «кекс в кружке» – маленький кекс, испеченный в индивидуальной форме и украшенный кремом или глазурью [14].

Таблица 3 – Показатели качества капкейков

Table 3 - Cupcake quality indicators

| Наименование показателя | Значение показателя / количество арахиса, % | | | |
|--|---|------|------|------|
| | 0 (контроль) | 5 | 10 | 15 |
| Массовая доля влаги, % | 22,0 | 21,5 | 19,2 | 17,0 |
| Щелочность, град | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| Плотность, г/см ³ | 0,48 | 0,48 | 0,49 | 0,50 |
| Массовая доля общего сахара (по сахарозе), % | 28,9 | 28,6 | 28,4 | 28,2 |
| Массовая доля жира, % | 34,7 | 34,7 | 34,8 | 34,9 |

Анализируя полученные результаты, можно видеть, что добавление измельченных ядер арахиса оказало влияние на изменение отдельных физико-химических показателей качества капкейков.

Массовая доля влаги опытных образцов уменьшалась по сравнению с контрольным образцом. Особенно заметное снижение влажности (до 17 %) отмечено в образцах с максимальной дозировкой арахиса. Вероятно, это связано с тем, что кусочки раздробленного арахиса разрыхляли изделия, что способствовало более свободному перемещению и испарению влаги во время выпечки.

Щелочность и плотность образцов с увеличением дозировки арахиса практически не изменялись.

Определение массовой доли общего сахара и массовой доли жира в капкейках было проведено расчетным методом с использованием исходных данных содержания в сырье основных пищевых веществ [10, 15].

Массовая доля общего сахара в капкейках без добавления арахиса составила 28,9 %, при дозировке арахиса в количестве 15 % – 28,2 %. Массовая доля жира в капкейках по рецептуре без арахиса и с максималь-

Приготовление капкейков осуществляли по технологии приготовления кексов на химических разрыхлителях. В качестве базовой использовали рецептуру кекса «Столичный» с удалением из его рецептурного состава изюма.

Обжаренный арахис измельчали до крупности частиц размером 4,0 мм и добавляли в капкейки в количестве 5 %, 10 % и 15 % к массе муки. Для сравнения результатов исследования осуществляли приготовление капкейков без добавления арахиса (контроль).

Показатели качества капкейков представлены в таблице 3.

ной дозировкой ядер арахиса составила 34,7 % и 34,9 % соответственно.

Внесение арахиса способствовало изменению органолептических показателей полученных изделий.

Капкейки приобретали приятный ореховый вкус и аромат, усиливающийся с увеличением содержания добавки. В мякише и на поверхности были видны кусочки ядер арахиса, явно ощутимые при разжевывании и придающие капкейкам определенную внешнюю привлекательность. Цвет изделий практически не изменялся. Внесение арахиса не привело к дополнительному образованию трещин на поверхности изделий и искажению их формы.

Проведенная дегустационная оценка полученных изделий показала, что лучшими потребительскими свойствами обладает образец, в рецептуру которого включено 15 % ядер арахиса. Дальнейшее увеличение дозировки арахиса признано нецелесообразным, так как приведет к избыточному содержанию его в изделиях, что сделает вкус не таким гармоничным.

Внешний вид и вид в разрезе выпеченных капкейков представлен на рисунках 5 и 6.



Рисунок 5 – Капкейки без добавления арахиса (контроль)

Figure 5 - Cupcakes without added peanuts (control)



Рисунок 6 – Капкейки с добавлением 15 % арахиса

Figure 6 - Cupcakes with 15 % peanuts

Обобщая полученные результаты, можно резюмировать, что использование ядер арахиса является перспективным в направлении расширения ассортимента капкейков. Благодаря высокой пищевой ценности арахиса, капкейки можно рекомендовать как продукт функционального назначения для повседневного потребления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации : Указ Президента РФ № 642 от 01.12.2016 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2016. № 49. С. 6887.
2. Разработка рецептуры и оценка качества обогащенного кекса / Г.А. Губаненко, Е.А. Пушкарёва, Е.А. Речкина, Г.Е. Иванец // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 45. № 2. С. 34–40. ID: 29820535.
3. Влияние механоактивированного органопопорошка из пшеничных отрубей на качество кексов / Т.И. Гулова, Т.И. Гусева, Л.Ю. Лаврова [и др.] // Кондитерское производство. 2014. № 2. С. 19–21.
4. Влияние пищевых волокон на качество кексов / Е.В. Коновалова [и др.] // Известия вузов пищевая технология. 2013. № 4. С. 119–120.
5. Корячкина С.Я., Корячкин В.П., Сапронова Н.П. Инновационная технология производства кексов // *POLZUNOVSKIY VESTNIK* № 2 2021

сов // Товаровед продовольственных товаров. 2013. № 2. С. 25–29.

6. Корячкина С.Я., Лазарева Т.Н., Щетинина Т.А. Способы повышения пищевой ценности кексов // Хлебопродукты. 2014. № 7. С. 44–46.

7. Кузнецова Л.И., Сурмач Э.М. Использование ржаной муки в технологии кексов // Известия вузов пищевая технология. 2014. № 1. С. 60–61.

8. Безглютеновый кекс «Столичный из чечевицы» / Шипарева М.Г., Молчанова Е.Н., Голубева Я.Д., Шипарева Д.Г. // Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 55. С. 248. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10360.

9. Егорова Е.Ю., Козубаева Л.А. Безглютеновые кексы с амарантовой мукой // Ползуновский вестник. 2018. № 1. С. 22–26. DOI: 10.257/ASTU.2072-8921.2018.01.005.

10. Характеристика семян арахиса и их применение в хлебопечении / В.А. Михайлов, О.Л. Вершинина, Ю.Ф. Росляков, А.В. Шпаков // Успехи современного естествознания. 2005. № 5. С. 55. ID: 12931401.

11. Елисеева Л.Г., Юрина О.В., Луценко Л.М. Эффективность использования природных антиоксидантов для увеличения срока хранения ореховых снеков // Пищевая промышленность. 2015. № 12. С. 30–34. ID: 25668763.

12. Значение орехов в профилактике различных заболеваний / Е.В. Ших, А.А. Махова, А.В. Погожева, Е.В. Елизарова // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 3.

C. 14–21. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10025.

13. О безопасности пищевой продукции : Технический регламент таможенного союза ТР ТС 021/2011 : [принят решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880]. Москва : Изд-во стандартов, 2011. 242 с.

14. Коваленская Е.А. Особенности развития категории английских наименований питания за последние полвека // Вестник МГЛУ. Гуманитарные науки. Вып. 10 (839). 2020. С. 109–116.

15. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 1 : Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. – М. : ВО Агропромиздат, 1987. 224 с.

Информация об авторах

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

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

REFERENCES

1. On the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 642 of 01.12.2016. (2016). *Collection of Legislation of the Russian Federation*, (49), 6887. (In Russ.).

2. Gubanenko, G.A., Pushkareva, E.A., Rechkina, E.A. & Ivanec, G.E. (2017). Formulation and evaluation of the quality of enriched cupcake. *Technique and technology of food production*, 45(2), 34-40. ID: 29820535. (In Russ.).

3. Gulova T.I., Guseva T.I., Lavrova, L.Yu. & Sarsadskih, A.V. (2014). The influence mechanoactivation organic-powder of wheat bran on the quality of the cupcakes. *Pastry production*, (2), 19-21. (In Russ.).

4. Konovalova, E.V., Krasina, I.B., Tarasenko, N.A. & Baranova, Z.A. (2013). Effect of dietary fiber on quality of cupcakes. *Izvestiya vuzov food technology*, (4), 119-120. (In Russ.).

5. Koryachkina, S.Ya., Koryachkin, V.P. & Saponova, N.P. (2013). Innovative technology of cupcake production. *Commodity expert of food products*, (2), 25-29. (In Russ.).

6. Koryachkina, S.Ya., Lazareva, T.N. & Shchetinina, T.A. (2014). Ways to increase the nutritional

value of cupcakes. *Khleboprodukty*, (7), 44-46. (In Russ.).

7. Kuznetsova, L.I. & Surmach, E.M. (2014). The use of rye flour in the technology of cupcakes. *Izvestiya vuzov pishchevaya tekhnologiya*, (1), 60-61. (In Russ.).

8. Shipareva, M.G., Molchanova, E.N., Golubeva, Ya.D. & Shipareva, D.G. (2018). Gluten-free cake "Hundred-personal from lentils". *Questions of nutrition*, 87(55), 248. (In Russ.). DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10360.

9. Egorova, E.Yu. & Kozubaeva, L.A. (2018). Gluten-free cupcakes with amarant flour. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 22-26. (In Russ.). DOI: 10.2571/ASTU.2072-8921.2018.01.005.

10. Mikhailov, V.A., Vershinina, O.L., Roslyakov, Yu.F. & Shpakov, A.V. (2005). Characteristics of peanut seeds and their application in bread making. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, (5), 55. (In Russ.). ID: 12931401.

11. Eliseeva, L.G., Yurina, O.V. & Lutsenko, L.M. (2015). The efficiency of use natural antioxidants to increase the shelf life of nut snacks. *Food industry*, (12), 30-34. (In Russ.). ID: 25668763.

12. Shikh, E.V., Makhova, A.A., Pogozeva, A.V. & Elizarova, E.V. (2020). The importance of nuts in the prevention of various diseases. *Voprosy pitaniya [Problems of Nutrition]*, 89 (3), 14-21. (In Russ.). DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10025.

13. Technical regulations of the Customs Union. About food safety. (2011). TRTS No. 021/2011 from December 9, 2011. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).

14. Kovalenskaya, E.A. (2020). Features of the development of the category of English food names over the past half century. *Bulletin of the MGLU. Humanities*, 10 (839), 109-116.

15. Skurikhin, I.M. & Volgarev, M.N. (1987). *Chemical composition of food products. Book 1: Reference tables of the content of basic food substances and the energy value of food products.* Moscow: VO Agropromizdat. (In Russ.).

Information about the authors

L. A. Kozubaeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

S. S. Kuzmina – 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 11.05.2021; одобрена после рецензирования 22.05.2021; принята к публикации 01.06.2021.

The article was submitted to the editorial board on 11 May 21; approved after review on 22 May 21; accepted for publication on 01 June 21.



Научная статья

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

УДК 664.764

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.004

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ЗЕРНОВЫХ ОТРУБЕЙ

Людмила Николаевна Крикунова¹, Елена Васильевна Дубинина²,
Максим Александрович Захаров³, Ирина Валерьевна Лазарева⁴

^{1,2,3,4} ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

¹ cognac320@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7335-0453>

² elena-vd@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8364-9539>

³ cognac320@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4569-3088>

⁴ lazirka@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9167-7441>

Аннотация. Зерновые отруби в соответствии с их биохимическим составом широко используются при производстве кормов и как пищевая добавка с высоким содержанием ценных нутриентов. Новые нетрадиционные направления использования зерновых отрубей позволят расширить ассортимент получаемых продуктов. Цель настоящей работы состояла в оценке перспектив применения зерновых отрубей в качестве дополнительного компонента в технологиях бродильных производств на основе изучения их минерального состава. В задачи исследования входило выявление зависимостей содержания отдельных катионов от вида отрубей и его гранулометрического состава, а также в определении степени их перехода в водорастворимые фракции. В качестве объектов исследования в работе использованы 19 образцов зерновых отрубей, полученных с предприятий Российской Федерации, и специально подготовленные водные фракции. Выявлена связь между гранулометрическим составом отрубей и содержанием в них золы независимо от исходного биохимического состава пшеницы и других видов зерновых культур (ржи, тритикале). Установлено, что в наибольших концентрациях во всех видах отрубей присутствует калий, концентрация кальция в отрубях крайне незначительна. Установлено, что концентрация фосфора в образцах отрубей из ржи в среднем в 1,5–2 раза выше, чем в пшеничных отрубях. Показано, что вид отрубей влияет на переход фосфора в растворимое состояние. Среднее значение доли перехода фосфора в жидкую фазу составляло для отрубей из пшеницы, тритикале и ржи соответственно 26,3 %, 23,7 % и 17,6 %. Выявленная зависимость связана с повышенным содержанием фитина отрубях из ржи. Рекомендовано при использовании зерновых отрубей в технологиях бродильных производств предварительно проводить их воднотепловую и ферментативную обработку в присутствии микробных фитаз, что позволит максимально перевести фитин сырья в растворимые формы фосфора.

Ключевые слова: зерновые отруби, зольность, гранулометрический состав, общее содержание катионов калия, кальция, магния, фосфора в золе, концентрация водорастворимых форм микроэлементов.

Для цитирования: К вопросу оценки минерального состава зерновых отрубей / Л. Н. Крикунова [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 27–35. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.004.

Original article

TO THE QUESTION OF THE GRAIN BRAN MINERAL COMPOSITION EVALUATION

Ludmila N. Krikunova ¹, Elena V. Dubinina ²,
Maksim A. Zakharov ³, Irina V. Lazareva ⁴

^{1, 2, 3, 4} All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS

¹ cognac320@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7335-0453>

² elena-vd@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8364-9539>

³ cognac320@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4569-3088>

⁴ lazirka@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9167-7441>

Abstract. *In accordance with their biochemical composition, grain bran is widely used in the feed production and as a food supplement with a high content of valuable nutrients. New unconventional directions for using grain bran will expand the range of obtained products. The purpose of this work was to assess the prospects for the use of grain bran as an additional component in fermentation technologies based on their mineral composition study. The objectives of the study were to identify the dependences of the individual cations content on the bran type and its granulometric composition, as well as in determining the degree of their transition to water-soluble fractions. 19 samples of grain bran obtained from enterprises of the Russian Federation and specially prepared water fractions were used as objects of research. A relationship was revealed between the granulometric composition of the bran and the ash content in them, regardless of the initial biochemical composition of wheat and other grain crops types (rye, triticale). It has been established that potassium is present in the highest concentrations in all types of bran, the concentration of calcium in bran is extremely insignificant. It was found that the concentration of phosphorus in rye bran samples is on average 1.5-2 times higher than in wheat bran. It has been shown that the type of bran affects the transition of phosphorus to a soluble state. The average value of the fraction of the phosphorus transition to the liquid phase was for bran from wheat, triticale and rye, respectively, 26.3 %, 23.7 % and 17.6 %. The revealed dependence is associated with an increased content of phytin in rye bran. When using grain bran in fermentation technologies, it is recommended to preliminarily carry out their water-thermal and enzymatic treatment in the presence of microbial phytases, which will maximize the conversion of raw phytin into soluble phosphorus forms.*

Keywords: *grain bran, ash content, particle size distribution, total content of potassium cations, calcium, magnesium, phosphorus in ash, concentration of water-soluble microelements forms.*

For citation: Krikunova, L. N., Dubinina, E. V., Zakharov, M. A. & Lazareva, I. V. (2021). To the question of the grain bran mineral composition evaluation. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 27-35. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.004.

Ежегодно в нашей стране образуется около пяти миллионов тонн вторичных зерновых ресурсов, к которым относятся солома, лузга, шелуха, отруби. Значительная часть вторичных ресурсов зерновых культур сегодня не подвергается дальнейшей переработке, в то время как структура и особенности их химического состава позволяют данному сырью служить источником дополнительных ценных компонентов для различных отраслей пищевой промышленности. Зерновые отруби являются одним из продуктов переработки зерна в мукомольном производстве. Их вы-

ход в процентах от массы зернового сырья определяется рядом факторов. К первому фактору относятся вид зерна и его биохимический состав. Классическими культурами, перерабатываемыми на предприятиях мукомольно-крупяного производства, являются пшеница и рожь, реже тритикале – гибриды пшеницы и ржи. Причём данные виды зерна используются как для выработки хлебопекарной муки, так и муки макаронного назначения. В последнем случае применяется пшеница твёрдых сортов, либо мягких сортов с высокой стекловидностью. Биохимический состав

пшеницы, ржи, тритикале в зависимости от вида зерна, сорта, природно-климатических условий произрастания исследовался на протяжении многих лет и считается хорошо изученным. Вместе с тем состав продуктов переработки этих видов зерна изучен в существенно меньшей степени и требует проведения дополнительных комплексных исследований.

Вторым фактором, который может оказать влияние на состав зерновых отрубей, является принятая на предприятии схема переработки зерна и сорт получаемой муки. Известно [1], что существуют простые помолы, к которым относятся обойные помолы пшеницы и ржи, и односортный 87 %-ный помол ржи; сложные помолы без обогащения промежуточных продуктов (двухсортный 80 %-ный помол ржи, односортный 63 %-ный помол ржи и односортный 85 %-ный помол пшеницы); сложные помолы с сокращённым обогащением промежуточных продуктов; сложные помолы с развитым процессом обогащения и т. д.

Сегодня используемые вторичные ресурсы зерновых культур в основном идут на кормовые цели. Традиционным способом использования пшеничных отрубей является хлебопечение для повышения биологической ценности продукта за счет дополнительного внесения клетчатки, белка, витаминов, микро- и макроэлементов [2–4].

Отдельным направлением использования зерновых отрубей является производство из них пищевых белковых продуктов. Данному направлению посвящено большое количество исследовательских работ [5–7]. В последнее время активно развивается направление глубокой переработки как зерна, так и отходов мукомольно-крупяного производства [8, 9].

Кроме вышеперечисленных направлений использования зерновых отрубей, они в соответствии с их общим биохимическим составом могут быть перспективным сырьём и в других отраслях пищевой промышленности, в частности в технологии бродильных производств, как дополнительный источник биологически ценных компонентов. Новые нетрадиционные направления использования зерновых отрубей позволят расширить ассортимент получаемых продуктов, в том числе при производстве которых предусмотрены стадии получения и сбраживания суслу из различных видов крахмалсодержащего сырья.

Известно, что процесс переработки любого вида сырья зависит от его биохимического состава, в т. ч. углеводного, белкового и

минерального. Сведения о минеральном составе сырья могут быть положены в основу разработки высокоэффективных технологий по ряду причин, среди которых – влияние на ферментативный гидролиз полимеров сырья и метаболизм дрожжевых клеток.

Известно, что кальций является необходимой составной частью протоплазмальных структур. Наряду с магнием он входит в состав различных субклеточных структур дрожжей и повышает усвояемость ими протеина [10]. Кроме того, ионы кальция стимулируют активность таких ферментов, как альфа-амилаза, бета-амилаза, протеаза, а также защищают альфа-амилазу от термической инактивации [11].

Ион магния необходим для дрожжей как способствующий образованию определенных ферментов в процессе сбраживания сахаренного суслу из крахмалсодержащего сырья [12]. Однако при этом нужно помнить, что избыточный магний, как и кальций, может вступать в реакцию с фосфатами, при этом фосфаты магния более растворимы, чем кальция, кроме этого магний может придавать продукции горький привкус [13].

Ион калия влияет на процесс ферментативного гидролиза полимеров сырья, в определенных количествах он повышает активность ряда ферментов, в повышенных – может ее снижать [14].

Фосфор наряду с азотсодержащими веществами является необходимым компонентом для развития дрожжевой клетки и повышения эффективности брожения. Он входит в состав важнейших компонентов клетки – нуклеопротеидов, нуклеиновых кислот, полифосфатов и фосфолипидов. Недостаток фосфора в среде может привести к нарушению потребления и усвоения дрожжами углеводов и азота [15].

Разработка новой технологии или совершенствование существующей, предусматривающей использование дополнительных компонентов, требует проведения глубоких научных исследований по оценке биохимического состава последних. В полной мере сделанный вывод относится и к изучению биохимического состава зерновых отрубей, так как имеющиеся сведения не всегда позволяют оценить перспективность применения данного нового вида сырья для ранее не использованных целей.

Цель исследований состояла в оценке перспектив применения зерновых отрубей в качестве дополнительного компонента в технологиях бродильных производств из крахмалсодержащего сырья.

В задачи исследований входило изучение минерального состава зерновых отрубей,

выявление зависимостей содержания отдельных катионов от вида отрубей и его гранулометрического состава, а также в определении степени перехода калия, кальция, магния и фосфора в водорастворимые фракции.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования в работе использованы:

- 19 образцов зерновых отрубей, полученных с зерноперерабатывающих предприятий Москвы, Московской области и Ростовской области (АО «Московский мельничный комбинат № 3», АО «Зернопродукт» (Московская область, г. Ногинск), ОАО «Истра-хлебопродукт» (Московская область, г. Истра), ООО «СКС-торг» (Московская область, г. Пушкино), ООО «Шахтинский мукомольный завод» (Ростовская область). Отдельные образцы зерновых отрубей, полученные с использованием промышленной установки «Мельник 100 люкс» для производства хлебопекарной муки из пшеницы, ржи, тритикале и зерносмеси, предоставлены специалистами МСХА им. К.А. Тимирязева. Кроме того, в работе использованы зерновые отруби, являющиеся дополнительным продуктом при переработке твёрдой озимой пшеницы, с использованием разработанной специалистами ВНИИЗа технологической схемы, включающей драные, ситовые, шлифовочные, а также вымольные системы;

- водные фракции, полученные путем смешивания исследуемых образцов отрубей с питьевой водопроводной водой в соотношении 1 : 50. Полученная смесь выдерживалась в течение 30 минут с перемешиванием при температуре 20–25 °С. Далее водную фракцию отделяли от осадка методом центрифугирования и использовали для анализа.

Гранулометрический состав отрубей зависит от вида перерабатываемого сырья, его сорта, аппаратурно-технологических особен-

ностей производства и принятой на конкретном предприятии производственной схемы. Метод определения гранулометрического состава зерновых отрубей был основан на расчёте модуля крупности (М) по следующей формуле $M = (d_0 \cdot P_0 + d_1 \cdot P_1 + d_2 \cdot P_2 + \dots + d_n \cdot P_n) / 100$, где d – средний диаметр соседних сит, мм; $P_n = m_n \cdot 100 / \sum m_i$ – процентное содержание каждой фракции после отсева на ситах, %. Изначально данный метод использовался при оценке ингредиентов для производства комбикормов. Также он был рекомендован для оценки прочностных свойств зерна, в том числе прошедшего стадии предобработки (ИК-нагрев, шелушение, биотехнологическую обработку) в спиртовой отрасли [16]. Данные по оценке гранулометрического состава зерновых отрубей позволят научно обосновать выбор способов и режимных параметров их водно-тепловой обработки. Известно, что степень измельчения сырья является одним из параметров, определяющим доступность полимеров к ферментативному воздействию.

Определение содержания золы в образцах отрубей проводили в соответствии ГОСТ Р 51411-99. Массовую концентрацию микроэлементов в золе определяли методами атомно-абсорбционной спектроскопии и ионной хроматографии. Для этого использовали атомно-абсорбционный спектрометр Agilent 240Z и Metrohm IC Advanced Compact 861. Содержание фосфора контролировали спектрофотометрическим методом на спектрофотометре СФ-2000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований для определения модуля крупности был сделан рассев отрубей через набор сит (d = 1,60; d = 1,25; d = 1,00; d = 0,80; d = 0,56 мм). Расчет показал, что значение М варьировалось в широких пределах (таблица 1).

Таблица 1 – Модуль крупности и минеральный состав зерновых отрубей

Table 1 - Particle size distribution index and the mineral composition of cereal bran

| № образца | Модуль крупности (М) | Зола, % | Концентрация микроэлементов в золе, % | | | | Концентрация микроэлементов в образцах, мг/ % | | | |
|-------------------|----------------------|---------|---------------------------------------|-----|-----|-----|---|------|-------|-------|
| | | | К | Са | Mg | Р | К | Са | Mg | Р |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| отруби из пшеницы | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,68 | 5,6 | 11,5 | 1,1 | 5,7 | 8,2 | 650,0 | 60,0 | 320,0 | 462,5 |
| 2 | 0,61 | 5,8 | 18,0 | 1,2 | 7,4 | 8,3 | 1040,0 | 70,0 | 430,0 | 479,7 |

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ЗЕРНОВЫХ ОТРУБЕЙ

Продолжение таблицы 1 / Continuation of table 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------|------|-----|------|-----|-----|------|--------|------|-------|-------|
| 3 | 0,89 | 6,1 | 27,8 | 0,8 | 8,4 | 12,2 | 1690,0 | 50,0 | 510,0 | 743,0 |
| 4 | 0,82 | 5,6 | 15,9 | 1,3 | 7,5 | 10,7 | 890,0 | 70,0 | 420,0 | 597,1 |
| 5 | 0,74 | 5,4 | 19,7 | 1,5 | 8,4 | 8,4 | 1060,0 | 80,0 | 450,0 | 451,9 |
| 6 | 0,45 | 5,0 | 17,6 | 1,6 | 5,8 | 5,7 | 880,0 | 80,0 | 290,0 | 285,0 |
| 7 | 1,34 | 6,2 | 15,5 | 1,3 | 6,3 | 5,7 | 960,0 | 80,0 | 390,0 | 352,3 |
| 8 | 0,96 | 5,8 | 17,0 | 1,6 | 6,3 | 5,9 | 980,0 | 90,0 | 360,0 | 339,3 |
| 9 | 0,80 | 5,9 | 16,9 | 1,2 | 5,3 | 7,3 | 990,0 | 70,0 | 310,0 | 427,1 |
| отруби из ржи | | | | | | | | | | |
| 10 | 0,84 | 6,0 | 15,8 | 1,0 | 5,4 | 11,6 | 940,0 | 60,0 | 320,0 | 690,2 |
| 11 | 0,81 | 5,6 | 18,3 | 0,9 | 7,6 | 11,6 | 1030,0 | 50,0 | 430,0 | 653,1 |
| 12 | 0,89 | 5,9 | 14,9 | 0,9 | 8,9 | 10,5 | 870,0 | 50,0 | 520,0 | 614,3 |
| 13 | 0,75 | 5,9 | 20,2 | 1,0 | 8,2 | 12,3 | 1200,0 | 60,0 | 490,0 | 730,6 |
| 14 | 0,48 | 5,1 | 20,1 | 1,4 | 9,9 | 14,7 | 1030,0 | 70,0 | 510,0 | 754,1 |
| 15 | 1,26 | 7,2 | 19,7 | 1,0 | 8,8 | 13,0 | 1420,0 | 70,0 | 630,0 | 934,7 |
| отруби из тритикале | | | | | | | | | | |
| 16 | 0,71 | 5,8 | 18,9 | 0,9 | 6,7 | 10,7 | 1100,0 | 50,0 | 390,0 | 623,8 |
| 17 | 1,18 | 7,0 | 14,1 | 0,7 | 6,0 | 11,4 | 990,0 | 50,0 | 420,0 | 801,4 |
| отруби из зерносмеси | | | | | | | | | | |
| 18 | 0,50 | 5,0 | 17,7 | 1,4 | 6,8 | 8,9 | 890,0 | 70,0 | 340,0 | 446,8 |
| 19 | 0,44 | 5,0 | 16,5 | 1,2 | 6,0 | 9,2 | 820,0 | 60,0 | 300,0 | 457,2 |

Условно все образцы зерновых отрубей по показателю М были разделены на 3 фракции: мелкая (1), средняя (2) и крупная (3). В соответствии с данным делением было выявлено (для пшеничных отрубей), что модуль крупности в фракции 1 изменялся в пределах 0,45–0,68, зольность составляла в среднем 5,47%; в фракции 2 показатель М варьировался от 0,74–0,82, среднее значение зольности было на уровне 5,60%; в фракции 3 (крупные отруби) величина М составляла от 0,89 до 1,34, средний показатель по золе – 6,01%.

Таким образом, не зависимо от исходного биохимического состава пшеницы, выявлена связь между гранулометрическим составом отрубей и содержанием в них золы. В образцах 6, 7, 8, отнесенных к трем разным группам, но полученным из одной партии пшеницы, также установлена прямая корреляционная зависимость между показателем М и зольностью. В целом выявленный факт подтвержден и на других видах отрубей: из ржи, тритикале и зерносмеси.

Также в работе на основании значений таблицы 1 было проведено сопоставление данных по модулю крупности с содержанием отдельных микроэлементов в исходных об-

разцах отрубей. Установлено, что содержание ионов K^+ для пшеничных отрубей составляло в фракциях 1, 2 и 3 соответственно 15,7, 17,5 и 20,1% (в золе) и 856,7, 980,0 и 1210,0 мг/ % (в отрубях). Таким образом была выявлена четкая прямая корреляция между модулем крупности и содержанием ионов K^+ .

Как видно из представленных данных, содержание кальция в пшеничных отрубях варьировалось незначительно: в пределах 1,2–1,3% (в золе) и, соответственно, 70–73 мг/ % (в отрубях). Таким образом, по этому микроэлементу четкой зависимости его концентрации от показателя М не выявлено. Это может быть следствием крайне низкого содержания кальция в отрубях.

Анализ содержания ионов магния в образцах показал тенденцию возрастания их концентрации при переходе от образцов мелких отрубей к крупным. Абсолютные значения содержания магния в отрубях находились на уровне 346,7–420,0 мг/ %. Исходя из относительно высокого его содержания в отрубях, можно предположить, что более предпочтительным является использование мелких отрубей, так как данный микроэлемент может негативно отразиться на органолептических характеристиках конечного продукта.

Содержание фосфора в пшеничных отрубях варьировалось в широких пределах: от 5,70 % до 12,2 % (в золе) и от 285,0 мг/ % до 743,0 мг/ % (в отрубях). Для ржаных отрубей данный показатель составлял соответственно 10,5–14,7 % и 614,3–934,7 мг/ %, т. е. содержание фосфора в этих образцах по сравнению с пшеничными отрубями было выше, в среднем, в 1,5–2 раза. Это делает предпочтительным применение ржаных отрубей с повышенным содержанием фосфора в технологиях бродильных производств, особенно при необходимости интенсификации процесса сбраживания. Вместе с тем, несмотря на широкий интервал варьирования данного показателя по всем видам отрубей, не выявлена его зависимость от модуля крупности.

На втором этапе работы было изучено влияние вида отрубей и модуля крупности на

концентрацию ионов калия, кальция, магния и фосфора в жидкой фракции и рассчитана доля их перехода (в %) от исходного содержания в отрубях.

Полученные данные (таблица 2) показали, что в жидкой фракции в количественном отношении преобладают ионы калия, также, как и в исходных отрубях. Вместе с тем, по литературным данным, главную часть минеральных веществ всех злаковых культур составляет фосфор, находящийся как в виде фосфатов, так и в виде органических соединений (фитина). Пониженное содержание фосфора по сравнению с концентрацией калия, как в исходных отрубях, так и в жидкой фракции, может быть связано с тем, что при помоле существенная часть алейронового слоя, содержащего максимальную долю фосфора (свыше 70 %), переходит в муку.

Таблица 2 – Содержание микроэлементов в жидкой фракции

Table 2 - Content of microelements in the liquid fraction

| № образца | Концентрация микроэлементов в жидкой фракции, мг/ % | | | | Доля микроэлементов в жидкой фракции, % от исходного в отрубях | | | |
|----------------------|---|-----|------|-------|--|-----|-----|------|
| | К | Са | Mg | Р | К | Са | Mg | Р |
| отруби из пшеницы | | | | | | | | |
| 1 | 418,5 | 1,4 | 0,75 | 109,3 | 64,0 | 2,3 | 0,2 | 23,6 |
| 2 | 800,5 | 1,7 | 1,2 | 97,0 | 77,0 | 2,4 | 0,3 | 20,3 |
| 3 | 118,6 | 0,5 | 0,95 | 238,5 | 70,2 | 1,0 | 0,2 | 32,1 |
| 4 | 579,5 | 1,4 | 2,4 | 110,8 | 65,1 | 2,0 | 0,6 | 18,6 |
| 5 | 761,5 | 1,1 | 5,0 | 173,8 | 71,8 | 1,4 | 1,1 | 30,5 |
| 6 | 592,0 | 1,8 | 2,9 | 87,7 | 67,3 | 2,3 | 1,0 | 31,0 |
| 7 | 667,0 | 1,3 | 3,0 | 107,6 | 69,5 | 1,6 | 0,8 | 30,6 |
| 8 | 652,0 | 1,5 | 1,7 | 76,6 | 66,5 | 1,7 | 0,5 | 22,6 |
| 9 | 674,2 | 1,1 | 2,2 | 116,5 | 68,1 | 1,6 | 0,7 | 27,3 |
| отруби из ржи | | | | | | | | |
| 10 | 692,0 | 1,8 | 2,3 | 109,7 | 73,6 | 3,2 | 0,7 | 15,9 |
| 11 | 525,5 | 1,8 | 3,4 | 142,2 | 60,4 | 3,6 | 1,1 | 21,8 |
| 12 | 566,4 | 1,7 | 2,8 | 111,8 | 65,1 | 3,4 | 0,6 | 18,2 |
| 13 | 808,8 | 1,6 | 3,1 | 107,4 | 67,4 | 2,7 | 0,5 | 14,7 |
| 14 | 656,1 | 1,8 | 2,4 | 143,3 | 63,7 | 2,6 | 0,3 | 19,0 |
| 15 | 996,8 | 1,9 | 2,9 | 151,4 | 70,2 | 2,7 | 0,4 | 16,2 |
| отруби из тритикале | | | | | | | | |
| 16 | 761,5 | 1,4 | 3,7 | 165,1 | 65,1 | 2,8 | 1,0 | 26,5 |
| 17 | 620,7 | 1,0 | 3,4 | 167,5 | 62,7 | 2,0 | 0,8 | 20,9 |
| отруби из зерносмеси | | | | | | | | |
| 18 | 554,0 | 1,6 | 3,4 | 109,5 | 62,3 | 2,3 | 1,0 | 24,5 |
| 19 | 506,8 | 1,3 | 2,7 | 101,0 | 61,8 | 2,1 | 0,9 | 22,1 |

Содержание кальция в жидкой фракции в пересчете на 100 г отрубей не превышало 1–2 мг %, концентрация магния также находилась на низком уровне – 0,75–5,0 мг %. Низкий переход в жидкую фракцию кальция и, особенно магния, связан с плохой растворимостью их солей.

Напротив, растворимость солей калия высокая и, как следствие, доля перехода этого компонента в жидкую фракцию составила 61,8–77,0 %. Неполный переход калия в жидкую фазу может быть обусловлен присутствием в отрубях его нерастворимых комплексных соединений.

Переход фосфора в жидкую фракцию находился на уровне 15–30 %. Данный факт связан с преобладанием в составе фосфорсодержащих веществ зерновых отрубей нерастворимого фитина.

Анализ полученных данных не позволил выявить определенных закономерностей в переходе калия, кальция, магния и фосфора в жидкую фазу в зависимости от модуля крупности. Вместе с тем установлено, что вид отрубей влияет на переход фосфора в растворимое состояние. Среднее значение доли перехода фосфора в жидкую фракцию составляло для отрубей из пшеницы, тритикале и ржи соответственно 26,3 %, 23,7 % и 17,6 %. Выявленная зависимость связана с повышенным содержанием фитина отрубях из ржи, что было показано ранее [17].

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования по оценке минерального состава зерновых отрубей показали перспективность их использования в технологии бродильных производств в качестве дополнительного источника калия и фосфора.

Анализ данных по гранулометрическому составу и зольности отрубей показал их высокую корреляционную зависимость, что позволяет рекомендовать модуль крупности в качестве дополнительного параметра при оценке отрубей.

Показано, что ржаные отруби по сравнению с пшеничными содержат повышенное количество фосфора, однако его переход в растворимое состояние примерно в 1,5 раза ниже.

В целом при использовании зерновых отрубей в технологиях бродильных производств рекомендуется предварительно проводить их водно-тепловую и ферментативную обработку в присутствии микробных фитаз,

что позволит максимально перевести фитин сырья в растворимые формы фосфора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров Г.А., Мельников Е.М., Максимчук Б.М. Технология муки, крупы и комбикормов. М. : Колос, 1984. 376 с.
2. Панкратов Г.Н., Мелешкина Е.П., Витол И.С., Кандроков Р.Х. Актуальные направления технологического развития мукомольной отрасли // Пищевая промышленность. 2017. № 8. С. 44–48.
3. Казаков Е.Д., Карпиленко Г.П. Биохимия зерна и хлебопродуктов (3-е перераб. и доп. издание). СПб. : ГИОРД, 2005. 512 с.
4. Конева С.И., Могучева Э.П. Исследование влияния пшеничных отрубей на качество хлеба повышенной пищевой ценности // Ползуновский вестник. 2011. № 3/2. С. 141–144.
5. Колпакова В.В., Уланова Р.В., Куликов Д.С. [и др.] Трансформация вторичных продуктов переработки зерна на крахмал, пищевые и кормовые белковые продукты // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки ; Материалы IV международной науч.-практич. конференции. Ялта. 2019. С. 346–348.
6. Гайворонская И.С., Колпакова В.В. Белковые композиции из зерновых культур с повышенной биологической ценностью, синтезированные с ферментом трансглутаминазой // Пищевая промышленность. 2019. № 4. С. 28–29.
7. Способ получения белкового продукта из отрубей : патент РФ 2250026 : заявка № 2002132034А : дата заявки 12.11.2002 : дата опубл. 20.04.2005 / В.В. Колпакова, Л.В. Зайцева, Е.А. Смирнов. Бюл. № 11. 3 с.
8. Мелешкина Е.П., Витол И.С., Кандроков Р.Х. Продукты переработки зерна тритикале как объект для ферментативной модификации // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 9. С. 14–18.
9. Витол И.С., Мелешкина Е.П., Карпиленко Г.П. Биоконверсия вторичных продуктов переработки зерна тритикале // Сб. Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства. Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 60-летию Алматинского технологического университета. Алматинский технологический университет. 2017. С. 31–33.
10. Пермякова Л.В. Особенности физиолого-биохимических характеристик пивных дрожжей при хранении с природными минералами // Food Processing: Techniques and Technology. 2018. Vol. 48. No. 1. P. 74–84.
11. Annemuller G., Manger H.-J., Lietz P. The yeast in the brewery. Berlin : VLB Berlin, 2011. 430 p.
12. Моисеенко М.В., Крикунова Л.Н., Карпиленко Г.П. Влияние минерального состава сырья и технологической воды на процесс переработки зерна в спиртовой отрасли // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2010. № 3. С. 16–18.
13. Walker G.M., Birch R.M., Chandrasena G., Maynard A.I. Magnesium, calcium and fermentative

metabolism in industrial // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 1996. Vol. 59. P. 13–18.

14. Perez-Valle J., Jenkins H., Merchan S. [et al.] Key role for intracellular K⁺ and protein kinases Sat4/Hal4 and Hal5 in the plasma membrane stabilization of yeast nutrient transporters // Microbiology and Biotechnology. 2007. Vol. 27. No 16. P. 5725–5736.

15. Пермякова Л.В. Классификация стимуляторов жизненной активности дрожжей // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 42. № 3. С. 46–55.

16. Черных В.Я., Сарбашев К.А. Методические указания по определению гранулометрического состава на ИИС ГИУ-1 // Центр реологии пищевых сред ГАНУ НИИХП. М. : 2016. 35 с.

17. Кузнецова Е.А., Сеницын А.П., Корячкина С.Я., Пригарина О.М. Применение комплексного ферментного препарата на основе фитазы при подготовке зерна пшеницы и ржи для производства зернового хлеба // Известия вузов. Пищевая технология. 2005. № 5. С. 23–24.

Информация об авторах

Л. Н. Крикунова – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ВНИИБиВП филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

Е. В. Дубинина – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ВНИИБиВП филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

М. А. Захаров – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ВНИИБиВП филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

И. В. Лазарева – кандидат технических наук, научный сотрудник ВНИИБиВП филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

REFERECES

1. Egorov, G.A., Mel'nikov, E.M. & Maksimchuk, B.M. (1984). *Texnologiya muki, krupy` i kombi-kormov*. Moscow : Kolos. (In Russ.).

2. Pankratov, G.N., Meleshkina, E.P., Vitol, I.S. & Kandrov, R.X. (2017). Aktual'ny'e napravleniya texnologicheskogo razvitiya mukomol'noj otrasli // Pishhevaya promy`shlennost`. (8). 44-48. (In Russ.).

3. Kazakov, E.D. & Karpilenko, G.P. (2005). Bi-oximiya zerna i xleboproduktov (3-e pererab. I dop. izdanie). SPb. : GI-ORD. (In Russ.).

4. Koneva, S.I. & Mogucheva, E.P. (2011). Is-sledovanie vliyaniya pshenichny`x otrubej na

kachestvo xleba povy`shennoj pishhevoj cennosti. *Polzunovskij vestnik*, 3(2), 141-144. (In Russ.).

5. Kolpakova, V.V., Ulanova, R.V., Kulikov, D.S., Gulakova, V.A., Chumikina, L.V. (2019). Transformaciya vtorichny`x produktov pererabotki zerna na krx-mal, pishhevye i kormovye belkovye produkty`. *Sovremennoe sostoyanie, problemy` i perspektivy` razvitiya agrarnoj nauki. Materialy` IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, Yalta. (pp. 346-348). (In Russ.).

6. Gajvoronskaya, I.S. & Kolpakova, V.V. (2019). Belkovye kompozicii iz zernovy`x kul'tur s povy`shennoj biologicheskoy cennost'yu, sintezirovanny`e s fermentom transglyutaminazoj. *Pishhevaya promy`shlennost`*, (4), 28-29. (In Russ.).

7. Kolpakova, V.V., Zajceva, L.V. & Smirnov, E.A. (2005). Sposob polucheniya belkovogo produkta iz otrubej. *Patent RU 2250026*, opubl. 20.04.2005. Byul. № 11. (In Russ.).

8. Meleshkina, E.P., Vitol, I.S. & Kandrov, R.X. (2016). Produkty` pererabotki zerna triticales kak ob`ekt dlya fermentativnoj modifikacii. *Xranenie i pererabotka sel'xozsy`r`ya*, (9), 14-18. (In Russ.).

9. Vitol, I.S., Meleshkina, E.P. & Karpilenko, G.P. (2017). Biokonversiya vtorichny`x produktov pererabotki zerna triticales. *Sb. Innovacionnoe razvitie pishhevoj, lyogkoj promy`shlennosti i industrii gostepriimstva. Materialy` Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhyonnoj 60-letiyu Almatinskogo texnologicheskogo universiteta*. Alma-Ata : Almatinskij texnologicheskij universitet, (pp. 31-33). (In Russ.).

10. Permyakova, L.V. (2018). Osobennosti fiziologo-bioximicheskix xarakteristik pivny`x drozhzhej pri xranenii s prirodny`mi mineralami. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48 (1), 74-84. (In Russ.).

11. Annemuller, G., Manger, H.-J. & Lietz P. (2011). *The yeast in the brewery*. Berlin: VLB Berlin.

12. Moiseenko, M.V., Krikunova, L.N. & Karpilenko, G.P. (2010). Vliyanie mineral'nogo sostava sy`r`ya I texnologicheskoy vody` na process pererabotki zerna v spirtovoj otrasli. *Proizvodstvo spirta i likero-vodochny`x izdelij*, (3), 16-18. (In Russ.).

13. Walker, G.M., Birch, R.M., Chandrasena, G. & Maynard, A.I. (1996). Magnesium, calcium and fermentative metabolism in industrial. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, (59), 13-18.

14. Perez-Valle, J., Jenkins, H., Merchan, S., Montiel, V., Ramos, J., Sharma, S., Serrano, R. & Yenush, L. (2007). Key role for intracellular K⁺ and protein kinases Sat4/Hal4 and Hal5 in the plasma membrane stabilization of yeast nutrient transporters. *Microbiology and Biotechnology*, 27(16), 5725–5736.

15. Permyakova, L.V. (2016). Klassifikaciya stimulyatorov zhiznennoj aktivnosti drozhzhej. *Texnika*

i texnologiya pishhevyy`x proizvodstv. 42(3), 46-55. (In Russ.).

16. Cherny`x, V.Ya. & Sarbashev, K.A. (2016). *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu granulometricheskogo sostavana IIS GIU-1.* M. : Centrologii pishhevyy`x sred GANU NIIXP. (P. 35). (In Russ.).

17. Kuznecova, E.A., Sinicyn, A.P., Koryachkina, S.Ya., Prigarina, O.M. (2005). *Primenenie kompleksnogo fermentnogo preparata na osnove fitazy` pri podgotovke zerna pshenicy i rzhi dlya proizvodstva zernovogo xleba.* *Izvestiya vuzov. Pishhevaya texnologiya,* (5), 23-24. (In Russ.).

Information about the authors

L. N. Krikunova – doctor of technical sciences, professor, leading researcher, Department of spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry

– Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

E. V. Dubinina – candidate of technical sciences, leading researcher, Department of spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

M. A. Zakharov – candidate of technical sciences, senior researcher, Department of spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

I. V. Lazareva – candidate of technical sciences, researcher, Department of beer, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

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

Статья поступила в редакцию 13.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 13 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья

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

УДК 665.3 532.133

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.005

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Александр Николаевич Остриков¹, Наталья Леонидовна Клейменова²,
Инэсса Николаевна Болгова³, Максим Васильевич Копылов⁴

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

¹ ostrikov27@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2335-0017>

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

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

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

Аннотация. В пищевой промышленности исследование теплофизических свойств пищевых растительных масел является актуальным для контроля качества продукции. Объектами исследований являются пищевые масла: подсолнечное, горчичное, льняное, рыжиковое, рапсовое, расторопши. Экспериментальные данные получены в аккредитованной лаборатории Орехово-Зуевского филиала ФБУ «Ростест-Москва». Для определения зависимости теплофизических характеристик и плотности вязкоупругих жидкостей применялась установка Cossfield RT-1394H в различном диапазоне температур: от 20 до 120 °С. Измерялись теплофизические и реологические свойства: теплопроводность, температуропроводность, массовая удельная теплоемкость, динамическая вязкость в зависимости от температуры для исследуемых видов масел. Полученные в результате эксперимента значения коэффициентов температуропроводности и теплопроводности очень близки. При этом наблюдается уменьшение значений коэффициентов в исследуемом диапазоне температур. Результаты по показателю удельной теплоемкости зависят от химического состава, влажности, структуры масел и вида связи воды. На основе программы Lab View 7.0 провели статистическую обработку измеренных значений и получили уравнения с коэффициентами аппроксимации. В этой работе оценивали динамическую вязкость: поведение пищевых масел в зависимости от температуры. Установлено, что при увеличении температуры исследуемых пищевых масел динамическая вязкость уменьшается. Получены зависимости для исследуемых масел, которые подчиняются уравнению Аррениуса. Определены уравнения и величина аппроксимации. Анализируемые экспериментальные данные позволяют определить критерияльные зависимости для тепловых процессов и установить гидродинамические характеристики для производства в пищевой промышленности.

Ключевые слова: пищевые растительные масла, теплофизические свойства, динамическая вязкость.

Для цитирования: Исследование теплофизических и реологических свойств пищевых растительных масел / А. Н. Остриков [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 36–43. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.05.005.

Original article

THE RESEARCH OF THERMOPHYSICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF EDIBLE VEGETABLE OILS

Alexander N. Ostrikov ¹, Natalia L. Kleimenova ², Inessa N. Bolgova ³,
Maxim V. Kopylov ⁴

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

¹ ostrikov27@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2335-0017>

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

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

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

Abstract. *In the food industry, the study of the thermophysical properties of edible vegetable oils is relevant for product quality control. The objects of research are edible oils: sunflower, mustard, linseed, camelina, rapeseed, milk thistle. The experimental data was obtained at the accredited laboratory of the Orekhovo-Zuevsky branch of the Federal State Budgetary Institution Rostest-Moscow. A Cossfield RT-1394H device was used in a different temperature range: from 20 to 120 °C to determine the dependence of thermophysical characteristics and density of viscoelastic fluids. Thermophysical and rheological properties were measured: thermal conductivity, thermal diffusivity, mass specific heat, dynamic viscosity depending on temperature for the studied types of oils. During the experiment, it was found that the values of the thermal diffusivity and thermal conductivity coefficients are close. At the same time, a decrease in the values of the coefficients in the investigated temperature range was observed. The results in terms of specific heat capacity depend on the chemical composition, moisture content, structure of oils and the type of water bond. Based on the Lab View 7.0 software, the measured values were statistically processed and equations with approximation coefficients were obtained. This work evaluated the dynamic viscosity: the behavior of edible oils as a function of temperature. It was found that with an increase in the temperature of the studied edible oils, the dynamic viscosity decreases. The dependences for the studied oils were obtained, which obey the Arrhenius equation. The equations and the approximation value were determined. The analyzed experimental data will make it possible to determine criterion dependencies for thermal processes and establish hydrodynamic characteristics for production in the food industry.*

Keywords: *edible vegetable oils, thermophysical properties, dynamic viscosity.*

For citation: Ostrikov, A. N., Kleimenova, N. L., Bolgova, I. N. & Kopylov, M. V. (2021). The research of thermophysical and rheological properties of edible vegetable oils. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 36-43. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.05.005.

ВВЕДЕНИЕ

Для изучения метода неразрушающего контроля актуальной проблемой является разработка мероприятий и различных инженерных решений по созданию тепловых и технологических процессов [1, 2]. Поэтому для решения задач теплопроводности исследуемых образцов пищевых масел возникает необходимость использования теплофизических характеристик. При этом учитывают вид и режим воздействия и условия проведения эксперимента. Следовательно, исследование теплофизических свойств различных видов масел необходимо для проектирования оборудования, в котором протекают различные

процессы: тепловые, механические и гидромеханические [3, 4].

Имеющаяся информация о свойствах пищевых продуктов неполна, по некоторым видам существует огромное количество данных, которые иногда противоречивы, так как получены в разных условиях для продуктов разного происхождения, состава и структуры [5]. Поэтому по мере возможности будут представлены не числовые табличные величины, описывающие теплофизические свойства тех или иных продуктов, а корреляционные кривые, связывающие характеристики этих свойств с параметрами. На основе полученных зависимостей можно построить методики прогнозирования свойств. Любую обще-

известную модель теплопроводности можно применить для определения индивидуальных свойств исследуемых масел. Свойства могут быть рассчитаны по прогностическим формулам или измерены с использованием приборов [6].

Ученые, которые занимаются физикой пищевых продуктов, проводят исследования не только физических свойств и процессов, но и изучают факторы, влияющие на их свойства (Блаховец, 2008; Фигура, Тейшейра, 2007; Шахин, Sumnu, 2006; Mohsenin, 1980 и т.д.). Известно, что физический показатель – температура – является одним из основных контролирующих факторов для пищевой промышленности, так как оказывает влияние на свойства растительных масел [7]. Изучение тепловых свойств является основным условием для описания поведения исследуемых образцов. Тепловые свойства связаны с регулированием теплопередачи. Их можно классифицировать как термодинамические свойства (энтальпия и энтропия) и свойства переноса тепла (теплопроводность и температуропроводность). К ним относятся физические свойства, которые принимают участие в передаче тепла: плотность и вязкость [8, 9].

Объектами исследований являются пищевые масла: подсолнечное, горчичное, льняное, рыжиковое, рапсовое, рапсовое, рапсовое, рапсовое. Основной целью данной работы является экспериментальное определение коэффициентов теплопроводности, температуропроводности, массовой удельной теплоемкости и зависимостей данных показателей от температуры масел, а также определение динамической вязкости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные испытания были проведены в аккредитованной лаборатории Орехово-Зуевского филиала ФБУ «Ростест-Москва».

Для определения зависимости теплофизических характеристик вязкоупругих жидкостей применялась установка Cossfield RT-1394H, состоящая из платы сбора данных PCI – MIO-16E-1 (рисунок 1).

Исследование теплофизических свойств образцов проводилось по экспериментальной информации с применением зависимостей, полученных в ходе решения обратной задачи теплопроводности с применением набора программ Lab View 7.0.

Измерение плотности пищевых растительных масел проводилось с помощью установки Cossfield RT-1394H. При этом

плотности масел должны соответствовать следующему условию:

$$\sum_{i=1}^{i=K} (\sigma - \rho \cdot \gamma_i^n)^2 \rightarrow \min,$$

где γ_i^n – скорость сдвига исследуемой жидкости, c^{-1} ;

ρ – плотность масел, $кг/м^3$;

σ – напряжение сдвига, $Н/м^2$;

K – число повторений эксперимента.



Рисунок 1 – Измерительная установка для вязкоупругих жидкостей Cossfield RT-1394H

Figure 1 - Measuring device for viscoelastic liquids Cossfield RT-1394H

Измерение динамической вязкости исследуемых образцов проводили на приборе Вибровискозиметр SV-100.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для рационального описания технологического процесса получения масел методом холодного прессования определим характер зависимостей теплофизических характеристик: коэффициент температуропроводности a , $м^2/с$, коэффициент теплопроводности λ , $Вт/(м \cdot К)$, удельная теплоемкость c , $Дж/(кг \cdot К)$. Для того чтобы их определить, воспользуемся методом В.С. Волькенштейна (нестационарного теплового режима), который рассматривает процессы переноса теплоты за счет теплопроводности при отсутствии внутренних источников теплоты [10, 11].

Зависимости теплофизических свойств от температур для исследуемых образцов носит линейный характер (рисунок 2).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

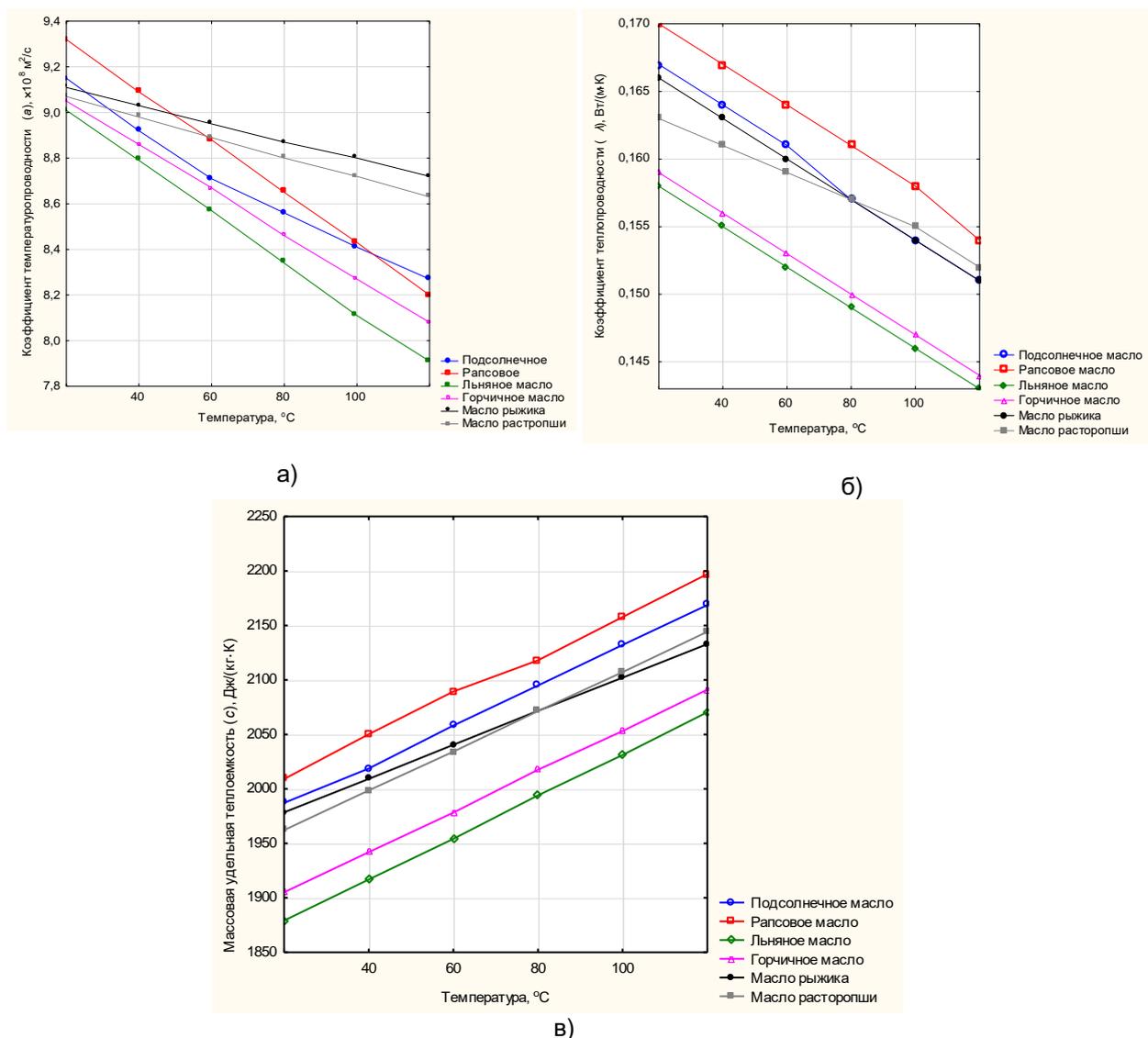


Рисунок 2 – Температурная зависимость коэффициента температуропроводности (а), коэффициента теплопроводности (б), массовой удельной теплоемкости (в) исследуемых образцов

Figure 2 - Temperature dependence of the coefficient of thermal diffusivity (a), coefficient of thermal conductivity (b), mass specific heat (c) of the samples under study

Полученные экспериментально результаты для пищевых растительных масел свидетельствуют, что удельная теплоемкость зависит от химического состава, влажности, структуры масел и вида связи воды. Установлено, что в интервале температур от 20 до 120 °C теплоемкость исследуемых образцов увеличивается, коэффициенты температуропроводности и теплопроводности уменьшаются. В литературных источниках доказано, что коэффициент теплопроводности зависит от средней скорости теплового движения молекул, которая с повышением T увеличивает-

ся, средней длины свободного пробега молекул, плотности и удельной теплоемкости при постоянном объеме.

Значения, полученные в результате эксперимента, были сопоставлены с литературными данными [12–15]. Различия можно объяснить такими факторами, как химический состав, условия хранения и т. п., влияющими на свойства исследуемых пищевых масел.

С помощью виртуального прибора на основе программы Lab View 7.0 производили статистическую обработку измеренных значений, а также управляли экспериментом. В

результате обработки результатов получены уравнения с коэффициентами корреляции в диапазоне температур 20÷120 °С.

Для подсолнечного масла:

$$a = -0,0087 \cdot T + 9,278; R^2 = 0,9886;$$

$$\lambda = -0,0002 \cdot T + 0,1704; R^2 = 0,9982;$$

$$c = 1,8353 \cdot T + 1948,2; R^2 = 0,9994.$$

Для льняного масла:

$$a = -0,111 \cdot T + 9,232; R^2 = 0,9997;$$

$$\lambda = -0,0002 \cdot T + 0,1610; R^2 = 1;$$

$$c = 1,9129 \cdot T + 1840,4; R^2 = 0,9999.$$

Для масла рыжика:

$$a = -0,0039 \cdot T + 9,1853; R^2 = 0,9996;$$

$$\lambda = -0,0002 \cdot T + 0,169; R^2 = 1;$$

$$c = 1,5463 \cdot T + 1947,5; R^2 = 1.$$

Для рапсового масла:

$$a = -0,112 \cdot T + 9,5427; R^2 = 0,9999;$$

$$\lambda = -0,0002 \cdot T + 0,1733; R^2 = 0,9973;$$

$$c = 1,8448 \cdot T + 1974; R^2 = 0,99881.$$

Для горчичного масла:

$$a = -0,0098 \cdot T + 9,248; R^2 = 0,9998;$$

$$\lambda = -0,0002 \cdot T + 0,162; R^2 = 1;$$

$$c = 1,8611 \cdot T + 1867,6; R^2 = 0,9999.$$

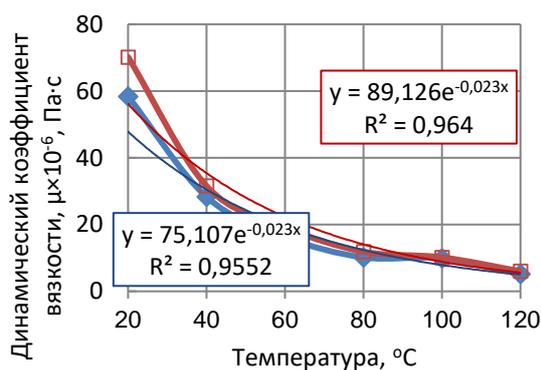
Для масла расторопши:

$$a = -0,0044 \cdot T + 9,1553; R^2 = 0,9997;$$

$$\lambda = -0,0001 \cdot T + 0,1653; R^2 = 0,9941;$$

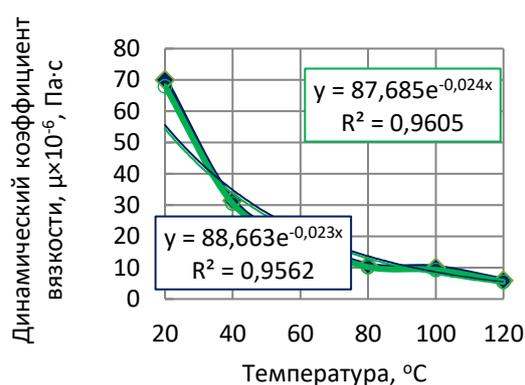
$$c = 1,8185 \cdot T + 1925,6; R^2 = 1.$$

Таким образом, теплофизические свойства исследуемых сред обладают большой тепловой инерционностью, так как масла медленно реагируют на изменение температуры окружающей среды.



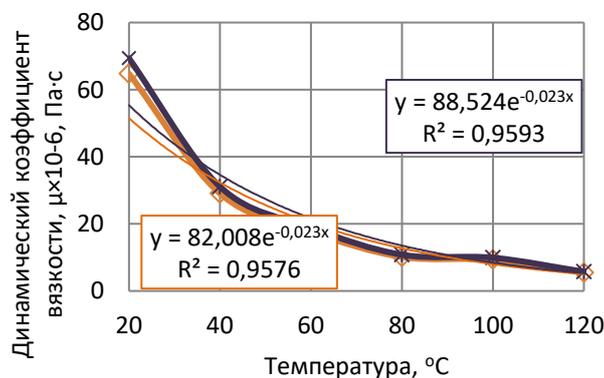
- Подсолнечное масло
- Рапсовое масло
- Экспоненциальная (Подсолнечное масло)
- Экспоненциальная (Рапсовое масло)

а)



- Масло рыжика
- Горчичное масло
- Экспоненциальная (Масло рыжика)
- Экспоненциальная (Горчичное масло)

б)



- Льняное масло
- Масло расторопши
- Экспоненциальная (Льняное масло)
- Экспоненциальная (Масло расторопши)

в)

Рисунок 3 – Температурная зависимость динамического коэффициента вязкости масел

Figure 3 - Temperature dependence of the dynamic coefficient of viscosity of oils

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Полученные данные рекомендуется использовать при определении путей интенсификации гидромеханических и тепловых процессов при получении растительных масел функционального назначения [16].

Следующим этапом работы являлось исследование зависимостей динамического коэффициента вязкости образцов масел в заданном диапазоне температур (рисунок 3).

Полученные зависимости можно описать убывающей экспоненциальной функцией

$$\eta = Ae^{-B\left(\frac{t}{t_0}\right)},$$

где t – температура, °С, $t_0 = 1$ °С;

A и B – константы, получаемые экспериментально, на которые влияют различные факторы (например, метод получения масел).

Установлено, что при увеличении температуры исследуемых пищевых масел динамическая вязкость уменьшается. Следовательно, экспоненциальная зависимость для исследуемых масел подчиняется уравнению Аррениуса. Полученные зависимости имеют экспоненциальный характер. Определены уравнения и величина аппроксимации.

Для наглядности представим зависимость $\eta = f(t)$ и коэффициента конкордации R^2 (таблица 1).

Анализ результатов показал, что наибольшая динамическая вязкость пищевых масел находится при 20 °С в диапазоне $\eta = (58,40 \div 69,33) \cdot 10^{-3}$ Па·с. Наименьшая вязкость у подсолнечного масла, а наибольшая – у рапсового. Полученные зависимости позволяют определить динамическую вязкость пищевых масел в диапазоне температур 20÷120 °С.

Таблица 1 – Результаты расчета

Table 1 - Calculation results

| Виды масел | Уравнение и величина аппроксимации | |
|--------------------|------------------------------------|---------|
| | $\eta = f(t)$ | R^2 |
| Подсолнечное масло | $\eta = 75,107e^{-0,023t}$ | 0,964 |
| Рапсовое масло | $\eta = 89,12e^{-0,023t}$ | 0,95527 |
| Льняное масло | $\eta = 82,008e^{-0,023t}$ | 0,9576 |
| Горчичное масло | $\eta = 86,79e^{-0,023t}$ | 0,9594 |
| Масло рыжика | $\eta = 82,008e^{-0,023t}$ | 0,9576 |
| Масло рапсовое | $\eta = 86,79e^{-0,023t}$ | 0,9594 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлена взаимосвязь теплофизических свойств и температуры, которая имеет

степенную зависимость в диапазоне температур от 20 до 120 °С. Получены регрессионные уравнения для теплофизических зависимостей для каждого образца различных видов масел. С увеличением температуры среды наблюдается характерное уменьшение теплофизических характеристик, за исключением массовой удельной теплоемкости (эта характеристика возрастает). Удельная теплоемкость исследуемых образцов масел с повышением температуры увеличивается.

Анализ представленных данных по динамической вязкости позволяет сделать вывод, что температура значительным образом влияет на величину динамической вязкости. В исследуемом интервале температур установлена экспоненциально убывающая зависимость для каждого образца масла. Получено наибольшее значение динамической вязкости для пищевых масел при 20 °С в диапазоне $\eta = (58,40 \div 69,33) \cdot 10^{-3}$ Па·с. Такие экспериментальные данные позволяют определить критериальные зависимости для тепловых процессов, происходящих с использованием различных пищевых растительных масел, установить гидродинамические характеристики при их производстве, а также позволят применить их при разработке математической модели технологических процессов производства исследуемых масел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Selected rheological characteristics and physicochemical properties of vegetable oil affected by heating / V.S. Rubalya, V. Mukesh Kumar & T. Devasena // International Journal of Food Properties. 2016. Vol. 19(8). P. 1852–1862.
2. Phinney, David Martin, Frelka John C., Heldman Dennis Ray. Composition-Based Prediction of Temperature-Dependent Thermophysical Food Properties: Reevaluating Component Groups and Prediction Models // Journal of Food Science. 2017. Vol. 82 (1). P. 6–15.
3. Харченков Г.М. Физико-механические свойства растительных масел // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. № 4. С. 54–58.
4. Доронин А.Ф., Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Нечаев А.П., Хуршудян С.А., Шубина О.Г. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологию. М. : ДеЛипринт, 2009. 288 с.
5. Fasina O.O. & Colley Z. Viscosity and Specific Heat of Vegetable Oils as a Function of Temperature: 35 °C to 180 °C // International Journal of Food Properties. 2008. Vol. 11 (4). P. 738–746.
6. Валентас К.Дж., Ротштейн Э., Сингх Р.П. Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов / Пер. с англ. под общ. науч. ред. А.Л. Ишевского. СПб. : Профессия, 2004. 848 с., ил., табл., сх. (Серия : Справочник).

7. Мифтахова А.Х., Усманов Р.А., Гумеров Ф.М. Моделирование некоторых теплофизических свойств смеси «этанол-триглицерид рапсового масла» в программном пакете VMGSIM // Вестник Тверского государственного университета. Серия : Химия. 2015. № 4. С. 91–101.

8. Остриков А.Н., Горбатова А.В., Филиппов П.В. Исследования теплофизических и реологических свойств сливочно-растительного спреда // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 2 (68). С. 22–27.

9. Simion A.I., Grigoras C.G., Gavril L.G. Mathematical modelling of ten vegetable oils thermophysical properties. Study of density and viscosity // Annals Food Sci. Technol. 2014. Vol. 15. P. 371–386.

10. Орлов М.Е. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен : учеб. пособие ; Ульяновский гос. техн. ун-т. Ульяновск : УлГТУ, 2013. 204 с.

11. Ghadimi A., Saidur R., Metselaar H.S.C. A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2011. Vol. 54 (17). P. 4051–4068.

12. Шарыпов А.Н., Бирюков А.Л., Иванов И.И. Исследование физических показателей растительных масел / Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Том 2. Часть 2. Технические науки : сборник научных трудов по результатам работы IV международной молодежной научно-практической конференции. Вологда–Молочное : ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА. 2019. С. 7–10.

13. Федоров А.В., Новоселов А.Г., Федоров А.А., Ковальский И.С. Моделирование структурно-реологических свойств мисцелл подсолнечного масла // Научный журнал НИУ ИТМО. 2018. № 2. С. 12–26.

14. Гинзбург А.С., Громов М.А., Красовская Г.И. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: справочник. М. : Агропромиздат, 1990. 287 с.

15. Аникин А.А., Копылов М.В., Горбатова А.В. Анализ кинетических закономерностей холодного отжима масла из семян рапса // Сб. матер. II Междунар. науч.-практ. конф. «Явления переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств». 2016. С. 76–79.

16. Волков С.М., Новоселов А.Г., Федоров А.В., Кулишов Б.А., Федоров А.А. Моделирование структурно-реологических свойств пищевых растительных масел // Ползуновский вестник. 2017. Vol. 3. P. 19–26.

Информация об авторах

А. Н. Остриков – д.т.н., проф., зав. кафедры ТЖ, ПАХПП Воронежского государственного университета инженерных технологий.

Н. Л. Клейменова – к.т.н., доцент кафедры УК и ТВБ Воронежского государственного университета инженерных технологий.

И. Н. Болгова – к.т.н., доцент, доцент кафедры ТЖ, ПАХПП Воронежского государ-

ственного университета инженерных технологий.

М. В. Копылов – к.т.н., доцент кафедры ТЖ, ПАХПП Воронежского государственного университета инженерных технологий.

REFERENCES

1. Rubalya, V.S., Kumar, Mukesh V. & Devaseena, T. (2016). Selected rheological characteristics and physicochemical properties of vegetable oil affected by heating. *International Journal of Food Properties*, 19 (8). 1852-1862.

2. Phinney, David Martin, Frelka, John C. & Heldman, Dennis Ray. (2017). Composition-Based Prediction of Temperature-Dependent Thermophysical Food Properties: Reevaluating Component Groups and Prediction Models. *Journal of Food Science*, 82 (1), 6-15.

3. Kharchenkov, G.M. (2008). Physical and mechanical properties of vegetable oils. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, (4), 54-58. (In Russ.).

4. Doronin, A.F., Ipatova, L.G., Kochetkova, A.A., Nechaev, A.P., Khurshudyan, S.A. & Shubina, O.G. (2009). *Functional food products. Introduction to technology*. Moscow : DeLiprint. (In Russ.).

5. Fasina, O.O. & Colley, Z. (2008). Viscosity and Specific Heat of Vegetable Oils as a Function of Temperature: 35 °C to 180 °C. *International Journal of Food Properties*, 11 (4), 738-746.

6. Valentas, K.J., Rothstein, E. & Singh, R.P. (2004). *Food engineering: a reference book with examples of calculations*. Per. from English under total. scientific. ed. A.L. Ishevsky. SPb. : Professiya. (In Russ.).

7. Miftakhova, A.Kh., Usmanov, R.A. & Gumerov, F.M. (2015). Modeling of some thermophysical properties of rapeseed oil ethanol-triglyceride mixture in the VMGSIM software package. *Bulletin of the Tver State University. Series: Chemistry*, (4), 91-101. (In Russ.).

8. Ostrikov, A.N., Gorbatova, A.V. & Filiptsov, P.V. (2016). Research of thermophysical and rheological properties of creamy vegetable spread. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2 (68), 22-27. (In Russ.).

9. Simion, A.I., Grigoras, C.G. & Gavril, L.G. (2014). Mathematical modeling of ten vegetable oils thermophysical properties. Study of density and viscosity. *Annals Food Sci. Technol.*, (15), 371-386.

10. Orlov, M.E. (2013). *Teoreticheskie osnovy teplotekhniki. Heat and mass transfer: textbook*. Ulyanovsk : UISTU. (In Russ.).

11. Ghadimi, A., Saidur, R. & Metselaar, H.S.C. (2011). A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 54 (17), 4051-4068.

12. Sharypov, A.N., Biryukov, A.L. & Ivanov, I.I. (2019). *Research of physical parameters of vegetable oils / Young researchers of agro-industrial and forestry complexes - to the regions*. Volume 2. Part 2. Technical sciences: Collection of scientific works based on the results of the IV international youth scientific-

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

practical conference. Vologda-Dairy: FGBOU VO Vologodskaya State Medical Academy. (In Russ.).

13. Fedorov, A.V., Novoselov, A.G., Fedorov, A.A. & Kovalsky, I.S. (2018). Modeling of structural and rheological properties of sunflower oil miscalls. *Scientific journal of NRU IT-MO*, (2), 12-26. (In Russ.).

14. Ginzburg, A.S., Gromov, M.A., Krasovskaya, G.I. (1990). Thermophysical characteristics of food products: a reference book. Moscow: Agropromizdat. (In Russ.).

15. Anikin, A.A., Kopylov, M.V. & Gorbatov, A.V. (2016). Analysis of the kinetic regularities of cold extraction of oil from rape seeds. *Sat. mater. II Int. scientific-practical conf. "Phenomena of transfer in the processes and devices of chemical and food industries."*, 76-79. (In Russ.).

16. Volkov, S.M., Novoselov, A.G., Fedorov, A.V., Kulishov, B.A. & Fedorov, A.A. (2017). Modeling of structural and rheological properties of edible vegetable oils. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 19-26. (In Russ.).

Information about the authors

A. N. Ostrikov – Doctor of Technical Sciences, Prof., Head. departments of TJ, PAHPP Voronezh State University of Engineering Technologies.

N. L. Kleimenova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Management and TVB of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

I. N. Bolgova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of TJ, PAHPP, Voronezh State University of Engineering Technologies.

M. V. Kopylov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of TJ, PAHPP, Voronezh State University of Engineering Technologies.

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

Статья поступила в редакцию 26.02.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 27.05.2021.

The article was received by the editorial board on 26 Feb 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 27 May 21.



Научная статья

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

УДК 641.55

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.006

ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЛЕЧЕБНЫХ СВОЙСТВ РАСТЕНИЯ КИПРЕЙ УЗКОЛИСТНЫЙ (ИВАН-ЧАЙ)

Ольга Ивановна Ирина ¹, Светлана Анатольевна Елисева ²

¹ Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

irinina.olga2018@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4159-0794>

² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

eliseeva_sa@spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1051-4016>

Аннотация. В статье представлены данные о растении иван-чай, или кипрее узколистом (*Chamerionangustifolium*), изучен его химический состав на основе научных исследований, пищевая, в т.ч. биологическая ценность и лечебные свойства данного продукта, дана оценка потребительского рынка иван-чая. Биохимический состав иван-чая достаточно хорошо изучен: он содержит от 69 до 71 полезных микроэлементов в зависимости от местности произрастания и включает белки, минеральные вещества, широкий спектр витаминов, биологически-активные вещества: биофлавоноиды (кверцетин, кемферол, рутин), антоцианы, хлорофилл, дубильные вещества, пищевые волокна и др.

Уникальный биохимический состав определяет многообразие лечебных свойств иван-чая. Научные исследования подтвердили эффективность растения при лечении целого ряда заболеваний: крови и кровеносной системы, желудочно-кишечного тракта, простудных, воспалительных, инфекционных, гинекологических, заболеваниях, иммунодефиците, головной боли, заболеваниях мочеполовой, эндокринной, нервной системы, злокачественных и доброкачественных новообразованиях, неврозах и депрессивных состояниях. Препараты и лечебные чаи на основе иван-чая оказывают антиоксидантное действие, улучшают обменные процессы в организме, показаны при вегетососудистой дистонии в кардиологии и др.

Ключевые слова: иван-чай, кипрей, дикорастущее растение, *Epilobiumangustifolium*, химический состав, пищевая ценность.

Для цитирования: Ирина О. И., Елисева С. А. Изучение биохимического состава и лечебных свойств растения кипрей узколистый (иван-чай) // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 44–54. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.006.

Original article

THE STUDY OF BIOCHEMICAL COMPOSITION AND MEDICINAL PROPERTIES OF THE PLANT EPILOBIUM ANGUSTIFOLIUM (FIREWEED)

Olga I. Irinina ¹, Svetlana A. Eliseeva ²

¹ Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs, Vladimir, Russia
irinina.olga2018@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4159-0794>

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia
eliseeva_sa@spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1051-4016>

Abstract. *The article presents data on the plant ivan-tea or narrow-leaved cypress (Chamerion angustifolium), its chemical composition is studied on the basis of scientific research, the nutritional, including biological value and medicinal properties of this product, an assessment of the consumer market of ivan-tea is given. The biochemical composition of ivan-tea is quite well studied: it contains from 69 to 71 useful trace elements depending on the area of growth and includes proteins, minerals, a wide range of vitamins, biologically active substances: bioflavonoids (quercetin, kemferol, rutin), anthocyanins, chlorophyll, tannins, dietary fiber, etc.*

The unique biochemical composition determines the variety of medicinal properties of ivan-tea. Scientific studies have confirmed the effectiveness of the plant in the treatment of a number of diseases: blood and circulatory system, gastrointestinal tract, colds, inflammatory, infectious, gynecological, diseases, immunodeficiency, headache, diseases of the genitourinary, endocrine, nervous system, malignant and benign neoplasms, neuroses and depressive states. Preparations and medicinal teas based on ivan-tea have an antioxidant effect, improve metabolic processes in the body, are indicated for vegetative-vascular dystonia in cardiology, etc.

Keywords: *ivan-tea, willow-herb, wild-growing plant, Epilobium angustifolium, chemical composition, nutritional value.*

For citation: Irinina, O. I. & Eliseeva, S. A. (2021). The study of biochemical composition and medicinal properties of the plant epilobium angustifolium (fireweed). *Polzunovskiy vestnik*, (2), 44-54. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.006.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы внимание ученых-химиков и практиков пищевых производств обращено на использование традиционного для России дикорастущего сырья. Одним из таких видов растительного сырья является иван-чай. Производителями этого напитка предпринимаются попытки возрождения производства иван-чая в промышленных масштабах. Изучаются полезные свойства растительного сырья и готового напитка, история его появления на Руси, способы его выращивания и воспроизводства, технологии заготовки, ферментирования, режимы сушки, способы сохранения биологической ценности, традиции использования в питании и народной медицине.

Большинство проводимых исследований носят узконаправленный характер: отдельно

изучаются показатели пищевой и биологической ценности, например, антиоксидантные, биопротекторные, противовоспалительные, цитостатические, седативные свойства, минеральный и витаминный состав и др.

Цель настоящей работы – анализ результатов существующих исследований, проведенных различными специалистами; научных и исторических фактов. Статья представляет интерес для специалистов в области производства иван-чая, ресторанного бизнеса и может послужить возрождению народных традиций, пропаганде здорового образа жизни, как альтернативе потребления алкогольных напитков.

Объектом исследования являлся иван-чай узколистый. Предмет исследования – химический состав, пищевая ценность и лечебные свойства иван-чая и продуктов, изго-

товленных на его основе. Таким образом, были поставлены **следующие задачи**:

- на основе многочисленных исследований систематизировать данные о биохимическом составе иван-чая, способах заготовки, технологии приготовления его как широко распространенного и доступного на территории России растительного сырья;

- изучить возможность и целесообразность использования иван-чая в предприятиях питания для приготовления чайных напитков в качестве альтернативы алкогольных напитков с образовательной целью распространения информации о здоровом образе жизни.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Известно, что на Руси в качестве холодных и горячих напитков до широкого распространения китайского чая, практически до конца XVII века, повсеместно употребляли травяные отвары и настои (травяные чаи). Китайский чай впервые попал в Россию в первой половине XVII века, когда в 1638 году он был привезён русскому царю Михаилу Федоровичу Романову как диковинный напиток. В 1676 году был заключен договор с Китаем на поставку иван-чая в Россию. В России в связи с тем, что русские люди настороженно относились к нему, как и ко всему чужеземному, новый напиток приживался трудно. Кроме того, массовому употреблению препятствовало то, что цена его была весьма значительной.

Для приготовления травяных чаев широко использовали мяту, душицу, листья малины и черной смородины, земляники, зверобоя и других огородных и дикорастущих растений. Температура употребления травяных чаев зависела от времени года и предпочтений потребителей. В горячем виде, как в холодное время года, так и в летний период, особой популярностью пользовался напиток из иван-чая. Историк Александр Серегин писал: «Раньше ставили большой самовар на стол, и в течение всего трудового дня все пили этот чай и практически ничего не ели из пищи. Кусочек хлеба собственного изготовления скушают, и в самую жару как раз все спасались таким вот напитком».

Иван-чай, или кипрей узколистый, (лат. *Chamerionangustifolium* или *Epilobiumangustifolium*) – многолетнее травянистое растение рода кипрейных (*Onagraceae*), достигает 150–160 см в высоту и произрастает практически на всей территории современной России.

Наши далекие предки использовали кипрей узколистый для приготовления «копорского чая». Листья и побеги добавляли в похлёбки, высушенные и размолотые корни – в муку для блинов, хлеба, варили из них каши.

Растение широко употреблялось в народной медицине. Считалось, что употребление иван-чая утром давало активность и энергию, принятие его вечером способствовало снятию накопившегося днем напряжения, нормализации сердечно-сосудистой деятельности и стабилизации давления [11]. Иван-чай – одно из лучших растений медоносов. Его широко применяли в хозяйственных и косметических целях.

В отдельных источниках имеются сведения об исследованиях свойств иван-чая еще в дореволюционное время Петром Александровичем Бадмаевым – знатоком лекарственных трав и тибетской медицины.

В настоящее время химический состав и лечебные свойства иван-чая являются предметом многочисленных научных исследований.

А. С. Олькова исследовала экстракт из иван-чая [15]. В результате экспериментов было установлено, что экстракт иван-чая является богатым источником полифенолов и обладает выраженными биопротекторными свойствами, то есть может эффективно защищать организм человека от разрушающего влияния токсичных соединений тяжелых металлов. Результаты подобных исследований имеют большое значение при организации профилактического питания сотрудников предприятий, работающих в условиях повышенного загрязнения окружающей среды (нефтехимические, химические, металлургические и т. п. предприятия). Включая в ежедневный рацион рабочих травяные чаи, прошедшие этап биотестирования в отношении конкретных токсинов, можно получить заметный оздоровительный эффект и снизить уровень профессиональной заболеваемости.

Свойства иван-чая исследовали многие специалисты в области медицины и фармакологии. Так, в клинике неврологии НИИ экспериментальной медицины РАМН специалисты заключили, что иван-чай показан при различных формах невротозов и невротоподобных состояниях, при посттравматических стрессовых расстройствах (последствия афганского, чеченского и аналогичных синдромов и др.).

Использование иван-чая позволяет избежать риска возникновения токсикомании; в стрессовых ситуациях уменьшает тревожно-депрессивные расстройства и напряжения,

ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЛЕЧЕБНЫХ СВОЙСТВ РАСТЕНИЯ КИПРЕЙ УЗКОЛИСТНЫЙ (ИВАН-ЧАЙ)

что очень важно в современных условиях, особенно для жителей мегаполисов. Приём иван-чая снижает расположенность к потреблению спиртных напитков [1; 6; 7; 20; 25].

В отзыве доктора медицинских наук, заведующего кафедрой терапевтической стоматологии факультета усовершенствования врачей-стоматологов Минздравмедпрома России, профессора А. Н. Балашова отмечено, что противовоспалительные свойства иван-чая особенно ярко проявляются в стоматологии. В Москве на кафедре усовершенствования врачей-стоматологов провели исследование иван-чая и написали положительное заключение. По их мнению, иван-чай нормализует состояние слизистой оболочки ротовой полости, что является средством профилактики кариеса зубов.

Специалист в области иммунологии, доктор медицинских наук, действительный член Нью-Йоркской академии наук Александр Подколзин подпisał заключение иммунологов о том, что иван-чай отлично стимулирует иммунитет, наряду с самыми редкими и дорогими лекарственными растениями: «Настои из кипрея обладают ярко выраженными транквилизирующими, противовоспалительными и обволакивающими эффектами. Настой показан при язвенной болезни, гастритах и колитах, а также в качестве средства, регулирующего нервную систему, успокаивающего и повышающего работоспособность».

Из соцветий иван-чая выделено высокомолекулярное соединение «Ханерол», которое оказывает противораковое действие и при этом малотоксичное [19, С. 159].

Учёные Санкт-Петербургского государственного аграрного университета разработали метод получения эликсира путём бережной экстракции кипрея узколистного и вплотную приблизились к пониманию чудодейственных свойств эликсира на основе

иван-чая. Этот метод позволяет получить продукт с уникально-высоким и стабильным содержанием антиоксидантов 100–125 мг на 100 г. Важным является то, что количество антиоксидантов в конечном продукте удалось стабилизировать, т. е. независимо от исходного сырья, количество полезных веществ в конечном продукте нормировано. Это позволяет говорить о суточной норме, необходимой для поддержания тонуса организма [25].

В 2013 году открытие петербургских учёных было запатентовано. На Международной агропромышленной выставке-ярмарке в 2017 г. был представлен «Инновационный натуральный пищевой биопозитивный комплекс (экстракт, сироп, напиток) на основе иван-чая малого инновационного предприятия данного университета ООО «АНАНТА», разработка которого удостоена золотой медали. Эликсир защищает организм от действия свободных радикалов оксидантов, избытка холестерина, шлаков. Эликсир содержит почти все необходимые макро- и микроэлементы, витамины и незаменимые аминокислоты для здоровья и долголетия. В настоящее время эликсир проходит процедуру сертификации и подготовку к серийному производству.

Специалистами Санкт-Петербургской химико-фармацевтической академии [22] установлено наличие выраженных противотревожных (анксиолитических) свойств у препаратов из иван-чая.

Иван-чай не относится к фармакопейным растениям, тем не менее, его химический состав тщательно изучен. Он содержит от 69 до 71 полезных микроэлементов в зависимости от местности. Биохимический состав иван-чая представлен в таблице 1.

Уникальный биохимический состав определяет многообразие лечебных свойств иван-чая (таблица 2).

Таблица 1 – Биохимический состав иван-чая [5; 12; 14; 25; 15]

Table 1 - Biochemical composition of willow-tea [5; 12; 14; 25; 15]

| Название вещества | Содержание в сухом веществе, % |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 2 |
| Белки, общее содержание | 16,4 |
| Аспарагиновая кислота | 1,32 |
| Лизин | 0,48 |
| Пролин | 0,64 |
| Аргинин | 0,58 |
| Гистидин | 0,31 |
| Глицин | 0,55 |
| Треонин | 0,51 |

Продолжение таблицы 1 / Continuation of table 1

| 1 | 2 |
|--|---------------|
| Глутаминовая кислота | 1,83 |
| Серин | 0,54 |
| Аланин | 0,61 |
| Метионин и цистеин | 0,15 |
| Фенилаланин | 0,54 |
| Лейцин | 0,87 |
| Валин | 0,65 |
| Тирозин | 0,35 |
| Изолейцин | 0,55 |
| Минеральные вещества, мг | |
| Железо | 2,3 |
| Никель | 1,3 |
| Медь | 2,3 |
| Марганец | 16 |
| Титан | 1,3 |
| Молибден- | 0,44 |
| Бор | 6 |
| Витамины, мг | |
| А | 0,18 |
| С (аскорбиновая кислота) | от 200 до 388 |
| В ₁ | 0,033 |
| В ₂ | 0,137 |
| В ₆ | 0,632 |
| В ₉ | 0,112 |
| Витамин РР, мг | 4,674 |
| Каротиноиды, мг% | 3,64–7,59 |
| Биофлавоноиды (кверцетин, кемферол, рутин), % | до 0,1 %, |
| Антоцианы | 1,01–1,81 %. |
| Хлорофилл а, мг/л | 5,11–8,02 |
| Хлорофилл в, мг/л | 9,34–13,56 |
| Дубильные вещества пирогалловой группы – таниды, мг% | 7–20 |
| Слизи, % | 8,83–19,37 |
| Пищевые волокна | 10, 6 |
| Лигнин, % | 8,67–13,8 |
| Клетчатка, % | 13,13–26,01 |

Таблица 2 – Лечебные свойства иван-чая [1; 2; 5; 8; 9; 11; 13; 14; 18; 21; 24]

Table 2 - Healing properties of ivan-tea [1; 2; 5; 8; 9; 11; 13; 14; 18; 21; 24]

| Заболевания и лечебные свойства растения | Терапевтический эффект |
|--|---|
| 1 | 2 |
| Заболевания крови и кровеносной системы | Улучшает состав крови и процесс кроветворения, помогает при малокровии и анемии, стимулирует обмен веществ. Укрепляет кровеносные сосуды, нормализует давление. Стимулирует выработку гемоглобина. Способствует нормализации pH крови |
| Простудные, воспалительные, инфекционные заболевания | Губителен для многих штаммов вирусов и бактерий, эффективен при любых воспалительных процессах, инфекциях и простудах, повышает иммунитет к респираторно-вирусным инфекциям |

ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЛЕЧЕБНЫХ СВОЙСТВ РАСТЕНИЯ КИПРЕЙ
УЗКОЛИСТНЫЙ (ИВАН-ЧАЙ)

Продолжение таблицы 2 / Continuation of table 2

| 1 | 2 |
|---|--|
| Гастроэнтерологические заболевания | Активизирует процессы желчеобразования. Показан при лечении гастрита, язвы желудка, цирроза, колита, холецистита, холангита, гепатита, образовании камней в желчном пузыре, печени, почках и болезнях селезенки |
| Ранозаживляющее действие | Способствует ускорению процессов эпителизации и грануляции поврежденных тканей. Применяется наружно для обработки ран в виде компрессов и примочек |
| Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, гастриты, колиты, энтероколиты | Способствует рубцеванию язвы желудка и двенадцатиперстной кишки, рекомендован при воспалительных заболеваниях слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта |
| Заболевания мочеполовой системы, в т. ч. образование камней в почках и мочевом пузыре, цистит | Обладает мочегонным действием. В отличие от мочегонных препаратов, водные вытяжки кипрея действуют более деликатно |
| Гинекологические заболевания | Обеспечивает профилактику и помогает при лечении простатита, аденомы простаты, нарушениях потенции, воспаления мочеоточника и хронически повторяющихся воспалений мочевого пузыря; гинекологических заболеваниях |
| Иммунодефицит | Благодаря высокому содержанию аскорбиновой кислоты и биофлавоноидов (витамин Р), повышает защитные функции организма, стимулирует и повышая иммунитет к респираторно-вирусным инфекциям; способствует восстановлению сил после болезней и травм; - восстанавливает силы при различного рода истощениях и утомлениях |
| Головная боль | Обезболивающие свойства |
| Нарушение функций кишечника | Восстанавливает нарушенные функции кишечника; помогает мягко нормализовать работу кишечника. Обволакивающие свойства слизи и вяжущие, противовоспалительные свойства дубильных веществ, в сочетании оказывают благотворное влияние на перистальтику кишечника |
| Заболевания эндокринной системы | Способствует улучшению работы желез внутренней секреции. Назначается при проблемах с предстательной железой, для усиления потенции, при простатите, аденоме, бесплодии, как женском, так и мужском |
| Проблемы с лактацией | Способствует улучшению лактации и качества молока при грудном вскармливании |
| Заболевания нервной системы: неврозы, расстройства, истерия, психозы, депрессивные состояния | Рекомендуется при перевозбуждении, мигрени, повышенных нервных перегрузках, при стрессах, неврозах, бессоннице. Является транквилизирующим и седативным средством, снимает и устраняет депрессию, повышает работоспособность, облегчает симптоматику эпилепсии. Кипрей не вызывает привыкания [1] |
| Злокачественные и доброкачественные новообразования | Из соцветий иван-чая выделено высокомолекулярное соединение «ханерол», проявляющее противоопухолевую активность |
| Антиоксидантное действие | Является мощнейшим природным очистителем при различных интоксикациях, в т. ч. алкогольных, химических и радиационном загрязнении |
| Улучшает обменные процессы в организме | Повышает эффективность усвоения питательных веществ, участвует в регулировании углеводно-липидного обмена. Оказывает действие при заболеваниях, связанных с нарушением обмена веществ, например, ожирении. Показан при подагре и нарушении солевого обмена |

Продолжение таблицы 2 / Continuation of table 2

| 1 | 2 |
|--|---|
| Стоматологические заболевания. Повышенная кровоточивость десен, кариес | Нормализует состояние слизистой оболочки ротовой полости, является средством для профилактики пародонтоза, стоматита и кариеса зубов. Полезен беременным женщинам и кормящим матерям, а также грудным детям во время появления зубов |
| Является отхаркивающим, обволакивающим и вяжущим средством | Оказывает смягчительное, обволакивающее и вяжущее действие |
| Показан, при вегетососудистой дистонии в кардиологии | Применяется при кардионеврозах, нейроциркулярной дистонии |
| Дерматологические заболевания | Фурункулез, угревая сыпь, экзема, дерматиты. В народной медицине применяется также при лечении диатеза, псориаза. Обладает косметическими свойствами, укрепляет волосы |
| Заболевания дыхательных путей | Применяется при ангине, катарах верхних дыхательных путей тонзиллите, туберкулезе, бронхолегочной патологии |

По последним данным, до 75 % населения крупных городов страдает от разного рода невротических расстройств различных проявлений: раздражительность, слезливость, адинамия, или гневливость, повышенная впечатлительность. В то же время имеются определенные сведения и практические наблюдения об использовании лекарственных растений и препаратов из них в профилактике и лечении данной патологии. Это направление в медицине все больше завоевывает сторонников, особенно среди неврологов, специалистов центров медико-социальной реабилитации [8].

В исследованиях учёных отмечается, что необходима «раскачка биоритмов» человека, которая заключается в использовании тонизирующих фитопрепаратов в утреннее и дневное время и рекомендации фитотранквилизаторов – в вечерние и ночные часы [15].

Установлено, что кофеин усиливает процессы возбуждения в коре головного мозга и повышает двигательную активность. Однако большие дозы его могут привести к истощению нервных клеток. Алкалоиды чая усиливают сердечную деятельность, сокращения миокарда становятся более интенсивными и частыми. Благодаря этому, по всем органам и тканям поступает больше крови, и они получают усиленное питание. В результате человек ощущает прилив сил, у него улучшается настроение.

И. П. Павлов рекомендовал: «Для нас, русских, можно пить только маленькую чашечку китайского, индийского (заморского)

чая, или маленькую чашечку кофе в день. Больше нельзя, больше – вредно!»

Несмотря на значительные успехи современной медицины в XX веке, в настоящее время существуют проблемы в лечении многих заболеваний, связанные с тем, что целый ряд антибиотиков и других сильнодействующих препаратов перестали оказывать действие на организм человека. Многочисленные специалисты отмечают, что целый ряд хронических болезней неподвластны медикаментозному лечению, т. к. необходима активизация процесса самовосстановления организма. Население земного шара подвержено неблагоприятному воздействию окружающей среды, стрессов, нервным истощением, нарушению структуры питания, вследствие употребления продуктов питания, обогащённых различными пищевыми добавками и консервантами. Рафинированные, генетически модифицированные, внешне привлекательные продукты питания, преобладающие в рационе современного человека, не способны обеспечивать потребность в элементарных питательных веществах.

Эти побочные эффекты отсутствуют при употреблении копорского чая при одновременном сохранении тонизирующего эффекта. Иван-чай при правильном приготовлении и употреблении оказывает мягкое бодрящее действие на организм, без нежелательных последствий. Иван-чай содержит массу веществ, связывающих свободные радикалы, благодаря чему обладает омолаживающими, защитными и естественно-восстанавливающими свойствами. В иван-чае отсутствуют кофеин, пуриновые основания, щавелевая и

ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЛЕЧЕБНЫХ СВОЙСТВ РАСТЕНИЯ КИПРЕЙ УЗКОЛИСТНЫЙ (ИВАН-ЧАЙ)

мочевая кислоты – вещества, которыми богат традиционный чай и которые способствуют нарушению обмена веществ.

Русские знахари за мощные целебные свойства иван-чая называли его «боровым зельем». Иван-чай как тонизирующее средство может посоперничать с колой и кофе, по содержанию витамина С – с лимоном, по количеству антиоксидантов – с зеленым чаем и красным вином. Иван-чай – источник биологически-активных соединений, антиоксидантов [19; 14; 18].

Качественный иван-чай должен быть хорошо ферментированным, просушенным. Влажность качественного продукта не должна превышать 9–10 %. Запах должен быть присутствующим иван-чаю, с фруктовыми нотками (чернослива) [17].

Иван-чай не теряет своих свойств даже при многократном заваривании, при этом сохраняются целебные свойства, вкус и аромат, а готовый напиток сохраняет свежесть до трёх суток, в отличие от черного. В зеленом чае при длительном хранении образуются полифенольные вещества, блокирующие синтез многих витаминов и полезных ферментов в организме. Заваривать иван-чай просто: две чайные ложки заливают стаканом кипятка и настаивают. При хранении иван-чай за счет внутренней ферментации даже улучшает свои качества в течение двух лет [19].

В ближайшее время предлагается ввести «Иван-чай» в продовольственную корзину жителей Российской Федерации [21], ограничив потребление субтропических чаев и кофе, содержащих избыточное содержание кофеина.

В современной России заметно возрос интерес к иван-чаю, с каждым годом появляется все больше производителей. По данным Ассоциации производителей чая, в России более 420 фирм, заготавливающих, перерабатывающих и реализующих напитки, содержащие иван-чай.

При годовых потреблении чая в России (это примерно 170000 тонн) иван-чая производится чуть больше 1/1000 доли рынка чая. В больших сетях иван-чай практически не представлен: купить его в основном можно в чайных лавках и на ярмарках [17].

В наше время чай из кипрея производится в небольших объемах. Нашлись энтузиасты, которые собрали и сохранили старинные рецепты изготовления ферментированного иван-чая.

Большую научную работу по возрождению русского национального напитка провели учёные: академик, доктор сельскохозяй-

ственных наук В. И. Емельянов и академик, профессор, доктор технических наук РАЕН А. Н. Никитин, возродившие производство иван-чая под маркой «Городецкий иван-чай». Известным в России и за рубежом производителем иван-чая является компания «Вологодский Иван-чай», возглавляемая предпринимателем А. А. Хлыновым. Миссия компании – возвращение русскому иван-чаю былой славы и популярности. Компания является участником и призёром различных Российских и международных выставок продуктов питания и напитков.

В 2016 г. прошел всероссийский конкурс "Лучший Иван-чай". Диплом победителя получила Ярославская компания "ЯрЧай".

Иван-чай популярен среди лесорубов, охотников и любителей путешествий. Люди, часто попадающие в экстремальные условия, хорошо осведомлены о способностях растения поддерживать организм человека.

Известный путешественник-одиночка Федор Конюхов в своих путешествиях употребляет иван-чай.

Явных противопоказаний для применений иван-чая в настоящее время не выявлено. Однако в литературных источниках отмечается возможность побочных эффектов, вызванных употреблением иван-чая, таких как излишняя сонливость или небольшое расстройство желудка [19].

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

По многочисленным данным, в современном арсенале лекарственных средств препараты растительного происхождения занимают 25–30 %, а в некоторых группах лекарственные средства, полученные из растений, достигают почти 70 %.

Изучение биохимического состава и лечебных свойств растения кипрей узколистный (иван-чай) позволяет сделать вывод о том, что напитки, продукты и препараты лечебного назначения на его основе оказывают полезное воздействие на организм и используются в качестве лекарственных средств. Отсутствие кофеина способствует уменьшению воздействия на центральную нервную систему, что позволяет получить тонизирующий эффект без вреда здоровью. Некоторые вещества, получаемые из растения, используются не только с лечебной целью, но и служат исходными продуктами для синтеза эффективных лекарственных веществ.

Особое значение иван-чай приобрёл в качестве главных компонентов биологически активных добавок, получивших значи-

тельное распространение и способствующих повышению общего тонуса организма человека, стимуляции обмена веществ и т. д. Данное лекарственное растение применяется не только в медицине, но и в других отраслях народного хозяйства: в пищевой, парфюмерно-косметической промышленности.

В связи с многочисленными исследованиями по изучению биохимического состава и лечебных свойств растения, иван-чай в перспективе следует ожидать увеличения номенклатуры лекарственных фитопрепаратов, БАДов, лечебно-профилактических лекарственных средств на его основе. Это обусловлено увеличением доли препаратов растительного происхождения в общем объеме производства лекарственных средств во многих странах мира, а также увеличением числа предприятий пищевой промышленности и перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса, специализирующихся на производстве чая из кипрея, возрождении русского национального напитка

Достоинством напитков и препаратов на основе иван-чая является то, что для их массового производства не требуется значительных затрат, так как иван-чай является дикорастущим растением.

Результаты работы могут быть интересны специалистам сферы ресторанного бизнеса и производителям продукции, потребителям, ставящим своей задачей воспитание на народных традициях, с учётом социальной значимости возрождения производства и русских традиций чаепития как альтернативы потребления алкогольных и кофеиносодержащих напитков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барнаулов О.Д. Лекарственные растения – суррогаты чая. СПб. : Информ-навигатор, 2016. 448 с.
2. Большой энциклопедический словарь лекарственных растений : учеб. пособие / Под. ред. Г.П. Яковлева. 3-е изд. СПб. : СпецЛит, 2015. 759 с.
3. Берестнева Д.А., Прокудина Т.В., Масловский С.А., Пискунова Н.А. Влияние срока сбора на технологические свойства иван-чая // Вестник ландшафтной архитектуры. 2017. № 10. С. 7–11.
4. Бушуева Г.Р., Сыроешкин А.В., Максимова Т.В., Скальный А.В. Кипрей узколистый – перспективный источник биологически активных соединений // Микроэлементы в медицине: проблемные статьи. 2016. № 17 (2). С. 15–23.
5. Валов Р.И. Фармакогностическое исследование надземной части *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. / Автореферат диссертации. – Улан-Удэ, 2012. 16 с.
6. Калинин А.Я. Анализ рисков потребления кофеинсодержащих пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2014. № 7. С. 20–23.
7. Корсун В.Ф., Кочетова Т.В., Корсун Е.В. Лекарственные растения в психоневрологии: руководство по клинической фитотерапии. М., Рос. ун-т дружбы народов, Ин-т фитотерапии, 2008. 281 с.
8. Корсун В.Ф., Матханов И.Э., Мондодоев А.Г. Лекарственные растения в лечении болезней и оздоровлении населения Бурятии. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2014. 378 с.
9. Корсун В.Ф., Корсун Е.В., Журавлев Д.В., Зеленков В.Н., Лапин А.А. Изучение суммарной антиоксидантной активности купажированного Иван-чая // Практическая фитотерапия. 2017. № 3. С. 8–14.
10. Корсун Е.В., Малышко М.А., Корсун В.Ф., Журавлев Д.В. Иван-чай в гинекологической практике // Практическая фитотерапия. 2016. № 3. С. 64–73.
11. Корсун В.Ф., Корсун Е.В., Журавлев Д.В. Русский чай по имени Иван. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Концептуал, 2017. 224 с.
12. Корсун В.Ф., Журавлев Д.В., Корсун Е.В. Иван-чай в клинической практике женщин // Материалы Международного научно-практического симпозиума «Фитотерапия: инновации и перспективы». М. : 2017. С. 56–60.
13. Кошечев А.К. Дикорастущие съедобные растения в нашем питании. М. : Пищевая промышленность, 1980. 256 с.
14. Олейниц Е.Ю., Блинова И.П., Дейнека Л.А., Кульченко Я.Ю., Дейнека В.И., Селеменов В.Ф. Антоцианы и другие фенольные соединения напитка иван-чая и его антиоксидантная активность // Вестник ВГУ, серия : Химия. Биология. Фармация. – 2018. № 1. С. 7–12.
15. Олькова А.С. Оценка воздействия растительных экстрактов на *Daphniamagna*. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <https://иван-чай43.pf/blog/2016/>.
16. Пашинский В.Г. Теория фитотерапии. Томск : Изд-во «Печатная мануфактура», 2014. 332 с.
17. Петров Е.С. (2016). Иван-чай: что нужно знать, чтобы найти качественный продукт. сайт Росконтроль. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://roscontrol.com/community/article/ivan-chay-chto-nugno-znat-chtobi-nayti-kachestvenniy-produkt/>.
18. Полежаева И.В., Веселова О.Ф., Полежаева Н.И., Меняйло Л.Н. Антиоксидантные свойства водного экстракта из надземной части *Chamaenerion angustifolium* // Растительные ресурсы. 2008. № 2. С. 104–108.
19. Природные ресурсы Республики Северная Осетия-Алания. Растительный мир: в 18 т. / Министерство охраны окружающей среды РСО-А. // Под ред. В.С. Вагина, науч. ред. А.Л. Комжа, К.П. Попова. Владикавказ : Проект-пресс, 2000. С. 159.
20. Пчеловодов А.Н. Заметки о гигиене чаепития // Медицина XXI век. 2007. № 8. С. 33–39.
21. Резолюция Общественной палаты Российской Федерации по результатам общественных слушаний на тему: «Разработка законодательной

ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЛЕЧЕБНЫХ СВОЙСТВ РАСТЕНИЯ КИПРЕЙ УЗКОЛИСТНЫЙ (ИВАН-ЧАЙ)

базы для развития Иван-чайной отрасли в России и поддержка отечественных производителей Иван-чая» от 12.03.2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.velskgost.ru/index.php/poleznaaya-informatsiya/6-o-razviti-ivan-chajnoj-otrasli>.

22. Рыжова О.В. и соавт. Изучение анксиолитических свойств препаратов надземной части хаменериона узколистного / Тез. докл. XIII Росс. нац. конгресса «Человек и лекарство». М. : 2006. – С. 583.

23. Фозилова В.В. Разработка и исследование потребительских свойств чайных напитков на основе кипрея узколистного : дис ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2014. 156 с.

24. Feshchenko H., Oleshchuk O., Lukanyuk M. Feshchenko B.M. // *Pharma Innovation J.* Vol. 6, Issue 3 (2017). – pp. 40–43. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.thepharmajournal.com/archives/?year=2017&vol=6&issue=3&part=A&ArticleId=975>.

25. Шалыгин Л.Д., Еганян Р.А. Энергетические напитки – реальная опасность для здоровья детей, подростков, молодежи и взрослого населения. Часть 2. Риски, связанные с потреблением алкогольсодержащих энергетических напитков. Рекомендации Всемирной организации здравоохранения. Законодательное регулирование в разных странах // Профилактическая медицина. 2016. № 19 (2). С. 51–57.

Информация об авторах

О. И. Ирина – к.т.н., доцент кафедры туризма и сервиса Института туризма и предпринимательства Владимирского Государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.

С. А. Елисеева – к.т.н., доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств, Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого.

REFERENCES

1. Barnaulov, O.D. (2016). *Medicinal plants-tea surrogates*. SPb. : Inform-Navigator. (In Russ.).
2. Yakovlev, G.P. (2015). *Large encyclopedic dictionary of medicinal plants: Textbook. the manual*. St. Petersburg: SpetsLit. (In Russ.).
3. Berestnev, D.A., Prokudina, T.V., Maslovsky, S.A. & Piskunov N. (2017). Effect of collection period on the technological properties of willowherb. *Journal of landscape architecture*, (10), 7-11. (In Russ.).
4. Bushueva, G.R., Syroeshkin, A.V., Maksimova, T.V. & Skal'nyj, A.V. (2016). Angustifolium Fireweed – a promising source of biologically active compounds. *TRace elements in medicine: problem article*, 17 (2), 15-23. (In Russ.).
5. Valov, R.I. (2012). Pharmacognosy quality study of the aerial parts *Chamaenerionangustifolium* (L.) Scop. *Extended abstract of candidate's thesis*. Ulan-Ude. (In Russ.).

6. Kalinin, A.Ya. (2014). Analysis of the risks of consumption of caffeine-containing foods. *Food industry*, (7), 20-23. (In Russ.).

7. Korsun, V.F., Kochetova, T.V. & Korsun, E.V. (2008). Medicinal plants in Psychoneurology: guide to clinical herbal medicine. *ROS. University of peoples' friendship, Institute of herbal medicine*, 281 p. (In Russ.).

8. Korsun, V.E. & Matkhanov, I.E. (2014). *Medicinal plants in the treatment of diseases and improvement of the population of Buryatia*. Ulan-Ude: bnts so ran. (In Russ.).

9. Korsun, V.F., Korsun, E.V., Zhuravlev, D.N., Zelenkov, V.N. & Lapin, A.A. (2017). Study of the total antioxidant activity of blended tea. *Practical herbal medicine*, (3), 8-14. (In Russ.).

10. Korsun, E.V., Malyshko, M.A., Korsun, V.F. & Zhuravlev, D.V. (2016). Ivan-tea in gynecological practice. *Practical phytotherapy*, (3), 64-73. (In Russ.).

11. Korsun, V.F., Korsun, E.V. & Zhuravlev, D.V. (2017). *Russian tea by the name of Ivan*. Moscow: Conceptual. (In Russ.).

12. Korsun, V.F., Zhuravlev, D.V. & Korsun, E.V. (2017). Ivan-Chai in the clinical practice of women. *Proceedings of the International scientific and practical Symposium*. Moscow: P. 56-60. (In Russ.).

13. Koscheev, A. (1980). *Wild plants in our diet*. Moscow: Food industry. (In Russ.).

14. Alaniz, E.Yu., Blinov, P.I., Deineka, L.A., Kulchenko, Y.Y., Deineka, V.I. & Selemenev, V.F. (2018). Anthocyanins and other phenolic compounds of the beverage of Ivan-tea and its antioxidant activity. *Vestnik of VSU, series: Chemistry. biology. Pharmacy*, (1), 7-12. (In Russ.).

15. Olkova, A.S. (2016). Assessment of the impact of plant extracts on *Daphnia magna*. Retrieved from <https://иван-чай43.RF/blog/2016/>. (In Russ.).

16. Pashinsky, V.G. (2014). *Theory of herbal medicine*. Tomsk: Printing manufactory. (In Russ.).

17. Petrov, E.S. (2016). Ivan-Chai: what you need to know to find a quality product. Retrieved from <https://roscontrol.com/community/article/ivan-chay-chno-nugno-znat-chtobi-nayti-kachestvenniy-produkt/>. (In Russ.).

18. Polezhaeva, I.V., Veselova, O.F., Polezhaeva, N. & Menyailo, L.N. (2008). Antioxidant properties of aqueous extract from the aboveground part of *Chamaenerionangustifolium*. *Plant resources*, (2), 104-108. (In Russ.).

19. Ministry of protection of environment of RSO-A., Vagin, V.S., Komzha, A.L. & Popova, A.L. [Ed.] (2000). *Natural resources of the Republic of North Ossetia-Alania. Plant life: 18 t*. Vladikavkaz: Proekt-press, P. 159. (In Russ.).

20. Pchelovodov, A.N. (2007). Notes on the hygiene of the tea party. *Medicine of the XXI century*, (8), 33-39. (In Russ.).

21. Resolution of the Public chamber of the Russian Federation on the results of public hearings on the topic: "Development of the legislative framework for the development of the Ivan-tea industry in Russia and support of domestic producers of Ivan-tea" dated 12.03.2015. Retrieved from

<http://www.velskgost.ru/index.php/poleznaya-informatsiya/6-o-razvitii-ivan-chajnoj-otrasli>. (In Russ.).

22. Ryzhov, O.V. [et al.] (2006). The study anxiolytic properties of the aerial part of preparations *chamaenerionangustifolia*. proc. Doc. XIII Ross. NAT. Congress "Man and medicine". Moscow, P. 583. (In Russ.).

23. Fozilova, V.V. (2014). Development and research of consumer properties of tea drinks on the basis of narrow-leaved Cyprus. *Extended abstract of candidate's thesis*. Ekaterinburg. (In Russ.).

24. Feshchenko, H., Oleshchuk, O., Lukanyuk, M. & Feshchenko, B.M. (2017). *Pharma Innovation J*, 6(3), 40-43. (In Russ.).

25. SHalygin, L.D. & Eganyan, R.A. (2016). Energeticheskie napitki - real'naya opasnost' dlya zdorov'ya detej, podrostkov, molodezhi i vzroslogo naseleniya. CHast' 2. Riski, svyazannye s potrebleniem alkohol'soderzhashchih energeticheskikh napitkov. Rekomendacii Vsemirnoj organizacii zdravo-

ohraneniya. *Zhurnal: Profilakticheskaya medicina*, 19(2), 51-57. (In Russ.).

Information about the authors

O. I. Irinina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Tourism and Service of the Institute of Tourism and Entrepreneurship of the Vladimir State University. Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs.

S. A. Eliseeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Higher School of Biotechnology and Food Production, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.03.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 27.05.2021.

The article was received by the editorial board on 12 Mar 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 27 May 21.



Научная статья

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

УДК 664.8.022

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.007

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЁ

Ксения Николаевна Нициевская ¹, Василина Сергеевна Нечаева ²

^{1, 2} Сибирский федеральный научный центр агроботехнологий Российской академии наук, Краснообск, Россия

¹ aksuta88@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7302-106X>

² vasilinatsr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8108-6226>

Аннотация. В статье представлены литературные данные биохимического состава плодов земляники садовой, которые отличаются высоким содержанием пектиновых веществ (в пределах до 1,4 %) и сахаров (до 8,1 %). В качестве объектов исследования было предложено взять образцы земляники садовой в свежем виде. Образцы подвергались воздействию ультразвукового поля посредством использования в процессе технологической обработки растительного сырья прибора «Волна». Параметры различия экспериментальных образцов заключались в использовании различного содержания воды при расчете соотношения относительно плоды земляники садовой / вода. Постоянными параметрами оставались мощность обработки экспериментальных образцов и продолжительность ультразвукового воздействия на образцы. В процессе обработки экспериментальные образцы подвергались анализу данных по показателям: активная кислотность, вязкость и температура в процессе обработки. Проведено обобщение полученных данных в табличном и графическом изображении. Установлены закономерности повышения температуры с изменением периодичности замера в процессе технологической обработки плодового сырья. Представлена модель регрессионной зависимости изменения температуры в процессе обработки сырья в свежем виде. Графически представлены изменения активной кислотности образцов в соответствии с их кодировкой. Исследованы изменения вязкости образцов в процессе обработки образцов, отличия которых в изменении количественного содержания водной фракции. Обобщены данные по показателю «вязкость» в процессе хранения у образцов, прошедших полный процесс технологической обработки.

Ключевые слова: плоды, земляника садовая, плоды свежие, ультразвук, вязкость, активная кислотность, температура, цветовые характеристики.

Для цитирования: Нициевская К. Н., Нечаева В. С. Влияние ультразвукового воздействия на растительное сырьё // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 55–62. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.007.

Original article

THE EFFECT OF ULTRASONIC EXPOSURE ON PLANT RAW MATERIALS

Ksenia N. Nitsievskaya ¹, Vasilina S. Nechaeva ²

^{1, 2} Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia

¹ aksuta88@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7302-106X>

² vasilinatsr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8108-6226>

© Нициевская К. Н., Нечаева В. С., 2021

Abstract. The article presents the literature data on the biochemical composition of strawberry fruits, which are characterized by a high content of pectin substances (up to 1.4 %) and sugars (up to 8.1 %). As objects of research, it was proposed to take samples of fresh garden strawberries. The samples were exposed to an ultra-sound field by using the "Wave" device in the process of processing the growing raw materials. The parameters of the difference between the experimental samples consisted in the use of different water content when calculating the ratio relative to strawberry fruit / water. The processing power of the experimental samples and the duration of ultrasonic exposure to the samples remained constant parameters. During processing, the experimental samples were subjected to data analysis on the indicators-active acidity, viscosity and temperature during processing. The obtained data are summarized in a tabular and graphical image. The laws of temperature increase with a change in the frequency of measurement in the process of technological processing of fruit raw materials are established. A model of the regression dependence of the temperature change during the processing of raw materials in fresh form is presented. The changes in the active acidity of the samples in accordance with their encoding are graphically presented. The changes in the viscosity of samples during the processing of samples, the differences of which are in the change in the quantitative content of the water fraction, are investigated. Generalized data on the indicator "viscosity" in the storage process for samples that have passed the full process of technological processing.

Keywords: fruit, strawberry, fresh fruit, ultrasound, viscosity, active acidity, temperature, color characteristics.

For citation: Nitsievskaya, K. N. & Nechaeva, V. S. (2021). The effect of ultrasonic exposure on plant raw materials. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 55-62. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.007.

ВВЕДЕНИЕ

Земляника (*Fragaria*), род ягодных многолетних травянистых растений семейства розовых. Около 50-ти видов (по другим данным, 20–25) произрастают в Евразии, Америке; в Российской Федерации – 7 видов. В диком виде наиболее распространена Земляника лесная (*Fragaria vesca*). В качестве ягодной культуры в основном выращивают крупноплодную Землянику садовую или ананасную (*Fragaria grandiflora*, *Fragaria ananassa*) [1, 2].

Привлекательный красный цвет ягоде придают ликопин (каротиноидный пигмент), α - и β -каротины. За очаровательный аромат ягоды отвечают эфирные масла, сложные эфиры, спирты. Благодаря гармоничному сочетанию сахаров и кислот, нежной мякоти, легкой усваиваемости питательных веществ ягоды земляники представляют большую

ценность как продукт диетического питания [3]. Земляника – не просто вкусный десерт, каким считают ее многие. На самом деле она очень полезна и важна для нашего рациона, так как насыщает организм необходимыми веществами [4].

Плоды и ягоды как растительные сочные объекты с преобладанием воды в составе не имеют высокой энергетической ценности: 100 г съедобной части дают всего 30–100 ккал [5]. Основным энергетическим материалом в составе служат легкоусвояемые углеводы, преобладающие в сухом веществе (таблица 1) [6].

Энергетическая ценность плодов невысока из-за большого содержания воды, но плодово-ягодные продукты являются сильными химическими регуляторами процесса пищеварения, поскольку влияют на биохимические процессы пищеварения и обмена веществ [1].

Таблица 1 – Углеводный состав плодов, % [6]

Table 1 - Carbohydrate composition of fruits, % [6]

| Вид | Сахара | | Пектиновые вещества | Клетчатка | Аскорбиновая кислота |
|---------------------|---------|----------|---------------------|-----------|----------------------|
| | Всего | Сахароза | | | |
| Земляника садовая | 3,7–8,1 | – | 0,7–1,4 | 4,0 | 20–55 |
| Жимолость съедобная | 4–13,2 | – | 1,64 | – | 40–130 |
| Смородина черная | 7,8–8,8 | 0,3 | 0,5–0,9 | 2,4–3,5 | 47–374 |
| Арония черноплодная | 8,6 | 8,3 | 0,77 | 3,31 | 20,83 |

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЁ

Аскорбиновая кислота обладает антиоксидантными свойствами, способностью препятствовать развитию процессов свободно-радикального окисления, приводящих к негативным последствиям [7]. Витамин С (формы и метаболиты аскорбиновой кислоты) участвует в окислительно-восстановительных реакциях, функционировании иммунной системы, способствует усвоению железа и нормальному кроветворению [8]. Дефицит витамина С в рационе питания приводит к рыхлости и кровоточивости десен, носовым кровотечениям вследствие повышенной проницаемости и ломкости кровеносных капилляров. Установленный уровень физиологической потребности человека в витамине С – 45...110 мг/сут [9].

Большинство плодов и ягод содержат в сопоставимых с потребностями человека количествах лишь один или два витамина. К моновитаминным культурам относятся арония (витамин Р), ирга (Р), малина (Р и редко В 9); к бивитаминным – земляника, смородина черная (С + Р или редко С + Р + В9), цветные смородины (С + Р) [10].

Цель исследования: получение продукции из плодов земляники садовой в свежем виде с использованием ультразвуковой обработки.

Методика исследований. В качестве исследуемого материала были взяты свежие плоды (ягоды) земляники садовой сорта «Даренка» (характеризовались ранним сроком созревания и крупноплодностью, выращенные на территории Новосибирской области, производитель ИП Шубина). Качество плодов оценивали согласно ГОСТ 33953-2016 (калибровка плодов производилась по наибольшему поперечному диаметру с использованием штангенциркуля).

Свежие плоды земляники садовой предварительно не измельчали и не подвергали

мойке, только удаляли чашелистики. В предварительно стерилизованные стеклянные бутылки номинальным объемом 1000 мл помещали свежие плоды и заливали дистиллированной водой в разном соотношении (рисунок 1).

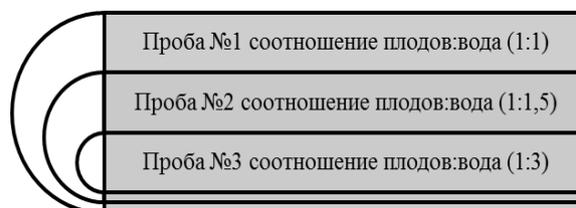


Рисунок 1 – Соотношение рецептурных ингредиентов

Figure 1 - Ratio of recipe ingredients

Кодировка образцов в пробах проводилась согласно продолжительности обработки, мин. (таблица 1).

Проведение эксперимента основывалось на использовании ультразвуковой волны с помощью аппарата УЗТА «Волна», с длиной волны 100 н.метров и продолжительностью воздействия ультразвука от 10 до 30 минут (каждые 10 минут производили измерение температуры экспериментальных образцов продукта и рН).

Измерения активной кислотности проводили на приборе рН-метр с помощью аппарата «Нитрон», принцип работы прибора основан на применении метода прямой потенциометрии, измерение температуры проводили термометром.

Измерение вязкости проводили на вискозиметре серии SV-A, при температуре образцов $t = 20,0 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Схема эксперимента представлена на рисунке 2.

Таблица 2 - Кодировка экспериментальных образцов

Table 2 - Coding of experimental samples

| Показатель | Свежие плоды | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------|----|----|----|----------|----|----|----|----------|----|----|----|
| | Проба №1 | | | | Проба №2 | | | | Проба №3 | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Время воздействия УЗ, мин | б/о* | 10 | 20 | 30 | б/о | 10 | 20 | 30 | б/о | 10 | 20 | 30 |

* Примечание «б/о» – без обработки



Рисунок 2 – Порядок проведения эксперимента

Figure 2 - The order of the experiment

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно порядку проведения эксперимента (рисунок 3), «приемка сырья» включала визуальный анализ плодов земляники садовой в свежем состоянии. У свежих плодов сердцевидная форма, мякоть темно-красная,

плотная, хорошего кисло-сладкого вкуса. Семянки многочисленные, желтоватые, слабо вдавленные в мякоть.

Качество свежих плодов земляники садовой должно соответствовало требованиям и нормам, указанным в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительный анализ свежих плодов земляники садовой согласно нормативной документации

Table 3 - Comparative analysis of fresh fruits of garden strawberries in accordance with regulatory documents

| ГОСТ 33953-2016 (первого сорта) [11] | Земляника садовая сорт «Даренка» |
|--|--|
| <i>Внешний вид</i> | |
| Ягоды с характерными признаками помологического сорта, без следов земли. Допускаются небольшие дефекты при условии, что они не влияют на общий внешний вид, качество, сохраняемость и товарный вид продукта в упаковке: дефект формы, наличие белого пятна размером не более 1/10 поверхности ягоды, легкая поверхностная примятость | Ягоды хорошо сформировавшиеся, не перезревшие, свежие, не мытые, без наличия земли, типичной для помологического сорта формы и окраски, без повреждений. |
| <i>Запах и вкус</i> | |
| Свойственные данному помологическому сорту без постороннего запаха и (или) привкуса | Свойственные данному помологическому сорту без постороннего запаха и (или) привкуса |
| <i>Степень зрелости</i> | |
| Ягоды однородные по степени зрелости | Ягоды однородные по степени зрелости |
| <i>Размер ягод по наибольшему поперечному диаметру, мм, не менее (для потребления в свежем виде и для промышленной переработки)</i> | |
| 18,0 | 20,5 ± 1,0 |
| <i>Степень зрелости: ягоды однородные по степени зрелости (для потребления в свежем виде и для промышленной переработки)</i> | |
| Ягоды однородные по степени зрелости | соответствует НД |
| <i>Наличие ягод загнивших, увядших, заплесневевших, сильно помятых, с излишней внешней влажностью</i> | |
| Не допускается | Не имелось |
| <i>Наличие посторонней примеси</i> | |
| Не допускается | Не имелось |

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЁ

Согласно установленным нормативным требованиям, исходное сырье в виде плодов земляник свежей соответствует требованиям нормативного документа ГОСТ 33953-2016 как продукция первого сорта.

На этапе «подготовка компонентов» у свежих плодов были удалены чашелистики,

исследованы pH дистиллированной воды ($pH = 4,62$) и температура ($t = 25,4$ °C).

Технологическая обработка сырья проводилась согласно методике, описанной в разделе «Материалы и методы». С интервальностью 20 минут проводили измерение температуры и pH образцов, результаты представлены на рисунках 4–6.

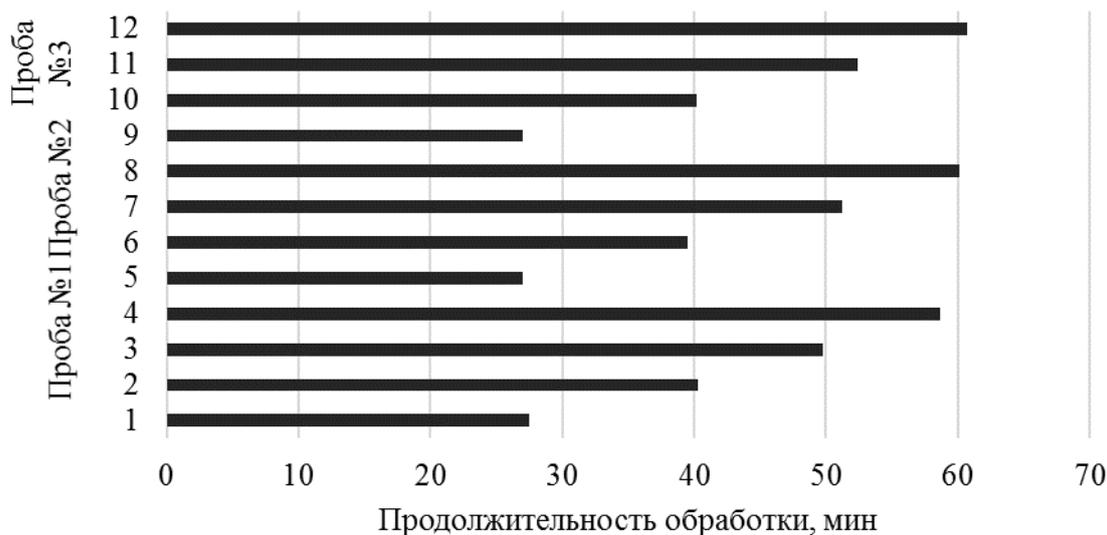


Рисунок 3 – Исследование температуры образцов из свежих плодов земляники садовой в разные временные интервалы, $P \geq 0,95$

Figure 3 - Study of the temperature of samples from fresh fruits of garden strawberries in different time intervals, $P \geq 0.95$

Визуализация данных по экспериментальным образцам обработки свежих плодов земляники садовой по показателю «температура» при различной продолжительности указывает на пропорциональное изменение согласно временному интервалу обработки вывели регрессионную зависимость:

$$y = 1,09x + 28,07 \text{ при } R^2 = 0,98.$$

При сравнении данных по обработке плодов земляники садовой максимальная температура в процессе обработки обнаружена в пробе № 3 образца № 12, который

характеризовался высоким содержанием водной фракции (таблица 3), поэтому можно утверждать, что при увеличении соотношения воды в образцах отмечается нагрев быстрее и интенсивнее по всему объему, увеличение температуры пропорционально времени обработки, так каждые последующие 10 минут обработки увеличивали температуру жидкой части образца на 10 °C.

Во временном интервале 10 минут исследованы изменения показателя pH, данные представлены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Изменения показателя рН в процессе технологической обработки, $P \geq 0,95$

Picture 4 - Changes in pH during technological processing, $P \geq 0.95$

Данные кислотности по экспериментальным образцам указывали на снижение продукции в кислую сторону при увеличении временного интервала, что связано с экстрагированием органических кислот из плодов в объем водной фракции.

Визуальные изменения плодов земляники садовой в свежем виде наблюдали отделение семянок от плодов и нарушение покрова, полного разрушения плодов не обнаружено.

Цветовые характеристики образцов

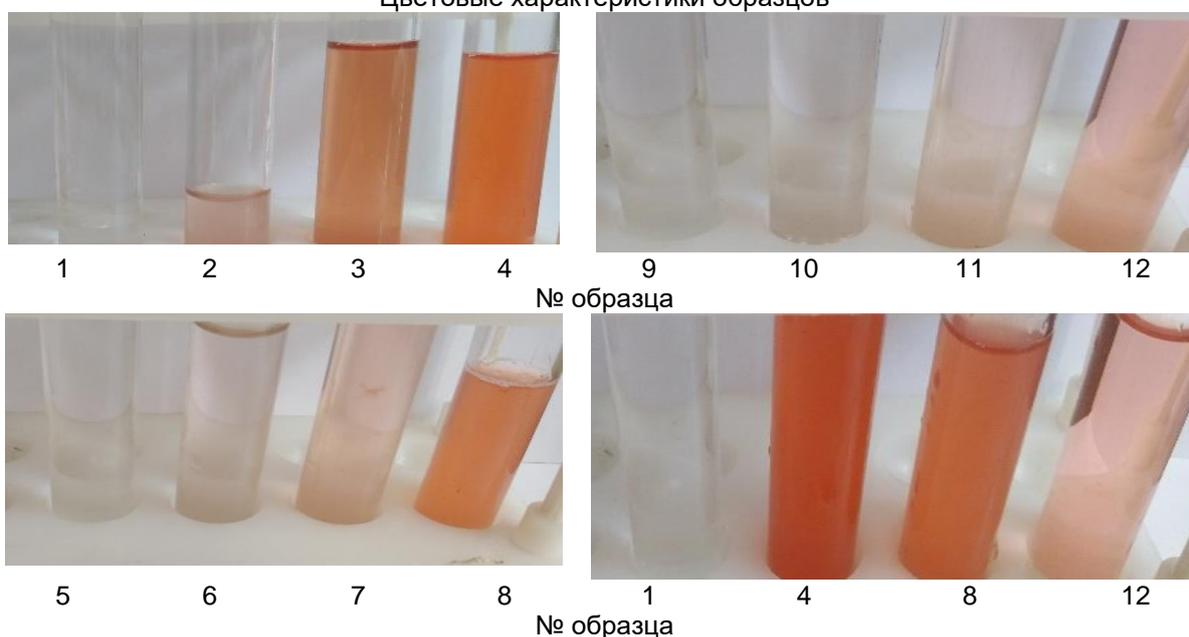


Рисунок 5 – Цветовые характеристики образцов

Figure 5 - Color characteristics of samples

Анализируя данные рисунка 6, установлено, что наибольшая экстракция получена в образцах с наименьшим содержанием водной фракции при продолжительности обработки в течение 30 минут.

В экспериментальных образцах происходило динамическое повышение вязкости экстрактивной фракции с увеличением продолжительности обработки с 10 до 30 минут (рисунок 6).

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЁ

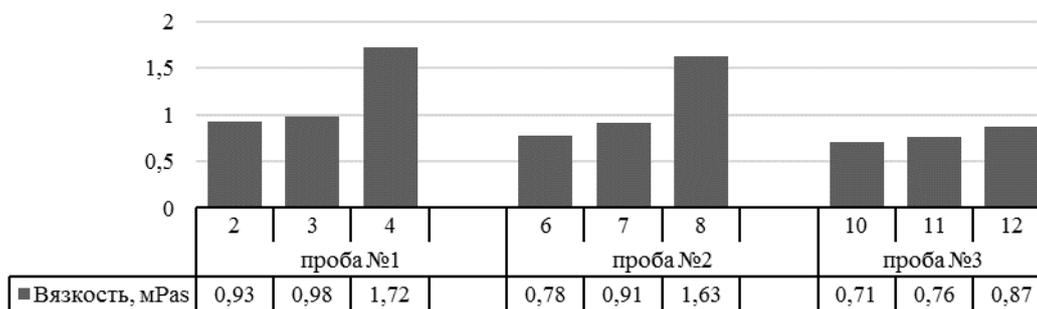


Рисунок 6 – Измерение вязкости водной фракции ($t = 20,0 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$), $\text{mPa} \cdot \text{s}$, ($P \geq 0,95$)

Figure 6 - Measurement of the viscosity of the water fraction ($t = 20.0 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$), $\text{mPa} \cdot \text{s}$, ($P \geq 0.95$)

Динамика при экстракции из плодов земляники садовой в свежем виде объяснялась большим количеством свободной воды в

плодах. В процессе хранения получили следующие количественные данные показателя «вязкость» (рисунок 7).

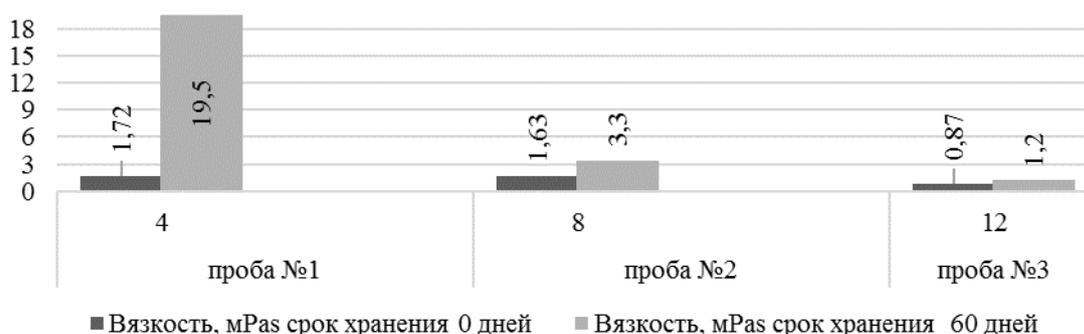


Рисунок 7 – Измерение вязкости водной фракции в процессе хранения ($t = 4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$), $\text{mPa} \cdot \text{s}$, ($P \geq 0,95$)

Figure 7 - Measurement of the viscosity of the water fraction during storage ($t = 4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$), $\text{mPa} \cdot \text{s}$, ($P \geq 0.95$)

В процессе хранения при $t = 4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ наблюдали изменение вязкости водной фракции образцов. При измерении температура образцов была приравнена к первоначальной температуре, используемой при определении вязкости ($t = 20,0 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$). Наблюдали скачкообразную динамику в образце № 4 в 19 раз (с 1,72 до 19,5 $\text{mPa} \cdot \text{s}$), в образце № 8 в 2 раз (с 1,63 до 3,3 $\text{mPa} \cdot \text{s}$).

ВЫВОДЫ

Обработка плодов земляники садовой в свежем виде позволила получить различные вариации продукции по органолептическим и физико-химическим показателям. Установлены зависимости увеличения температуры во временном интервале в разных экспериментальных образцах. При смещении в кислую сторону предполагается снижение микробной обсемененности образцов в процессе обра-

ботки от первоначальных данных, что позволит обеззараживать и экстрагировать одновременно. Полученную основу возможно будет использовать для приготовления желе-ных кондитерских изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нечаев А.П. Пищевая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям: 552400 «Технология продуктов питания» / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова. СПб. : ГИОРД, 2003. 640 с.
2. Никиточкина Т.Д. Земляника // Большая российская энциклопедия. Том 10. [сайт]. URL : <https://bigenc.ru/agriculture/text/2381812#litra> (дата обращения: 04.03.2021).
3. Kalt W. 2001. Health functional phytochemicals of fruit. Horticultural Reviews. № 27. С. 269–315.
4. Акимов М.Ю., Макаров В.Н., Жбанова Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веще-

ствами // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 56–60.

5. Sturm K., Koron D., Stampar F. 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending upon maturity stage. *Food Chemistry* 83 : 417–422.

6. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений. Качество и безопасность. Новосибирск : Изд-во Сиб. ун-та, 2007. 214 с.

7. Prior RL, Cao G. 2000. Antioxidant phytochemicals in fruit and vegetables: diet and health implications. *HortScience*. № 35. С. 588–592.

8. Bojarska Ju.E., Zadernowski R., Czaplicki S. Ellagic acid content in fruits of selected strawberry cultivars. *Polish Journal of Natural Science*. 2011. № 26 (2). С. 171–177.

9. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

10. Kris-Etherton P.M., Hecker K.D., Bonanome A., Coval S.M., Binkoski A.E., Hilpert K.F. [et al.] 2002. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine* 113 : 71S–88S.

11. ГОСТ 33953-2016. Земляника свежая. Технические условия : введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2016 г. № 1851-ст : дата введения 2017-07-01. Москва : Изд-во стандартов, 2017. 18 с.

Информация об авторах

К. Н. Нициевская – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук.

В. С. Нечаева – младший научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук.

REFERENCES

1. Nechaev, A.P., Traubenberg, S.E. & Kochetkova, A.A. (2003). *Cibum chemiae: artem enim*

university alumni studendo in partes: 552400 "Technology cibum products". SPb. : GIORD. (In Russ.).

2. Nikitochkina, T.D. (2008). *Zemlyanika. Bolshaya rossiyskaya enciklopediya*. Retrieved from <https://bigenc.ru/agriculture/text/2381812#litra>. (In Russ.).

3. Kalt, W. (2001). Saludem eget phytochemicals fructus. *Horticultural Reviews*, (27), 269-315.

4. Akimov, M.Yu., Makarov, V.N. & Zhbanova, E.V. (2019). The role of fruits and berries in providing humans with vital biologically active substances. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 33(2), 56-60. (In Russ.).

5. Sturm, K., Koron, D. & Stampar, F. (2003). Compositionem fructus diversis fragum varietates secundum maturitatis tempus. *Cibum Chemiae*, (83), 417-422.

6. Examen silvestris fructus, bacas et herbaceum plantis. Qualitas et saludem. (2007) Novosibirsk : Sib Libellorum Domus. un-ta. (In Russ.).

7. Prior, RL & Cao, G. (2000). Antioxidant phytochemicals in fructus et legumina: victu et sanitas se habet. *Hort Science*, (35), 588-592.

8. Bojarska, Ju.E., Zadernowsk, R. & Czaplicki, S. (2011). Ellagic acid content in fruits of selected strawberry cultivars. *Polish Journal of Natural Science*, 26(2), 171-177.

9. Normas physiologica indiget in virtute, et cibus substantiis pro diversis coetibus populi in Russian Foederatio. Applicando commendation : МР 2.3.1.2432-08. (2009). Moscow: Foederati Centrum enim Munditia et Epidemiology de Rospotrebnadzor. (In Russ.).

10. Kris-Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E. & Etherton, T.D. (2002). Bioactive componit in cibus: eorum munus, ne cardiovasculares morbo et cancer. *American Journal of Medicine*, (113), 71-88.

11. Fresh strawberries. Specifications. (2017). *HOST 33953-2016 from 01 Jul 2017*. Moscow : Standards Publishing House. (In Russ.).

Information about the authors

K. N. Nitsievskaya – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher at the Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences.

V. S. Nechaeva – junior researcher at the Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 21.04.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was received by the editorial board on 21 Apr 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья

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

УДК 664.681

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.008

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БРОККОЛИ, ОТВАРЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

Надежда Викторовна Макарова¹, Марианна Сергеевна Воронина²,
Алена Николаевна Гуляева³, Александр Анатольевич Албина⁴,
Игорь Андреевич Бесчастнов⁵, Дарья Юрьевна Золотухина⁶

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

¹ fpp@samgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4282-5989>

² marianna419@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1537-6751>

³ nikol163@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3299-1470>

⁴ fpp@samgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6298-8734>

⁵ fpp@samgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0789-1550>

⁶ fpp@samgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3683-9839>

Аннотация. Было исследовано влияние восьми видов сред для приготовления брокколи на органолептические и физико-химические показатели качества. Целью этого исследования было получить представление о влиянии среды варки на вкус, цвет, консистенцию, а также на содержание сухих веществ и титруемую кислотность брокколи. Сухие вещества определяли по ГОСТ 33977-2016, титруемую кислотность – по ГОСТ ISO 750-2013. Результаты показывают, что не все среды пригодны для варки брокколи. Самыми оптимальными являются вода без добавок и минеральная вода Эссентуки. Также среда оказывает влияние на содержание сухих веществ, так в опытах было доказано, что максимальное количество сухих веществ сохраняется в средах безалкогольный газированный напиток Миринда, вода с сахаром, соленая вода и вода с лимонной кислотой. Кислотность наибольшая в воде с лимонной кислотой. Обладая этими знаниями, можно сделать вывод, получится ли улучшить показатели качества брокколи с помощью среды приготовления без ухудшения сенсорного восприятия и без потерь сухих веществ.

Ключевые слова: брокколи, варка, лимонад, кислотность, сухие вещества, соль, цвет.

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

Для цитирования: Изучение физико-химических и органолептических свойств брокколи, отваренной в различных средах / Н. В. Макарова [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 63–66. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.008.

Original article

STUDY OF THE PHYSICOCHEMICAL AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF BROCCOLI, BOILED IN VARIOUS ENVIRONMENTS

Nadezhda V. Makarova¹, Marianna S. Voronina², Alena N. Gulyaeva³,
Alexander A. Albina⁴, Igor A. Beschastnov⁵, Daria Yu. Zolotukhina⁶

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

© Макарова Н. В., Воронина М. С., Гуляева А. Н., Албина А. А., Бесчастнов И. А., Золотухина Д. Ю., 2021

¹ fpp@samgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4282-5989>

² marianna419@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1537-6751>

³ nikol163@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3299-1470>

⁴ fpp@samgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6298-8734>

⁵ fpp@samgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0789-1550>

⁶ fpp@samgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3683-9839>

Abstract. *The influence of eight types of broccoli preparation media on organoleptic and physico-chemical parameters of broccoli quality was investigated. The aim of this study was to gain an understanding of the influence of the cooking medium on taste, color, consistency, as well as on the solids content and titratable acidity of broccoli. Dry substances were determined according to GOST 33977-2016, titratable acidity - according to GOST ISO 750-2013. The results indicate that not all media are suitable for boiling broccoli. The most optimal are water without additives and Essentuki mineral water. Also, the environment affects the dry matter content, so in experiments it was proved that the maximum amount of dry matter is preserved in the following media: Mirinda non-alcoholic carbonated drink, water with sugar, salt water and water with citric acid. The acidity is greatest in water with citric acid. With this knowledge, it can be concluded whether broccoli quality performance can be improved by using a cooking medium without impairing sensory perception and without loss of dry matter.*

Keywords: *broccoli, cooking, lemonade, acidity, solids, salt, color.*

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

For citation: Makarova, N. V., Voronina, M. S., Gulyaeva, A. N., Albina, A. A., Beschastnov, I. A. & Zolotukhina, D. Yu. (2021). Study of the physicochemical and organoleptic properties of broccoli, boiled in various environments. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 63-66. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.008.

ВВЕДЕНИЕ

Брокколи содержит большое количество витаминов, антиоксидантов и антиканцерогенных соединений и описывается как овощ с высокой питательной ценностью. Глюкозинолаты, разнообразный класс вторичных метаболитов, содержащих серу и азот, преобладает в овощах капусты, включая брокколи. В последние годы к этим соединениям возобновился интерес из-за химиозащитных свойств их основных продуктов гидролиза, изотиоцианатов. Глюкозинолаты химически стабильны до тех пор, пока они не вступят в контакт с ферментом деградации мирозиназой (β -тиоглюкозид глюкогидролаза), который хранится в различных частях растительных клеток. При повреждении тканей растения мирозиназа быстро гидролизует глюкозинолаты до глюкозы и других нестабильных промежуточных продуктов, которые спонтанно перестраиваются в различные биологически активные продукты, включая изотиоцианаты, тиоцианаты, эпитионитрилы или нитрилы, в зависимости от химических условий [1]. Продукты гидролиза сильно различаются в зависимости от уровня и активности мирозиназы, присутствия специфического белка, например, белка-эпитиоспецификатора, и условий гидролиза, например, pH, ионов металлов и

температуры, и они могут зависеть от вида, сорта и времени приготовления.

Большинство овощей перед употреблением обычно готовят. Известно, что приготовление пищи вызывает значительные изменения химического состава, влияющие на биодоступность и содержание химиопротективных соединений в овощах. Методы приготовления влияют на содержание в брокколи питательных и полезных для здоровья соединений: витамина С, каротиноидов, полифенолов и глюкозинолатов [2]. Такие методы приготовления, как кипячение и разогревание в микроволновой печи, использованные в этих исследованиях, основывались на диетических привычках западного общества. Напротив, жарка с перемешиванием и жарка с перемешиванием и последующим кипячением (жарка с перемешиванием / кипячение) используются для приготовления большинства домашних блюд в Китае [3]. Данные о влиянии различных пищевых средств для варки на питательные свойства брокколи все еще мало изучены. Необходим более комплексный анализ изменения свойств брокколи, чтобы получить представление о влиянии нетрадиционных способов варки брокколи. Цель этого исследования – изучить влияние различных сред для варки брокколи на органолептические и физико-химические показатели качества.

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БРОККОЛИ, ОТВАРЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

МЕТОДЫ

Для анализа физико-химических свойств брокколи, сваренной в различных средах, были проанализированы на сухие вещества, титруемую кислотность.

Сухие вещества определяли по ГОСТ 33977-2016[4]. Навеску 5 г, взвешенную с погрешностью $\pm 0,001$ г, помещали в предварительно подготовленные бюксы и сушили в сушильном шкафу с принудительной вентиляцией 2 часа при температуре 105 °С. Затем охлаждали 20 мин в эксикаторе и взвешивали.

Титруемую кислотность устанавливали

по ГОСТ ISO 750-2013[5]. 25 мл фильтрата перенесли количественно в мерную колбу. Довели до метки водой и перемешали. В стакан с мешалкой внесли пробу объемом 25 мл и титровали гидроокисью натрия до изменения pH до $8,1 \pm 0,2$ ед. pH.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ органолептического анализа представлен в таблице 1.

Физико-химические показатели качества приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Органолептические показатели качества брокколи, сваренной в различных средах

Table 1 - Organoleptic indicators of the quality of broccoli cooked in various environments

| Наименование параметра | Вода без добавок | Соленая вода (5 % соли) | Вода, содержащая 5 % лимонной кислоты | Вода с сахаром (5% сахара) | Минеральная вода Нарзан | Минеральная вода Ессентуки | Напиток Миринда | Напиток Золотой ключик |
|------------------------|---|---|--|-----------------------------|-------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Вкус | Приятный, соответствует брокколи | Соленый | Кислый | Сладкий | Пресный | Сладкий без ярко выраженных оттенков, приятный | Кислый, сильный привкус подсластителя | Кислый, сильный привкус подсластителя |
| Цвет | Зеленый | Зеленый | Болотно-зеленый | Насыщенный зеленый | Зеленый | Ярко-зеленый | Болотно-зеленый | Болотно-зеленый |
| Запах | Без посторонних запахов, соответствует брокколи | Без посторонних запахов, соответствует брокколи | Неприятный кислый | Без ярко выраженного запаха | Кислый | Без посторонних запахов, соответствует брокколи | Кислый | Кислый |
| Консистенция | Брокколи сохранила форму, хорошо проварена, однородно | Брокколи сохранила форму, хорошо проварена, однородно | Сильно разваренная, не сохранила структуру | Хорошо сваренная | Хорошо сваренная | Мягкая, однородно проварена | Хорошо сваренная | Хорошо сваренная |

Таблица 2 – Физико-химические показатели качества брокколи, сваренной в различных средах

Table 2 - Physicochemical indicators of the quality of broccoli cooked in various environments

| Наименование параметра | Вода без добавок | Соленая вода (5% соли) | Вода, содержащая 5% лимонной кислоты | Вода с сахаром (5% сахара) | Минеральная вода Нарзан | Минеральная вода Ессентуки | Напиток Миринда | Напиток Золотой ключик |
|--|------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|------------------------|
| Сухие вещества | 1 | 7,5 | 7,1 | 8 | 0,3 | 1,1 | 9,8 | 0,6 |
| Кислотность отвара (количество NaOH) | 0,05 | 0,5 | 3,5 | 0,1 | 0 | 0 | 1,2 | 1,2 |
| Кислотность гомогенизированной смеси (количество NaOH) | 0,03 | 0,04 | 1,6 | 0,105 | 0 | 0,01 | 1,3 | 1,4 |

ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из вышеизложенных результатов эксперимента, очевидно, что по вкусовым харак-

теристикам брокколи, сваренная в воде без добавок, имеет самый приятный вкус. Цвет сохраняется в воде, соленой воде, в минеральной

воде Нарзан и Эссенуки. Кислый запах присутствует в среде с лимонной кислотой, минеральной воде Нарзан, в газированных безалкогольных напитках Золотой ключик и Миринда. По общим органолептическим показателям среды вода без добавок и минеральная вода Эссенуки являются самыми оптимальными для сохранения этих показателей.

По физико-химическим показателям максимальное количество сухих веществ сохраняется в средах: безалкогольный напиток Миринда, вода с сахаром, соленая вода и вода с лимонной кислотой. Кислотность наибольшая в воде с лимонной кислотой.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ / ВЫВОДЫ

Текущее исследование ясно показывает, что варка в различных средах влияет на питательные и полезные для здоровья соединения в брокколи. Все виды сред влияют как на органолептические, так и на физико-химические показатели качества.

Чтобы максимально сохранить пищевую ценность на высоком уровне, можно варить брокколи не только в обычной воде, но и в минеральной Эссенуки, которая также сохранит цвет, вкус, аромат овоща.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Akhlaghi, M. & Bandy, B. (2010). Dietary broccoli sprouts protect against myocardial oxidative damage and cell death during ischemia-reperfusion. *Plant Foods Hum Nutr*, (65), 193-199.
2. Cox, D.N., Melo, L., Zabaras, D. & Delahunty, C.M. (2012). Acceptance of health-promoting brassica vegetables: the influence of taste perception, information and attitudes. *Public Health Nutr*, (15), 1474-1482.
3. Danowska-Oziewicz, M., Narwojsz, A., Draszanowska, A. & Marat, N. (2019). The effects of cooking method on selected quality traits of broccoli and green asparagus. *Food Science+Technology*, (55), 127-135. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14269>.
4. Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ (2018). ГОСТ 33977-2016 введен 01.01.2018. – Москва : Изд-во стандартов. – 12 с.
5. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности (2015). ГОСТ ISO 750-2013 введен 01.07.2015. Москва : Изд-во стандартов.

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

Статья поступила в редакцию 30.04.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 27.05.2021.

The article was received by the editorial board on 30 Apr 21; approved after reviewing on 12 May 21; accepted for publication on 27 May 21.

Информация об авторах

Н. В. Макарова – д.х.н., профессор, зав. кафедры «Технология и организация общественного питания», Самарский государственный технический университет.

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.

А. А. Албина – студент кафедры «Технология и организация общественного питания», Самарский государственный технический университет.

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

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

Information about the authors

N. V. Makarova – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head. Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University.

M. S. Voronina – Ph.D. Department of 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.

A. A. Albina – student of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University.

I. A. Beschastnov – student of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University.

D. Yu. Zolotukhina – student of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University.



Научная статья
05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)
УДК 663.252
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.009

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР КУПАЖНЫХ СТОЛОВЫХ ВИН ТИПА «АЛТЫН-КЕЛЬ» ИЗ ПЛОДОВ И ЯГОД АЛТАЙСКОГО АССОРТИМЕНТА

Наталья Кирилловна Шелковская¹, Владимир Анатольевич Вагнер²,
Инна Борисовна Дворяткина³

¹ ФГБНУ ФАНЦА Отдел «НИИСС им. М.А. Лисавенко», Барнаул, Россия
shelk49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1335-1718>

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

² v.a.wagner@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1255-6607>

³ inna_11_96@mail.ru

Аннотация. Проведены исследования возможности приготовления купажных вин столового типа из плодов и ягод алтайского сортимента. Работа представляет актуальность и новизну для внедрения в промышленное производство завода «Кахети» г. Томск. Виноматериалы готовили методом микровиноделия полным сбраживанием нативного и внешнего сахара без добавления спирта. Плодовые соки отличались сравнительно высоким накоплением сахаров 9,5–13,2 г/100 г. В ягодных – 7,6–8,8 г/100 г. Максимальное количество органических кислот отмечено в соках смородины красной и черной 20,8–28,8 г/дм³. Содержание полифенольных веществ – 2084–4959 мг/дм³, что указывает на высокое качество сырья. К окончанию брожения сахар насухо выброжен во всех виноматериалах (0,36–0,59 г/100 г). Наброд спирта – 10,9–12,8% об. Титруемая кислотность понизилась, вследствие яблочно-молочнокислого брожения. Накопление летучих кислот – 0,46–0,63 г/дм³. В результате окислительных процессов снизилось содержание полифенолов с 2084–4959 – в соках, до 1689–4050 мг/дм³ – в виноматериалах. Во время длительной выдержки в виноматериалах, при соблюдении требуемых условий, произошли небольшие изменения, не повлиявшие на их качество. Виноматериалы со сверхнормативной кислотностью подвергали кислотопонижению мелованием до нормируемых требований. Купажирование плодовых виноматериалов проводили с ягодными сброженными соками. На основании высшей дегустационной оценки отобраны оптимальные купажи. Плодовые купажные вина столового типа имели мягкий вкус, гармоничный аромат и букет. Доказано, что по основным физико-химическим показателям и органолептическим качествам полученные вина соответствуют ГОСТ 52836-2007 «Вина плодовые столовые и виноматериалы плодовые столовые. Общие технические условия».

Ключевые слова: соки, виноматериалы из сырья сибирского сортимента, активные сухие дрожжи, брожение по белому и красному способу, купажные столовые вина.

Для цитирования: Шелковская Н. К., Вагнер В. А., Дворяткина И. Б. Разработка рецептур купажных столовых вин типа «Алтын-Кель» из плодов и ягод алтайского сортимента // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 67–74. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.009.

Original article

DEVELOPMENT OF RECIPES FOR BLENDED TABLE WINES OF "ALTYN-KOL" TYPE FROM FRUITS AND BERRIES OF ALTAI ASSORTMENT

Natalya K. Shelkovskaya¹, Vladimir A. Vagner², Inna B. Dvoryatkina³

¹ The Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia, Barnaul, Russia
shelk49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1335-1718>

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

² v.a.wagner@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1255-6607>

³ inna_11_96@mail.ru

Abstract. Research has been carried out on the possibility of preparing table-type blended wines from fruits and berries of Altai assortment. The paper presents the relevance and novelty for the implementation into industrial production of the plant "Kakheti", Tomsk. Wine materials were prepared by the micro-winemaking method by complete fermentation of native and added sugar without alcohol. Fruit juices were characterized by a relatively high accumulation of sugars 9.5-13.2 g/100g. For berries – 7.6-8.8 g/100g. The maximum amount of organic acids was noted in juices of red and black currants 20.8-28.8 g/dm³. The content of polyphenolic substances is 2084-4959 mg/dm³ indicating the high quality of raw materials. By the end of fermentation, sugar is dryly fermented in all wine materials (0.36-0.59 g/100 g). Fermented alcohol – 10.9-12.8 % vol. The titrable acidity has decreased due to malolactic fermentation. Accumulated volatile acids – 0.46-0.63 g/dm³. As a result of oxidative processes, the content of polyphenols decreased from 2084-4959 in juices and to 1689-4050 mg/dm³ in wine materials. During long-term aging under required conditions, there were small changes in wine materials that did not affect their quality. Wine materials with excess acidity were subjected to acid reduction by coating to the standard requirements. Blending of fruit wine materials was carried out with fermented berry juices. Optimal blends were selected based on the highest tasting mark. Table type fruit blended wines had a mild taste, harmonious aroma and bouquet. It has been proved that obtained wines correspond to GOST 52836-2007 "Table fruit wines and fruit table wine materials. General technical conditions" in terms of basic physical and chemical parameters and organoleptic qualities.

Key words: juices, wine materials from raw materials of Siberian assortment, active dry yeast, white and red fermentation, blended table wines.

For citation: Shelkovskaya, N.K., Vagner, V.A. & Dvoryatkina, I.B. (2021). Development of recipes for blended table wines of "Altyn-Kol" type from fruits and berries of Altai assortment. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 67-74. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.009.

ВВЕДЕНИЕ

Среди многочисленных видов и сортов винодельческой продукции на российском рынке, в т. ч. и алтайском, достойное место занимают столовые виноградные вина не только зарубежного, но и отечественного производства. Плодовые вина, а это в основном крепкие и крепленые, представлены иностранными производителями. В то же время выпуск слабоалкогольных плодовых вин в России и на Алтае имеет большое народно-хозяйственное значение как для рационального использования урожаев плодовых и ягодных растений, так и для расширения ассортимента легких вин.

Плодовые вина столового типа отличаются от вин крепких и крепленых мягкостью, бархатистостью, слаженным букетом, вкусом и высоким содержанием глицерина [1]. Плодовое и ягодное сырье алтайского ассортимента по своему физико-химическому составу и органолептическим показателям выгодно отличается от плодов европейской зоны России повышенным содержанием углеводов, полифенольных, азотистых соединений, витаминов и других биологически активных веществ [2].

Одним из важнейших направлений развития винодельческой промышленности России из кризиса и адаптации ее к условиям рынка, по мнению специалистов, должна стать политика рационального использования

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР КУПАЖНЫХ СТОЛОВЫХ ВИН ТИПА «АЛТЫН-КЕЛЬ» ИЗ ПЛОДОВ И ЯГОД АЛТАЙСКОГО АССОРТИМЕНТА

местного сырья, а также расширение ассортимента и объемов производства плодовых вин, что особенно целесообразно и актуально для Алтайского края. Кроме экономического преимущества выпуска плодовых вин, следует отметить пользу их потребления в умеренных количествах, потому как разработанные способы приготовления предусматривают максимальное сохранение вкусовой и питательной ценности используемого сырья.

В 60–70-е годы прошлого столетия в Сибири, Алтайском крае, Барнауле было популярно и востребовано вино облепиховое «Алтын-Кель», автором и разработчиком которого являлся Суртаев В. И. – технолог винодел совхоз-завода «Подгорный». Из источников, близких автору вина, стало известно, что в состав его помимо облепихового виноматериала входили яблочный и красносмородиновые сброженные соки. Десертное вино «Алтын-Кель» – крепленое, с содержанием спирта 16,0 % об., сладкое – 160 г/дм³. Вино не было запатентовано, секрет рецептуры не сохранился.

В своей работе мы пытались создать вино по типу «Алтын-Кель», но не крепленое, а столовое, полусладкое на основе не только яблочных, облепиховых, красносмородиновых, но и грушевых, черносмородиновых сброженных соков. Данные исследования представляют большой интерес для внедрения в промышленное производство, в частности завода «Кахети» г. Томск.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в лаборатории индустриальных технологий ФГБНУ ФАНЦА отдела «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко» в 2015–2017 гг.

Объекты исследований: плодовые и ягодные соки, виноматериалы и купажные вина столового типа. Виноматериалы и вина из плодов и ягод готовили согласно «Основным правилам, технологическим инструкциям и нормативным материалам по производству винодельческой продукции» [3]. Физико-химический контроль процесса брожения проводили по уменьшению содержания сахара и накоплению спирта [4], микробиологический – по состоянию дрожжевых клеток [5]. После выдержки виноматериалы стабилизировали оклейкой бентонитом в сочетании с желатином [6], затем фильтровали и разливали горячим способом в стерильные бутылки. Физико-химические исследования соков,

виноматериалов и купажных вин столового типа – по ГОСТ: ISO750; 24556; 26188; 28562; 32001; Р 51620. Общее содержание полифенолов с реактивом Фолина–Чокальтеу [7]. Анализы проведены в 2-х кратной повторности. Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову [8].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: создание новых купажных вин столового типа, обладающих высокой биологической ценностью, функциональной направленностью и оптимальными органолептическими свойствами.

Научная работа представляет новизну и актуальность, т. к. нет рецептур на легкие столовые вина из плодового сырья алтайского сырья, обладающих более высокой пищевой и биологической ценностью по сравнению с креплеными и крепкими напитками.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Перед дроблением яблоки, груши замачивали в растворе метабисульфита калия для предотвращения окислительных процессов и подавления дикой микрофлоры. Первичное сбраживание плодовых неокисленных соков осуществлено по белому способу на активных сухих дрожжах (АСД) расы Франс суперстарт из расчёта 1–2 г/дал [9]. В отличие от виноградного виноделия, при производстве плодовых виноматериалов вводили недостающее количество сахара по расчету, чтобы обеспечить естественную крепость не менее 8,5 и не более 15,0 % об., учитывая исходное содержание сахара в соках.

Использованию плодов облепихи в виноделии препятствует не только сверхнормативная кислотность большинства сортов, но и высокое содержание нативного масла.

В классическую технологию переработки облепихи нами включён этап центрифугирования облепихового сока после его отделения от всплывшей мезги (шапки) на поверхность бродящего сула (рисунок 1).

Мезгу направляют на выделение масла диффузионным способом, а сок – на центрифугирование, в результате которого происходит разделение облепихового сока на две фракции: *I* – концентрированное облепиховое масло и *II* – обезжиренный сок. Сок *II* фракции подвергают кислотопонижению (при необходимости) или купажированию с плодовыми малоокислотными соками и далее на производство облепихового сортового или купажного вина [10].

Ягодные соки большинства алтайских сортов обладают сверхнормативной кислот-

ностью, что является главным препятствием их использования в производстве натуральных вин.

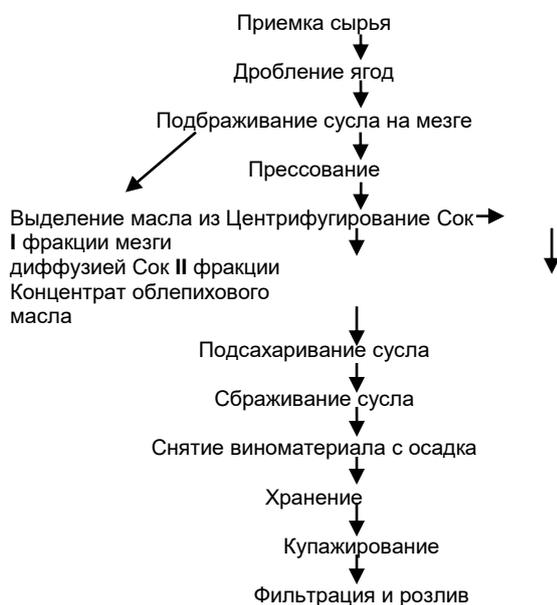


Рисунок 1 – Технологическая схема производства облепиховых виноматериалов

Figure 1 - Technological scheme production of sea buckthorn wine materials

Вино с высоким содержанием кислот будет резким, грубым, негармоничным, вследствие чего мы использовали диффузионные ягодные соки, т. е. соки I и II фракции. Сырьё (ягоды) измельчали на машине Термомикс, в результате получали достаточно однородную мезгу с хорошими дренажными свойствами и небольшой степенью её окисления. Подбраживание мезги черной и красной смородины проводили методом микровиноделия по красному способу (рисунок 2).

В течение 4–5 дней проводили тщательное погружение «шапки» мезги в сусло 3–4 раза в сутки для максимального извлечения из неё экстрактивных, красящих веществ и других биологически активных соединений и предупреждения уксусного скисания. На 5–6 день сусло сливали с мезги в подготовленные ёмкости, мезгу тщательно отжимали на прессе и заливали горячей водой 60–70 °С для ферментации, в соотношении 1:1. Остывшую мезгу повторно прессовали и объединяли I и II фракции сусла, задавали расчётное количество сахара, чтобы накопление спирта соответствовало кондиционной крепости вина для столовых вин.



Рисунок 2 – Технологическая схема производства ягодных виноматериалов

Figure 2 - Technological scheme production of berry wine materials

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Массовая концентрация общего сахара в плодовых соках 9,5–13,2 г/100 г, растворимые сухие вещества (РСВ) – 13,5–14,2 % (таблица 1). В ягодных – 7,6–8,8 г/100 г, РСВ – 9,1–11,8 %. Титруемая кислотность высокая во всех соках – 13,1–29,2 г/дм³. Значение pH коррелирует с титруемой кислотностью (2,71–3,25 единиц). Содержание полифенолов – 2084–4959 мг/дм³, что указывает на высокое качество сырья. Витамин С в яблочном и грушевом соке невысокий – 3,47–6,93 мг/100 г, значительно выше в ягодных – 25,4–107,1 мг/100 г.

К окончанию брожения сахар практически насухо выброжен (0,36–0,59 %). Наброд спирта 10,9–12,8 % об., что соответствует требованиям ГОСТ для столовых вин. Титруемая кислотность понизилась, т. к. наряду со спиртовым брожением прошло яблочно-молочнокислое. Накопление летучих кислот в пределах ПДК – 0,46–0,63 г/дм³. В результате окислительных процессов в период брожения произошло уменьшение суммы полифенолов с 2084–4959 – в соках до 1689–4050 мг/дм³ – в виноматериалах. Остаточное содержание витамина С в плодовых сброженных соках минимальное – 0,27–0,34 мг/100 г, в ягодных значительно выше: в красно-смородиновом – 5,65; облепиховом – 4,51; черносмородиновом – 57,40 мг/100 г.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР КУПАЖНЫХ СТОЛОВЫХ ВИН ТИПА «АЛТЫН-КЕЛЬ» ИЗ ПЛОДОВ И ЯГОД АЛТАЙСКОГО АССОРТИМЕНТА

В виноматериалах при хранении в течение 6 месяцев при соблюдении всех требуемых условий произошли небольшие изменения, не повлиявшие на их качество. Накопление летучих кислот сравнительно небольшое, суммарное их содержание в пределах 0,59–0,72 г/дм³, при ПДК не более 1,20 г/дм³. Сумма полифенолов уменьшилась на 45–70 мг/дм³,

за счет окислительных процессов, но находится на очень высоком уровне. Приведенный экстракт высокий – 25,4–32,6 г/дм³, что указывает на хорошее качество. Виноматериалы во вкусе и аромате отражают свойства сортового плодового и ягодного сырья без постороннего привкуса (таблица 2).

Таблица 1 – Физико-химические показатели плодовых и ягодных соков урожая 2017–2018 гг.

Table 1 - Physicochemical indicators of fruit and berry juices of the 2017-2018 harvest

| Сок (культура, сорт) | РСВ % | Общий сахар, г/100 г | Титруемая кислотность, г/дм ³ | СКИ (ед.) | pH (ед.) | Сумма полифенолов, мг/дм ³ | Витамин С, мг/100г |
|---------------------------------|-------|----------------------|--|-----------|----------|---------------------------------------|--------------------|
| Яблоня Жебровское | 14,2 | 13,2 | 13,1 | 10,08 | 3,25 | 2084 | 6,93 |
| Груша Сибирячка | 13,5 | 9,5 | 15,5 | 6,23 | 3,08 | 2393 | 3,47 |
| Смородина черная Лама | 10,2 | 8,8 | 29,2 | 3,01 | 2,71 | 4959 | 107,1 |
| Смородина красная Красный крест | 9,1 | 7,6 | 20,8 | 3,65 | 2,87 | 2904 | 28,7 |
| Облепиха Алтайская | 11,8 | 8,8 | 14,3 | 6,15 | 2,98 | 3828 | 25,4 |

* *Примечание: РСВ – растворимые сухие вещества; СКИ – сахарокислотный индекс; ед – единица*

Таблица 2 – Биохимический состав свежеприготовленных виноматериалов

Table 2-Biochemical composition of freshly prepared wine materials

| Вино-материал, культура, сорт | Сахар остаточный, % | Титруемая кислотность, г/дм ³ | pH, (ед.) | Сумма полифенолов, мг/дм ³ | Приведенный экстракт, г/дм ³ | Спирт, % об. | Летучие кислоты, г/дм ³ | Витамин С, г/100г |
|---------------------------------|---------------------|--|-----------|---------------------------------------|---|--------------|------------------------------------|-------------------|
| Яблоня Жебровское | 0,44 | 10,7 | 3,39 | 1689 | 25,4 | 11,5 | 0,59 | 0,34 |
| Груша Сибирячка | 0,51 | 12,1 | 3,30 | 2179 | 28,0 | 10,9 | 0,46 | 0,27 |
| Смородина черная Лама | 0,59 | 26,1 | 3,06 | 4050 | 32,6 | 12,8 | 0,59 | 57,40 |
| Смородина красная Красный крест | 0,36 | 16,9 | 3,12 | 2567 | 25,8 | 11,7 | 0,63 | 5,65 |
| Облепиха Алтайская | 0,45 | 12,8 | 3,32 | 3568 | 29,6 | 12,0 | 0,53 | 4,51 |

После длительной (6 мес.) выдержки все виноматериалы подвергали кислотопонижению мелованием до нормируемых требований 7–8 г/дм³, фильтровали и проводили купажи-рование плодовых виноматериалов с ягодными сброженными соками в следующих соотношениях: 70 : 25 : 5; 60 : 30 : 10; 60 : 20 : 20; 60 : 10 : 30. В таблице 3 представ-

лены результаты пробного купажи-рования плодовых виноматериалов: яблочного сорта Жебровское и груши сорта Сибирячка (основа) с ягодными сброженными соками: облепиховый сорта Алтайская, красно-смородиновый сорта Красный крест, черносмородиновый сорта Лама (вводимые). Дегустационная оценка пробных купажей проведена по 8-

балльной шкале. По максимальной дегустационной оценке 8,0 баллов из четырех вариантов пробного купажа № 1 отобран 3-й в процентном соотношении виноматериалов: яблочный 60; облепиховый 20; красно-смородиновый 20. В купаже № 2 также по максимальной оценке 8,0 баллов отобран 2-й вариант в процентном соотношении виноматериалов: яблочный 60; облепиховый 30; черносмородиновый 10. В купаже № 3 по

максимальной дегустационной оценке 7,9 балла отобран 3-й вариант в процентном соотношении виноматериалов: яблочный 60; облепиховый 20; красно-смородиновый 20. В четвертом купаже по максимальной оценке 8,0 баллов отобран 3-й вариант в процентном соотношении виноматериалов: яблочный 60; облепиховый 20; черносмородиновый 20 баллов.

Таблица 3 – Состав, процентное соотношение, дегустационная оценка пробных купажей

Table 3 - Composition, percentage, tasting evaluation of trial blends

| Варианты | Виноматериалы (сорт) – процентные соотношения | | | Дегустационная оценка (балл) |
|------------------|---|--|--|------------------------------|
| | Яблочный (основа) <i>Жебровское</i> | Облепиховый (вводимый) <i>Алтайская</i> | Красно-смородиновый (вводимый) <i>Красный крест</i> | |
| Купаж № 1 | | | | |
| 1 | 70 | 25 | 5 | 7,6 |
| 2 | 60 | 30 | 10 | 7,7 |
| 3 | 60 | 20 | 20 | 8,0 |
| 4 | 60 | 10 | 30 | 7,5 |
| Купаж № 2 | | | | |
| | Яблочный <i>Жебровское</i> | Облепиховый <i>Алтайская</i> | Черносмородиновый <i>Лама</i> | |
| 1 | 70 | 25 | 5 | 7,6 |
| 2 | 60 | 30 | 10 | 8,0 |
| 3 | 60 | 20 | 20 | 7,7 |
| 4 | 60 | 10 | 30 | 7,5 |
| Купаж № 3 | | | | |
| | Грушевый <i>Сибирячка</i> | Облепиховый <i>Алтайская</i> | Красно-смородиновый <i>Красный крест</i> | |
| 1 | 70 | 25 | 5 | 7,6 |
| 2 | 60 | 30 | 10 | 7,6 |
| 3 | 60 | 20 | 20 | 7,9 |
| 4 | 60 | 10 | 30 | 7,5 |
| Купаж № 4 | | | | |
| | Грушевый <i>Сибирячка</i> | Облепиховый <i>Алтайская</i> | Черносмородиновый <i>Лама</i> | |
| 1 | 70 | 25 | 5 | 7,6 |
| 2 | 60 | 30 | 10 | 7,7 |
| 3 | 60 | 20 | 20 | 8,0 |
| 4 | 60 | 10 | 30 | 7,5 |

Производственные купажи подвергали стабилизирующей обработке бентонитом и желатином против белковых, коллоидных и других помутнений. Далее фильтровали, подслащивали до кондиций полусладкого столового вина 50 г/дм³ и ставили на длительную выдержку.

В таблице 4 представлены данные физико-химических анализов и дегустационная оценка (10-балльная шкала) купажных вин столового типа.

По содержанию сахара 49,8–51,3 купажные плодовые столовые вина – полусладкие. Титруемая кислотность умеренная 7,5–8,0 г/дм³. Объемная доля этилового спирта 10,5–12,1 %, летучие кислоты 0,59–0,72 г/дм³ – все показатели в соответствии с нормативными требованиями. Сумма полифенольных веществ на довольно высоком уровне – 2240–2830 мг/дм³. Приведенный экстракт 26,4–29,2 г/дм³, что выше нормируемых требований для столовых вин (не менее 19 г/дм³).

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР КУПАЖНЫХ СТОЛОВЫХ ВИН ТИПА «АЛТЫН-КЕЛЬ» ИЗ ПЛОДОВ И ЯГОД АЛТАЙСКОГО АССОРТИМЕНТА

Таблица 4 – Биохимический состав и дегустационная оценка купажных плодовых вин столового типа

Table 4 - Biochemical composition and tasting assessment of blended fruit wines table type

| Купажное вино (состав) | Сахар, г/дм ³ | Титруемая кислотность, г/дм ³ | pH, (ед.) | Спирт, % об. | Летучие кислоты, г/дм ³ | Сумма полифенолов, мг/дм ³ | Приведенный экстракт, г/дм ³ | Дегустационная оценка, балл |
|--|--------------------------|--|-----------|--------------|------------------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------|
| Жебровское / Алтайская / Красный крест | 50,5 | 7,8 | 3,39 | 11,0 | 0,63 | 2240 | 26,4 | 9,5 |
| Жебровское / Алтайская / Лама | 51,3 | 7,5 | 3,45 | 12,1 | 0,59 | 2488 | 27,3 | 9,8 |
| Сибирячка / Алтайская / Красный крест | 50,1 | 8,0 | 3,40 | 10,5 | 0,59 | 2533 | 26,9 | 9,6 |
| Сибирячка / Алтайская / Лама | 49,8 | 7,7 | 3,41 | 11,4 | 0,72 | 2830 | 29,2 | 9,7 |

Примечание – сорта виноматериалов: яблочный – Жебровское; грушевый – Сибирячка; красно-смородиновый – Красный крест; черносмородиновый – Лама

Дегустация полусладких купажных столовых вин типа «Алтын-Кель» показала, что в них наблюдается хорошо выраженный винный гармоничный вкус с ароматом всех введенных составляющих. Цвет вин Жебровское / Алтайская / Красный крест и Сибирячка / Алтайская / Красный крест – рубиновый. Цвет вин Жебровское / Алтайская / Лама и Сибирячка / Алтайская / Лама – гранатовый. Купажные плодовые вина – кристально прозрачные с блеском. Дегустационные оценки высокие – 9,5–9,8 балла. По физико-химическим показателям все вина соответствуют требованиям ГОСТ 52836-2007 «Вина плодовые столовые и виноматериалы плодовые столовые. Общие технические условия» [11]. Нормативно-техническая документация (ТИ ГОСТ Р 52836) – Технологическая инструкция по производству вина фруктового (плодового) полусладкого типа «Алтын-Кель» передана ООО Кахети по Договору № 1/1н-15 на создание (передачу научно-технической продукции) для промышленного внедрения.

ВЫВОДЫ

1. Усовершенствованы технологии приготовления смородиновых и облепиховых виноматериалов.
2. Выработаны 4 опытных образца плодовых купажных вин столового типа.
3. Купажные плодовые вина столового типа по основным физико-химическим показателям соответствуют требованиям ГОСТ

32030 «Вина плодовые и виноматериалы плодовые столовые. Общие технические условия».

4. На основании проведенных исследований разработаны технологические инструкции (ТИ) по производству плодовых купажных вин столового типа из плодового и ягодного сырья алтайского сортимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оганесянц Л.А., Панасюк А.Л., Рейтблат Б.Б. Теория и практика плодового виноделия. М.: ГНУ ВНИИПБиВП, 2012. 395 с.
2. Шелковская Н.К., Хабаров С.Н. Сибирские плоды и ягоды – перспективное сырье для виноделия. Пища. Экология. Качество: Труды XV Международ. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 28–30 июня 2018 г.) / Минобрнауки РФ, Сиб. науч.-исслед. и технол. ин-т перераб. с.-х. продукции СФНЦА РАН, [отв. за вып.: Мотовилов О.К., Нициевская К.Н., Щербинин В.В.]. Новосибирск, 2018. М.: Изд-во «Перо».
3. Сборник основных правил, технологических инструкций и нормативных материалов по производству винодельческой продукции. Москва: Пищепромиздат, 1998. С. 42–46.
4. Гержилова В.Г. Методы техникохимического контроля в виноделии / Под ред. В.Г. Гержиловой. Симферополь: Таврида, 2002. 260 с.
5. Бурьян Н.Н., Тюрина Л.В. Микробиология виноделия. Москва: Пищевая промышленность, 1979. С. 226–235.
6. Скрипников Ю.Г. Производство плодово-ягодных вин и соков. Москва: «Колос», 1983. С. 199–202.

7. Валуико Г.Г., Шольц Е.П., Трошин Л.П. Методические рекомендации по технологической оценке винограда для виноделия / Под общей редакцией Г.Г. Валуико. Ялта, 1983. С. 25–26.

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва, 1979. 416 с.

9. Влияние штаммов активных сухих дрожжей на органолептику вина / А.Н. Тихонова, Л.И. Сtribzheva, Е.В. Ежова, Н.Ю. Качаева // Виноделие и виноградарство. 2011. № 2. С. 14–15.

10. Шелковская Н.К., Скороспелова Е.В. Купажные вина из плодов облепихи, яблок и груш Алтайской селекции : Труды XIII Международной науч.-практич. конференции (Красноярск 18–19 мая 2016 г.; ПИЩА ЭКОЛОГИЯ КАЧЕСТВО. Красноярск. – Т. III. С. 437–442.

11. ГОСТ 52836-2007. Вина плодовые столовые и виноматериалы плодовые столовые. Общие технические условия : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2007 г. № 462-ст : дата введения 2009-01-01. Москва : Изд-во стандартов, 2009. 8 с.

Информация об авторах

Н. К. Шелковская – старший научный сотрудник ФГБНУ ФАНЦА Отдел «НИИСС им. М.А. Лисавенко».

В. А. Вагнер – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология броидильных производств и виноделия» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

И. Б. Дворяткина – магистрант Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Oganesyants, L.A., Panasyuk, A.L. & Reitblat, B.B. (2012). Theory and practice of fruit winemaking. M. : GNU VNIIPBiVP. (In Russ.).

2. Shelkovskaya, N.K. & Khabarov, S.N. (2018). Siberian fruits and berries are a promising raw material for wine-making. *Collection of works of the IV inter-*

national scientific-practical conference Food Ecology Quality. Novosibirsk. (In Russ.).

3. *Collection of basic rules, technological instructions and normative materials for the production of wine products. (1998). Moscow : Pishchepromizdat. (In Russ.).*

4. Technochemical control methods in winemaking. (2002). V.G. Gerzhikova [ed.]. Simferopol : Tavrida. (In Russ.).

5. Burian, N.N. & Tyurina, L.V. (1979). *Microbiology of winemaking. Moscow : Food Industry. (In Russ.).*

6. Skripnikov, Yu.G. *Production of fruit and berry wines and juices. (1983). Moscow : Kolos. (In Russ.).*

7. Valuiko, G.G., Scholts, E.P. & Troshin, L.P. (1983). *Methodical recommendations for technological assessment of technological assessment of grapes for winemaking. Edition of G.G. Valuyko. Yalta. (In Russ.).*

8. Dospikhov, B.A. (1979). *Field experiment technique. Moscow. (In Russ.).*

9. Tikhonova, A.N., Stribzheva, L.I., Ezhova, E.V. & Kachaeva, N.Yu. (2011). Influence of active dry yeast strains on the organoleptic properties of wine. *Winemaking and Viticulture, (2), 14-15. (In Russ.).*

10. Shelkovskaya, N.K. & Skorospelova, E.V. (2016). Cupazhnye wines from fruits of sea buckthorn, apples and pears of Altai. *Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference (Krasnoyarsk May 18-19, 2016) FOOD ECOLOGY QUALITY, Krasnoyarsk, (III), 437-442. (In Russ.).*

11. Special fruit wines and special fruit wine-stocks. General specifications. (2009). *HOST 52836-2007 from 01 Jan 2009. Moscow : Standards Publishing House. (In Russ.).*

Information about the authors

N. K. Shelkovskaya – Senior Researcher, The Lisavenko Research Institute of Horticulture for Siberia.

V. A. Vagner – Candidate of Technical Sciences, Head of Department of Fermentation and Wine-Making Technology Polzunov Altai State Technical University.

I. B. Dvoryatkina – Master degree student of Polzunov Altai State Technical University.

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

Статья поступила в редакцию 22.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 22 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья

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

УДК 633.8

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.010

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЯГОД БРУСНИКИ И КЛЮКВЫ

**Александра Юрьевна Чечеткина¹, Мариам Башировна Мурадова²,
Алёна Владиславовна Проскура³, Артем Ильич Лепешкин⁴,
Людмила Анатольевна Надточий⁵, Махмуд Ахмед Хашим⁶**

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

¹ aleksandra.chechetkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-3213>

² mari.muradova1996@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3415-5428>

³ pav060695@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6053-3023>

⁴ artyom.lepeshkin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9118-1449>

⁵ l_tochka@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4678-8177>

⁶ mahmood.hashem@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5619-7162>

Аннотация. Настоящее исследование посвящено изучению антиоксидантных свойств свежих ягод брусники и клюквы, а также жмыха, в частности на общее содержание флавоноидов и салицилатов. Нами была предложена комплексная технология переработки жмыха ягод, включающая в себя конвекционную сушку, измельчение, просеивание и пропуск через бункер, оснащенный УФ-облучением. Данная технология позволяет сохранить вкусо-ароматические свойства и биологически активные вещества в жмыхе ягод. В ходе исследования было выявлено, что общее содержание салицилатов и флавоноидов в большем количестве наблюдалось в жмыхе ягод. В частности, в водном экстракте жмыха ягод брусники содержалось 744,7 мг на 100 грамм сухого вещества флавоноидов, а в свежих ягодах – 655,6. Количество салицилатов в экстрактах свежих ягод брусники и жмыха составило 40,51 и 53,15 мг на 100 грамм сухого вещества соответственно. В жмыхе ягод клюквы в водном экстракте содержалось 537,5 мг на 100 грамм сухого вещества флавоноидов, свежие ягоды составили 436,2. Количество салицилатов в экстрактах свежих ягод клюквы и жмыха составило 36,15 и 49,15 мг на 100 грамм сухого вещества соответственно. Таким образом, данные результаты демонстрируют высокие показатели антиоксидантных свойств ягод.

Ключевые слова: флавоноиды, салицилаты, брусника, клюква, жмых, комплексная переработка, антиоксидантная активность, пищевая ценность, биологически активные вещества, спектрофотометрический анализ.

Для цитирования: Комплексная переработка ягод брусники и клюквы / А. Ю. Чечеткина [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 75–81. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.010.

Original article

COMPLEX PROCESSING OF BERRIES AND CRANBERRY

**Alexandra Yu. Chechetkina¹, Mariam B. Muradova², Alena V. Proskura³,
Artem I. Lepeshkin⁴, Lyudmila A. Nadtochii⁵, Mahmood A. Hashim⁶**

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia

¹ aleksandra.chechetkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-3213>

² mari.muradova1996@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3415-5428>

© Чечеткина А. Ю., Мурадова М. Б., Проскура А. В., Лепешкин А. И., Надточий Л. А., Хашим, М. А., 2021

³ pav060695@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6053-3023>

⁴ artyom.lepeshkin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9118-1449>

⁵ l_tochka@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4678-8177>

⁶ mahmood.hashem@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5619-7162>

Abstract. *The present study is devoted to the study of the antioxidant properties of fresh lingonberries and cranberries, as well as oil cake, in particular on the total content of flavonoids and salicylates. We have proposed a complex technology for processing berry cake, which includes convection drying, grinding, sieving and passing through a bunker equipped with UV irradiation. This technology allows you to preserve the taste and aroma properties and biologically active substances in the cake of berries. In the course of the study, it was revealed that the total content of salicylates and flavonoids in a greater amount was observed in the fruit cake. In particular, the aqueous extract of the cake of lingonberry berries contained 744.7 mg per 100 grams of dry matter of flavonoids, and in fresh berries 655.6. The amount of salicylates in the extracts of fresh lingonberry and oil cake was 40.51 and 53.15 mg per 100 grams of dry matter, respectively. The cranberry cake in the aqueous extract contained 537.5 mg per 100 grams of dry matter of flavonoids, fresh berries were 436.2. The amount of salicylates in the extracts of fresh cranberries and pomace was 36.15 and 49.15 mg per 100 grams of dry matter, respectively. Thus, these results demonstrate high indicators of the antioxidant properties of berries.*

Keywords: *flavonoids, salicylates, lingonberry, cranberry, cake, complex processing, antioxidant activity, nutritional value, biologically active substances, spectrophotometric analysis.*

For citation: Chechetkina, A. Yu., Muradova, M. B., Proskura, A. V., Lepeshkin, A. I., Nadtochii, L. A. & Hashim, M. A. (2021). Complex processing of berries and cranberry. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 75-81. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.010.

ВВЕДЕНИЕ

Свежие фрукты и ягоды, а также продукты на их основе, обеспечивают необходимые питательные микроэлементы и биологически активные вещества, в том числе витамины, полифенолы и минералы, с несколькими преимуществами для здоровья человека [1].

Рынок пищевых продуктов предлагает ягоды в свежем, замороженном, сушеном виде, в виде полуфабрикатов из ягод: концентрированных соков, джемов, пюре. С добавлением ягод можно изготовить кондитерские изделия, безалкогольные и алкогольные напитки, мясные и рыбные полуфабрикаты. Кроме того, ягоды широко распространены в блюдах общественного питания [2].

Среди множества садовых и дикорастущих плодово-ягодных растений клюква и брусника как лекарственные растения занимают особое место. Наличие в их плодах сложного и богатого комплекса биологически активных веществ создало им репутацию исключительно важного пищевого продукта и незаменимого лечебно-профилактического средства [3].

Брусника (*Vaccinium Vitis-idaea* L., *Ericaceae*) – одна из самых популярных ягод в странах Северной Европы и России, и она используется в различных формах в рационе человека. Низкий кустарник, имеющий ярко-красные шаровидные плоды от 0,75 до 1,0 см в диаметре. Ягоды богаты множественными функциональными соединениями, такими как

пищевые волокна, минералы, антиоксиданты, витамины С, А и Е (токоферол) и полифенолы, в основном антоцианы, проантоцианидины, флавонолы, гидроксикоричная кислота и производные арбутина [4].

Клюква (*Vaccinium subgen. Oxycoccus*) представляет собой кустарник 10–40 см, который растет на больших высотах в горах, на лугах и полянах. Клюква занимает одно из первых мест среди ягод как по качеству, так и по количеству антиоксидантов из-за значительного содержания флавоноидов и большого количества фенольных кислот. Плоды клюквы имеют разнообразный фитохимический профиль, который включает 3 класса флавоноидов (флавонолы, антоцианы и проантоцианидины), катехины, гидроксикоричную и другие фенольные кислоты и тритерпеноиды [5].

Ягоды входят в число основных пищевых компонентов; их урожай является важным направлением пищевой промышленности. Однако производство ягодного сока приводит к образованию большого количества отходов, то есть остатков после ягодного прессования, называемых жмыхами [6]. Жмых – побочный продукт производства соков, в основном состоит из кожи и косточек и является хорошим источником для извлечения питательных веществ, которые в дальнейшем могут быть переработаны в здоровую пищу. При переработке ягод в сок обычно производится примерно 70–80 % целевых и 20–30 % побочных продуктов [7]. Из-за низкой теплотворной спо-

собности и в некоторых случаях высокой кислотности ягодные выжимки считаются отходами и неэффективно используются из-за отсутствия эффективных методов обработки. Известно, что ягодный жмых содержит большое количество ценных фитохимических веществ, таких как полифенолов, липидов, углеводов и витаминов [8, 9]. Выжимки ягод обычно содержат семена, кожуру и стебли. Многие фенольные соединения содержатся в кожуре и семенах ягод, соответственно их большее количество обнаруживается в жмыхе [10].

С одной стороны, жмых ягод позволяет сократить потери, повысить технико-экономические показатели предприятий, создать безотходные технологии и улучшить экологическую обстановку, с другой стороны, дает возможность использования новых нетрадиционных ресурсов в производстве продуктов питания. В настоящее время в связи с ростом объемов производства соков из клюквы увеличивается количество промышленных отходов. При разумном подходе эти промотходы могут быть переработаны в полезные для человечества продукты, сохраняя и улучшая энергетическую и экологическую обстановку.

Таким образом, целью данного исследования является оценка пищевой ценности, количественное определение содержания суммы флавоноидов в экстрактах жмыха и свежих ягод брусники и клюквы, а также разработка комплексного подхода переработки ягод с сохранением вкуса-ароматических свойств и биологически активных веществ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробоподготовка образцов.

В соответствии с целями и задачами объектами исследования служили: ягоды брусники и клюквы, отобранные на территории Ленинградской области в 2018 г.

Жмых ягод брусники и клюквы подвергали высушиванию с применением сушильных шкафов при температуре 45–50 °С до массовой доли влажности 10,0±1,5 %.

Приготовление спиртовых и водных экстрактов жмыха ягод.

Образцы ягод брусники или клюквы массой 1 грамм измельчали на лабораторной мельнице до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями диаметром 0,2 см, и помещали в коническую колбу вместимостью 100 см³, куда вносили 100 см³ этилового спирта с объемной долей 70 % или 100 см³ дистиллированной воды. Колбу присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин с момента закипания содержимого. Извлечение экстракта проводили посредством фильтрования

в коническую колбу через бумажный фильтр (Whatmanno. 4).

Показатели качества жмыха ягод брусники и клюквы.

Исследования жмыха ягод брусники и клюквы проводили по ГОСТ 24027.2-80 «Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла».

Определение общего содержания флавоноидов в экстрактах ягод клюквы и брусники.

Анализ исследуемых образцов водного раствора экстрактов ягод брусники и клюквы на содержание флавоноидов в пересчете на рутин проводили следующим образом: 1 см³ водного раствора ягод помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, добавляли 5 см³ раствора алюминия хлорида с массовой долей 2 % в этиловом спирте, далее объем раствора доводили до метки путем добавления этилового спирта. В полученном растворе измеряли оптическую плотность с использованием спектрофотометра Shimadzu UV-2600 при длине волны 410 нм. В качестве раствора сравнения использовали 1 см³ экстракта ягод с 70 % спиртом.

Расчет общего содержания флавоноидов проводили по калибровочной кривой. Калибровочная кривая представляет из себя график зависимости оптической плотности от концентрации рутина в растворе.

Определение салицилатов в экстрактах ягод.

Анализ исследуемых образцов водного раствора капсул ягод брусники и клюквы на содержание салицилатов проводили следующим образом: 1 см³ водного раствора капсул помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, добавляли 1 см³ 0,5 М раствора соляной кислоты, 0,5 см³ раствора железо аммонийных квасцов с массовой долей 8 % в дистиллированной воде, далее объем раствора доводили до метки путем добавления дистиллированной воды.

Далее в полученном растворе измеряли оптическую плотность с использованием спектрофотометра Shimadzu UV-2600 при длине волны 530 нм. В качестве раствора сравнения использовали смесь 1 см³ раствора капсул ягод с дистиллированной водой.

Расчет общего содержания салицилатов проводили по калибровочной кривой. Калибровочная кривая представляет из себя график зависимости оптической плотности от концентрации салициловой кислоты в растворе.

Математическая обработка результатов исследования.

Эксперименты проводили в трехкратной повторности, данные обрабатывали методом математической статистики с нахождением

доверительного интервала при вероятности 0,95 с использованием MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время все большее число предприятий приходит к пониманию рациональности комплексного использования сырьевых ресурсов, и именно необходимость в грамотном применении побочных продуктов сокового производства привела в результате к изучению качественного состава жмыха ягод и разработке способов его применения.

Клюква и брусника – ягоды, ореолом произрастания которых являются сфагновые болота, их можно встретить как в тундре, так и в лесной части России. Периодом созревания является август–сентябрь. Ягоды хорошо сохраняемы в свежем виде. По своему химическому составу клюква является одной из наиболее ценных ягод [11].

В пищевой промышленности свое применение находит не только мякоть клюквы, но также и жмых [12]. Комплексное использование сырьевой базы является приоритетным направлением развития пищевой промышленности.

В рамках данного исследования предлагается комплексная переработка ягод, при которой жмых подвергают высушиванию и измельчению. Схема комплексной переработки ягод представлена на рисунке 1.

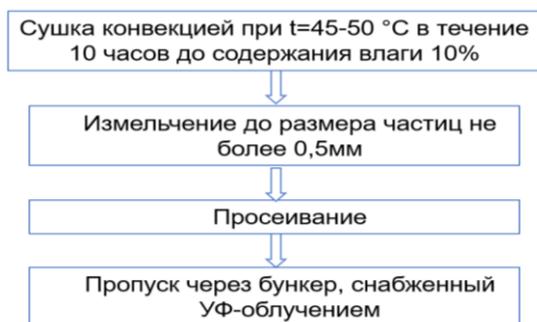


Рисунок 1 – Технология комплексной переработки ягод

Figure 1 - Complex technology processing berries

Сущность комплексной переработки заключается в том, что жмых ягод брусники и клюквы разделяют для каждого вида ягод выкладывают равномерным слоем на противни, сушат конвективным способом при температуре 45–50 °С в течение 10 ч до содержания влаги не более 10 %, затем измельчают до достижения размера частиц не более 0,5 мм, просеивают и затем жмых смешивают со стабилизирующими пищевыми добавками в течение

15 мин., после чего пропускают через бункер, снабженный устройством УФ-облучения и упаковывают в пищевую тару. При правильно подобранной технологии сушки обеспечивается сохранность не только вкусо-ароматических свойств, но и потери биологически активных веществ сводятся к минимуму.

Органолептические и физико-химические показатели жмыха ягод клюквы и брусники представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Органолептические показатели жмыха ягод брусники, клюквы

Table 1 - Organoleptic indicators of the cake of lingonberry, cranberry

| Наименование показателя | Характеристика жмыха ягод |
|-------------------------|---|
| Вкус и запах | Свойственные ягодам данного вида, без постороннего вкуса и запаха |
| Внешний вид и форма | Не слипаются при сжатии. Незначительное комкование, устраняемое при механическом воздействии |
| Цвет | Однородный свойственный данному виду ягод, могут иметь участки, отличающиеся по цвету от основного тона |

Таблица 2 – Физико-химические показатели жмыха ягод клюквы и брусники

Table 2 - Physical and chemical parameters of cranberry and lingonberry cake

| Наименование показателя | Брусника | Клюква |
|-------------------------------------|----------|----------|
| Пищевые волокна, % | 20±1,5 | 22±1,5 |
| Углеводы, % | 32±2 | 31±1,7 |
| Кислотность, в град | 57±1 | 59±1,5 |
| Массовая доля влаги, % | 10±1 | 10±1 |
| Зола, % | 7±1 | 6,5±1,5 |
| Содержание экстрактивных веществ, % | 21,4±2,3 | 19,6±2,0 |
| Содержание дубильных веществ, % | 15±2 | 17±2 |

Анализ физико-химических показателей жмыха ягод (таблица 2), приготовленного по заявляемому способу, показал, что жмых обладает высоким содержанием пищевых волокон, которые относятся к эссенциальным факторам рациона питания человека. Высокое содержание пищевых волокон в жмыхе позволяет прогнозировать функциональные свойства пищевого продукта с ее добавлением.

Как показали исследования, продукты переработки ягод клюквы и брусники могут быть

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЯГОД БРУСНИКИ И КЛЮКВЫ

ценным источником получения соединений, обладающих антиоксидантными свойствами (таблицы 3, 4).

Таблица 3 – Общее содержание флавоноидов (1 мг на 100 грамм сухого вещества)

Table 3 - The total content of flavonoids (1 mg per 100 grams of dry matter)

| Образцы | Клюква | | Брусника | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | Свежие ягоды | Жмых ягод | Свежие ягоды | Жмых ягод |
| Водный экстракт | 436,2 ± 11,8 | 537,5 ± 13,1 | 655,6 ± 13,1 | 744,7 ± 11,7 |
| Спиртовой экстракт | 684,1 ± 11,6 | 970,3 ± 12,7 | 931,7 ± 11,5 | 1207,4 ± 16,6 |

Таблица 4 – Общее содержание салицилатов (1 мг на 100 грамм сухого вещества)

Table 4 - The total content of salicylates (1 mg per 100 grams of dry matter)

| Образцы | Клюква | | Брусника | |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | Свежие ягоды | Жмых ягод | Свежие ягоды | Жмых ягод |
| Водный экстракт | 36.15± 1.41 | 49.15 ± 1.54 | 40.51± 1.53 | 53.15± 1.27 |

Общее количество флавоноидов в ягодах брусники и клюквы составляет порядка 680 и 930 мг на 100 г сухого вещества соответственно. Обнаружено, что выжимки брусники, состоящие из кожицы, содержат до 1200 мг/100 г сухого вещества ягод флавоноидов. Содержание флавоноидов в клюкве составляет до 970 мг/100 г сухого вещества ягод. Ягоды брусники продемонстрировали большее содержание полифенолов по сравнению с ягодами клюквы. Большие изменения в содержании флавоноидов могут объясняться различиями в ягодных сортах [13, 14].

Более высокие антиоксидантные свойства наблюдаются в жмыхе ягод. Это связано с тем, что многие фенольные соединения содержатся в кожуре и семенах ягод, соответственно в большем количестве сохраняются в жмыхах [15].

Полученные результаты коррелируют с научными данными других исследований, в частности, было продемонстрировано, что ягодные выжимки дают больше очищенного экстракта полифенолов, чем цельные ягоды [16–18].

Поскольку ягодный жмых имеет влажность около 50 % и содержит различные легкоусвояемые питательные вещества, он очень подвержен микробной порче. Следовательно, первоначальная обработка выжимок необходима для обеспечения удовлетворительного срока хранения. Обычно применяемые обработки включают

сушку, а также измельчение и кондиционирование [19]. В данном исследовании использовалась обработка ультрафиолетом для предотвращения развития микробной активности.

Известно, что для получения жмыха с большим количеством биоактивных соединений важно регулировать условия обработки во время сушки (например, метод сушки, а также время и температуру сушки), поскольку полифенолы способны быстро деградировать [20]. Возможные методы сушки выжимок включают обычную конвекционную сушку горячим воздухом, низкотемпературную вакуумную сушку, сублимационную сушку, инфракрасную сушку и микроволновую сушку (последние два часто сочетаются с конвекционной сушкой) [21]. Нами была использована конвекционная сушка при температуре 45–50 °С в течение 10 ч, позволяющая сохранить сенсорные и биологически активные свойства жмыха ягод.

Ученые отмечают, что условия обработки во время сушки имеют большое влияние на характеристики продукта, такие как внешний вид, цвет и пористость, а также на содержание биоактивных соединений. Например, при производстве порошка аронии из сока конвекционная сушка приводила к более интенсивному и темному цвету порошка по сравнению с сублимационной сушкой [22]. В другом исследовании было проанализировано влияние температуры и времени в период конвекционной сушки выжимок черники. Содержание процианидина и антоциана не изменилось при нагревании жмыха до 40 °С, однако нагревание до температуры выше 60 °С уменьшило соответствующее содержание полифенолов, что указывает на то, что более высокие температуры сушки приводят к значительным потерям потенциально биологически активных соединений [23].

После сушки материал обычно подвергается измельчению, а затем порошок просеивается для достижения требуемого гранулометрического состава. В настоящем исследовании использовалось измельчение высушенного жмыха до размера частиц не более 0,5 мм. Измельчение помогает повысить полезные свойства ягодного порошка, увеличить экстрагируемость фенольных соединений и антиоксидантную способность [24].

Поскольку полифенолы растворимы в воде и спирте, большинство методов экстракции используют воду, этанол или их смеси в качестве растворителей в процессе выщелачивания с конвекцией или без нее. Выбор растворителя является одним из важных факторов, он должен иметь полярность в соответствии с типом экстрагируемого фенольного соединения, поэтому данный параметр следует оптимизировать для

каждого спектра фенольных веществ, чтобы гарантировать эффективную экстракцию. Вода, а также ацетон, этанол, метанол и их смеси с различными фракциями воды (50–85 % растворителя в воде) использовались во многих исследованиях для извлечения фенольных соединений из ягодных жмыхов [25–28]. Упомянутые выше относительно современные методы экстракции не только «экологически чистые», но и более быстрые, что минимизирует термическое разложение и нежелательные реакции с участием полифенолов [29]. Будущие исследования в области экстракции полифенолов из ягодных жмыхов должны включать более глубокий анализ влияния современных методов экстракции на экстрагируемость, селективность, стабильность и состав полученных экстрактов.

Наиболее распространенной процедурой для получения количественных данных о полифенолах или антиоксидантной способности ягодных выжимок являются спектрофотометрические методы анализа. Преимущество данных анализов в том, что они просты, дешевы и относительно быстры, также они дают одно число для описания содержания полифенолов в сложном образце. В представленном исследовании проводился анализ антиоксидантной активности исследуемых образцов с использованием двухлучевого спектрофотометра Shimadzu UV-2600 при длинах волн 410 нм для общего количества флавоноидов и 530 нм для общего содержания салицилатов. Данная методология также использовалась во многих других исследованиях [30–33].

Таким образом, ягодные выжимки могут быть преобразованы в стабильное и пригодное сырье в пищевой промышленности без потери функциональности из-за разложения полифенолов под действием температурной обработки во время удаления влаги из жмыха. Данное исследование демонстрирует потенциал использования ягодных жмыхов, полученных методом комплексной обработки сырья с сохранением их физико-химических и биологически активных свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Nile, S.H., Park, S.W. (2014). Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*, 30(2), 134-144.
2. Ulaszewska, M. [et al.] (2020). Food intake biomarkers for berries and grapes. *Genes Nutr*, 15 (1), P. 17.
3. Yeung, A.W.K. [et al.] (2019). The berries on the top. *JBR*, (9), (1), 125-139.
4. Padmanabhan, P., Correa-Betanzo, J. & Paliyath, G. (2016). Berries and Related Fruits. *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, P. 364-371.

5. Khoo, C., Falk, M. & Zhang, J. (2018). Cranberry Polyphenols: Effects on Cardiovascular Risk Factors. *Polyphenols: Prevention and Treatment of Human Disease*. Elsevier, P. 107-122.
6. Szajdek, A. & Borowska, E.J. (2008). Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Berry Fruits: A Review. *Plant Foods Hum Nutr*, 63 (4), 147-156.
7. Struck, S. [et al.] (2016). Berry pomace - a review of processing and chemical analysis of its polyphenols. *Int J Food Sci Technol*, 51(6), 1305-1318.
8. Klavins, L. [et al.] (2018). Berry press residues as a valuable source of polyphenolics: Extraction optimisation and analysis. *LWT*, (93), 583-591.
9. Fontana, A.R., Antonioli, A. & Bottini, R. (2013). Grape Pomace as a Sustainable Source of Bioactive Compounds: Extraction, Characterization, and Biotechnological Applications of Phenolics. *J. Agric. Food Chem*, 61(38), 8987-9003.
10. White, B.L., Howard, L.R. & Prior, R.L. (2010). Polyphenolic Composition and Antioxidant Capacity of Extruded Cranberry Pomace. *J. Agric. Food Chem*, 58 (7), 4037-4042.
11. Medina-Larqué, A.S., Desjardins, Y. & Jacques, H. (2020). Cranberry, oxidative stress, inflammatory markers, and insulin sensitivity: a focus on intestinal microbiota. *Diabetes*. Elsevier, P. 245-253.
12. Roopchand, D.E. [et al.] (2013). Food-compatible method for the efficient extraction and stabilization of cranberry pomace polyphenols. *Food Chemistry*, 141(4), 3664-3669.
13. Bilyk, A. & Sapers, G.M. (1986). Varietal differences in the quercetin, kaempferol, and myricetin contents of highbush blueberry, cranberry, and thornless blackberry fruits. *J. Agric. Food Chem*, 34 (4), 585-588.
14. Amiot, M.J. [et al.] (1995). Influence of Cultivar, Maturity Stage, and Storage Conditions on Phenolic Composition and Enzymic Browning of Pear Fruits. *J. Agric. Food Chem*, 43(5), 1132-1137.
15. Reißner, A.-M. [et al.] (2019). Composition and physicochemical properties of dried berry pomace: Composition and technofunctional properties of berry pomace. *J. Sci. Food Agric*, 99(3), 1284-1293.
16. Muceniece, R. [et al.] (2019). Antioxidative, hypoglycaemic and hepatoprotective properties of five *Vaccinium* spp. berry pomace extracts. *JBR*, 9(2), 267-282.
17. Kähkönen, M.P. [et al.] (2003). Berry anthocyanins: isolation, identification and antioxidant activities: Berry anthocyanins. *J. Sci. Food Agric*, 83(14), 1403-1411.
18. Može, Š. [et al.] (2011). Phenolics in Slovenian Bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *J. Agric. Food Chem*, 59 (13), 6998-7004.
19. Osman, A.I. [et al.] (2020). Physicochemical Characterization and Kinetic Modeling Concerning Combustion of Waste Berry Pomace. *ACS Sustainable Chem. Eng*, 8 (47), 17573-17586.
20. Skrede, G., Wrolstad, R.E. & Durst, R.W. (2000). Changes in Anthocyanins and Polyphenolics During Juice Processing of Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *J Food Science*, 65(2), 357-364.
21. Tseng, A. & Zhao, Y. (2012). Effect of Different Drying Methods and Storage Time on the Retention of Bioactive Compounds and Antibacterial Activity of Wine Grape Pomace (Pinot Noir and Merlot). *Journal of Food Science*, 77(9), H192-H201.

22. Horszwald, A., Julien, H. & Andlauer, W. (2013). Characterisation of Aronia powders obtained by different drying processes. *Food Chemistry*, 141(3), 2858-2863.

23. Khanal, R.C. [et al.] (2009). Influence of Extrusion Processing on Procyanidin Composition and Total Anthocyanin Contents of Blueberry Pomace. *Journal of Food Science*, 74(2), H52-H58.

24. Mayer-Miebach, E., Adamiuk, M. & Behnlian, D. (2012). Stability of Chokeberry Bioactive Polyphenols during Juice Processing and Stabilization of a Polyphenol-Rich Material from the By-Product. *Agriculture*, 2(3), 244-258.

25. Sójka, M. & Król, B. (2009). Composition of industrial seedless black currant pomace. *Eur Food Res Technol*, (228), (4), 597-605.

26. Galván, D'Alessandro L. [et al.] (2014). Kinetics of ultrasound assisted extraction of anthocyanins from *Aroniamelanocarpa* (black chokeberry) wastes. *Chemical Engineering Research and Design*, 92(10), 1818-1826.

27. White, B.L., Howard, L.R. & Prior, R.L. (2010). Polyphenolic Composition and Antioxidant Capacity of Extruded Cranberry Pomace. *J. Agric. Food Chem*, 58 (7), 4037-4042.

28. Kapasakalidis, P.G., Rastall, R.A. & Gordon, M.H. (2006). Extraction of Polyphenols from Processed Black Currant (*Ribesnigrum* L.) Residues. *J. Agric. Food Chem*, 54 (11), 4016-4021.

29. Herrero, M. [et al.] (2012). Extraction Techniques for the Determination of Phenolic Compounds in Food. *Comprehensive Sampling and Sample Preparation*. Elsevier, P. 159-180.

30. Lu, Y. [et al.] (2020). Microencapsulation of Pigments by Directly Spray-Drying of Anthocyanins Extracts from Blueberry Pomace: Chemical Characterization and Extraction Modeling. *International Journal of Food Engineering*, 16(3).

31. Chi, W. [et al.] (2020). Developing a highly pH-sensitive κ-carrageenan-based intelligent film incorporating grape skin powder via a cleaner process. *Journal of Cleaner Production*, (244), P. 118862.

32. Quek, R. & Henry, C.J. (2015). Influence of polyphenols from lingonberry, cranberry, and red grape on in vitro digestibility of rice. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(4), 378-382.

33. Бекетов, Е.В., Абрамов, А.А. & Нестерова, О.В. (2005). Идентификация и количественная оценка флавоноидов в плодах черемухи обыкновенной. *Вестн. Моск. ун-та. Химия*, 46 (4), 259-262.

Информация об авторах

А. Ю. Четчина – к.т.н., старший преподаватель Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

М. Б. Мурадова – аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

А. В. Проскура – аспирант международного научного центра «Биотехнологии третьего тысячелетия» Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

А. И. Лепешкин – аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Л. А. Надточий – к.т.н., доцент Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

М. А. Хашим – аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Information about the authors

A. Yu. Chechetkina – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

M. B. Muradova – postgraduate student of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

A. V. Proskura – post-graduate student of the International Scientific Center "Biotechnology of the Third Millennium" of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

A. I. Lepeshkin – postgraduate student of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

L. A. Nadtochii – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

M. A. Hashim – post-graduate student of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.02.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 27.05.2021.

The article was received by the editorial board on 16 Feb 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 27 May 21.



Научная статья

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

УДК 664.38

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.011

ЛАБОРАТОРНАЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ВАКУУМНАЯ ВЫПАРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГУМИНОВОГО ГЕЛЯ

Александр Васильевич Фоминых¹, Светлана Владимировна Фомина²,
Дмитрий Петрович Ездин³, Анна Анатольевна Ездина⁴,
Надежда Александровна Ковшова⁵

1, 2, 3, 4, 5 Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева, Курган, Россия

¹ prof_fav@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2656-2848>

² cvetlana19-63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9610-7766>

³ ezdindp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9663-5585>

⁴ angel_4.1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9308-8704>

⁵ statistika429@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0207-0216>

Аннотация. Гуминовые препараты обладают широким спектром биологической активности, оказывая воздействие на обменные процессы в организме человека и животных. Выявлена антибактериальная, противовоспалительная, антиоксидантная, гепатопротекторная, противовирусная физиологическая активность применения гуминовых кислот в качестве биостимулирующих препаратов. Прослеживается универсальность воздействия гуминовых кислот и их производных на организм человека, обеспечивая положительную динамику симптомов заболеваний, включая опухолевые процессы. Для повышения концентрации гуминового геля обосновано применение вакуумной выпарной установки с эжектором и конденсатором пара. Совместно с сотрудниками НПЦ «Эврика» доказано, что при повышении концентрации гуминового геля методом выпаривания под вакуумом при температуре 60–70 °С лучше сохраняются полезные свойства гуминовых препаратов, чем при повышении концентрации в осадительных центрифугах. Создан опытный образец энергосберегающей вакуумной выпарной установки периодического действия, эжектора и системы удаления пара. При расчётах определены и экспериментально подтверждены рациональные конструкционные и технологические параметры установки, при которых достигается повышение качества гуминовых препаратов и увеличение производительности технологической линии их производства. Экономический эффект ожидается за счёт повышения качества гуминовых препаратов, увеличения производительности линии, уменьшения затрат ручного труда и стоимости оборудования, исключение эксплуатационных затрат дорогих медицинских центрифуг.

Ключевые слова: гуминовый гель, гуминовый препарат, суспензия, повышение концентрации, выпаривание, энергосберегающая вакуумная выпарная установка, эжектор, техническая характеристика, конструктивные параметры, затраты энергии.

Для цитирования: Лабораторная энергосберегающая вакуумная выпарная установка для повышения концентрации гуминового геля / А. В. Фоминых [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 82–87. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.011.

Original article

LABORATORY ENERGY SAVING VACUUM EVAPORATOR FOR INCREASING HUMIC GEL CONCENTRATIONS

Alexander V. Fominykh¹, Svetlana V. Fomina², Dmitry P. Ezdin³,
Anna A. Ezdina⁴, Nadezhda A. Kovshova⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, Kurgan, Russia

¹ prof_fav@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2656-2848>

² cvetlana19-63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9610-7766>

³ ezdindp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9663-5585>

⁴ angel_4.1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9308-8704>

⁵ statistika429@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0207-0216>

Abstract. Humic preparations have a wide range of biological activity, affecting the metabolic processes in humans and animals. The antibacterial, anti-inflammatory, antioxidant, hepatoprotective, antiviral physiological activity of the use of humic acids as biostimulating drugs was revealed. The universality of the effect of humic acids and their derivatives on the human body is traced, providing a positive dynamics of the symptoms of diseases, including tumor processes. To increase the concentration of humic gel, the use of a vacuum evaporation plant with an ejector and a steam condenser is justified. Together with the employees of the Eureka Research Center, it was proved that when the concentration of humic gel is increased by evaporation under vacuum at a temperature of 60–70 °C, the useful properties of humic preparations are better preserved than when the concentration is increased in precipitation centrifuges. A prototype of an energy-saving vacuum batch evaporation plant, an ejector and a steam removal system has been created. During the calculations, rational design and technological parameters of the plant were determined and experimentally confirmed, in which an increase in the quality of humic preparations and an increase in the productivity of the technological line of their production are achieved. The economic effect is expected due to an increase in the quality of humic preparations, an increase in the productivity of the line, a reduction in the cost of manual labor and the cost of equipment, and the elimination of the operating costs of expensive medical centrifuges.

Keywords: humic gel, humic preparation, suspension, concentration increase, evaporation, energy-saving vacuum evaporation plant, ejector, technical characteristics, design parameters, energy consumption.

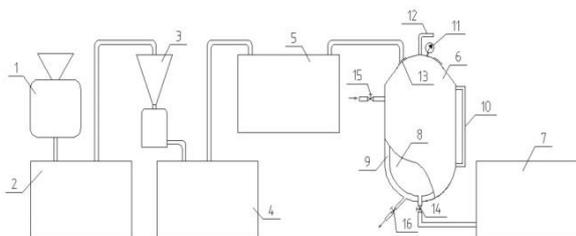
For citation: Fominykh, A. V., Fomina, S. V., Ezdin, D. P., Ezdina, A. A. & Kovshova, N. A. (2021). Laboratory energy saving vacuum evaporator for increasing humic gel concentrations. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 82-87. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.011.

Выявлена антибактериальная, противовоспалительная, антиоксидантная, гепатопротекторная, противовирусная физиологическая активность применения гуминовых кислот в качестве биостимулирующих препаратов [1]. Кроме того, биоактивные добавки (БАД) на основе гуминовых веществ являются биопротекторами, защищающими печень от видимых деструктивных изменений, вызванных действием повреждающих факторов и функциональных перегрузок [2]. Прослеживается универсальность воздействия гуминовых кислот и их производных на организм человека, обеспечивая положительную динамику симптомов заболеваний, включая опухолевые процессы [3]. Гумат натрия способствует профилактике серотониновых язв,

повышает устойчивость организма в условиях гипоксии [4]. Гуминовые вещества нетоксичны, не обладают тератогенными, эмбриотоксическими и канцерогенными свойствами [5]. Гуминовые препараты обладают широким спектром биологической активности, оказывая воздействие на обменные процессы в организме человека и животных [6–8].

ООО «НПЦ «Эврика» Государственного аграрного университета Северного Зауралья разработала и выпускает натуральный гуминовый препарат из торфа – РОСТОК [9]. Авторами совместно с сотрудниками ООО «НПЦ «Эврика» доказано, что при повышении концентрации гуминового геля методом выпаривания при температуре 60–70 °C получают препараты, обладающие лучшими

качествами, чем при повышении концентрации в осадительных центрифугах периодического и непрерывного действия. В центрифугах фактор разделения равен (6000–7000) g, что является причиной разрушения молекул гуминового геля и снижения качества препаратов. На основе обзора литературных источников [10] и проведения поисковых экспериментов нами разработана и запатентована линия повышения концентрации гуминового геля с вакуумной выпарной установкой (рисунок 1) [11].



1 – измельчитель; 2 – ёмкость с теплоизоляцией; 3 – центрифуга; 4 – промывочная ёмкость; 5 – ёмкость для созревания; 6 – вакуумная выпарная установка; 7 – ёмкость для приготовления гуминовых препаратов; 8 – нагревательная камера для гуминового геля; 9 – водяная рубашка; 10 – датчик уровня; 11 – вакуумметр; 12 – труба в систему создания вакуума и отвода пара; 13 – патрубок для загрузки исходной суспензии; 14 – патрубок слива концентрированного продукта; 15 – патрубок подвода горячей воды в рубашку; 16 – патрубок отвода охлажденной воды из рубашки

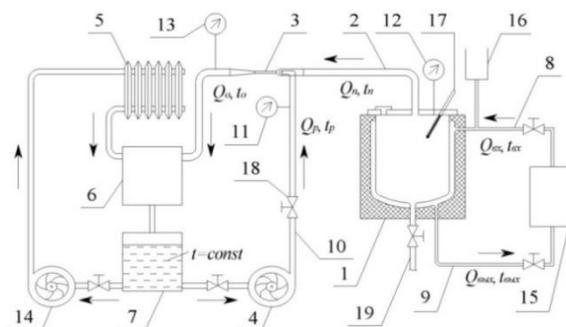
Рисунок 1 – Схема линии производства гуминовых препаратов с вакуумной выпарной установкой для повышения концентрации гуминового геля, патент № 132071

Figure 1 - Diagram of a line for the production of humic preparations from a vacuum evaporation plant for increasing the concentration of humic gel, patent No. 132071

Работа линии. На измельчитель 1 поступает торф в сухом виде, где он измельчается до размера частиц 1–2 мм. Измельчённое сырьё погружают в ёмкость 2 со щёлочью – раствором углекислого натрия для извлечения гуминовой кислоты. В течение 2 часов торф взаимодействует с раствором, после этого массу погружают в центрифугу 3, где суспензию очищают от сырьевого шлама. Очищенную суспензию помещают в промывочную ёмкость 4, где её промывают от содержания химических реагентов при помощи воды. После промывки гуминовую суспензию сливают в ёмкость 5, разбавляют водой, добавляют необходимые вещества и оставляют на 10 суток. Этот процесс представляет собой процесс созревания гуминового геля. Затем созревший гуминовый гель погружают в нагревательную камеру 8 вакуумной выпарной установки 6 через патрубок 13, где при температуре 60–70 °С происходит испарение воды. Концентрированный гуминовый гель

помещается в ёмкость для приготовления препаратов 7, в которой он разбавляется дистиллированной водой до требуемой концентрации и тщательно перемешивается.

Запатентованная схема отличается от технологической схемы предприятия ООО «НПЦ «Эврика» тем, что для повышения концентрации геля вместо медицинских периодического действия осадительных центрифуг ОС-6МЦ используется вакуумная выпарная установка. В представленной на рисунке 1 схеме не решены вопросы источника энергии для выпаривания и нет системы создания и поддержания требуемого давления в нагревательной камере. Нами разработана и изготовлена лабораторная энергосберегающая вакуумная выпарная установка для повышения концентрации гуминового геля и других суспензий (рисунок 2).



1 – котёл с водяной рубашкой и теплоизоляцией; 2 – паропровод и конденсатор пара; 3 – эжектор; 4 – центробежный насос подачи рабочей воды в эжектор; 5 – охладитель (система отопления); 6 – газитель скорости струи; 7 – бак для воды; 8 – трубопровод из электрического котла в рубашку; 9 – трубопровод из рубашки в электрический котёл; 10 – трубопровод рабочей воды для эжектора; 11 – манометр перед эжектором; 12 – вакуумметр; 13 – манометр после эжектора; 14 – центробежный насос подачи воды в систему отопления; 15 – электрический котёл; 16 – расширительный бачок; 17 – термометр; 18 – вентиль; 19 – патрубок слива из котла концентрированного продукта

Рисунок 2 – Схема энергосберегающей вакуумной выпарной установки повышения концентрации гуминового геля

Figure 2 - Diagram of an energy-saving vacuum evaporation plant for increasing the concentration of humic gel

Работа установки. Через расширительный бачок 16 заливается вода в рубашку котла и электрический котёл 15 до уровня воды в расширительном бачке 50 мм. Котёл заполняется гуминовым гелем, герметично закрывается крышкой, в гнездо термометра наливается вода и устанавливается термометр 17.

Включается электрический котёл 15. Вода нагревается в электрическом котле, охлаждается в рубашке котла и за счёт разности

ЛАБОРАТОРНАЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ВАКУУМНАЯ ВЫПАРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГУМИНОВОГО ГЕЛЯ

плотностей горячей и холодной воды циркулирует между электрическим котлом и рубашкой по трубопроводам 8 и 9. Температура гуминового геля поднимается до 60 °С. Включается центробежный насос 4, вода из бака 7 подаётся в эжектор 3. Вакуумметрическое давление в котле поддерживается в диапазоне 70–80 кПа и контролируется вакуумметром 12, при этом температура кипения геля поддерживается в диапазоне 60–68 °С. Вентилем 18 регулируется давление рабочей воды перед эжектором 3 и, соответственно, регулируются давление и температура в котле. Давление рабочей воды перед эжектором контролируется манометром 11. Пар из котла удаляется по трубопроводу 2. Пар конденсируется в трубопроводе, корпусе эжектора и, если остаётся, в диффузоре эжектора [12–15].

Бак 7, насосы и эжектор расположены в другом помещении. Температура воды в баке 7 не должна превышать 35 °С и не должна быстро понижаться. Быстрое понижение температуры в баке 7 приводит к столь же быстрому понижению давления в котле 1, бурному кипению геля, выбросу геля в паропровод 2 и его потерям. Насосом 14 вода из бака 7 подаётся в систему отопления 5 и охлаждённая возвращается в бак 7.

Таблица 1 – Техническая характеристика лабораторной вакуумной выпарной установки

Table 1 - Technical characteristics of the laboratory vacuum evaporation plant

| Показатели | Значения |
|---|-----------|
| Ёмкость котла, л | 50 |
| Продолжительность цикла не более часов | 10 |
| Производительность по испаренной влаге, кг/ч | 6 |
| Максимальный вакуум, кПа (кг/см ²) | 96 (0,96) |
| Минимальная температура кипения продукта, °С | 60 |
| Мощность электрического котла, кВт | 6 |
| Ёмкость электрического котла и рубашки котла, л | 20 |
| Габаритные размеры: | |
| длина, мм | 1500 |
| ширина, мм | 1000 |
| высота, мм | 1200 |
| Мощность электродвигателя центробежного насоса, кВт | 3 |
| Масса установки, кг | 130 |

С целью предотвращения попадания пырьков воздуха в насосы 4 и 14 вода после эжектора и из системы отопления вода сливается через гаситель скорости 6 с малой скоростью в отдельную секцию бака. Из секции слива вода через перегородку переливается в секцию забора. Из бака 7 тёплая вода

периодически забирается на технические и бытовые нужды. Рассматриваемую установку можно назвать энергосберегающей.

Электрический котёл содержит три медных ТЭНа по 2 кВт. Каждый ТЭН подключён через автоматический выключатель. При достижении температуры воды в рубашке 85 °С ТЭНЫ автоматически отключаются. По мере понижения уровня геля в котле ТЭНЫ по одному отключаются. Выпаривание заканчивается при работе одного ТЭНа. При достижении требуемой концентрации геля электрический котёл выключается, через 2 минуты выключается насос подачи рабочей воды в эжектор, после чего давление в котле выравнивается с атмосферным давлением. Концентрированный гель сливается через патрубок 19 в ёмкость.

При повышении концентрации гуминового геля на предлагаемой установке в десять раз время одного цикла работы установки составляет 10 часов, из них один час на нагрев установки до рабочей температуры, что совпадает с результатами расчётов.

Разработана методика расчёта расхода энергии и количества полученного пара при повышении концентрации гуминового геля. При мощности нагревателя 6 кВт образуется 59,4 м³ пара в час или 0,0165 м³/с. Полученные результаты являются исходными данными для расчёта системы удаления пара [16–19]. Разработана методика расчёта затрат энергии и времени нагрева вакуумной выпарной установки до рабочей температуры. При нагреве установки с баком 50 литров от начальной температуры установки 10 °С до температуры котла и воды в рубашке 85 °С, а гуминового геля до 60 °С потребуется 21615 кДж.

ВЫВОДЫ

1. Совместно с сотрудниками НПЦ «Эврика» доказано, что при повышении концентрации гуминового геля методом выпаривания под вакуумом при температуре 60–65 °С лучше сохраняются полезные свойства гуминовых препаратов, чем при повышении концентрации в осадительных центрифугах.

2. Создан опытный образец энергосберегающей вакуумной выпарной установки периодического действия, эжектора и системы удаления пара. При расчётах определены и экспериментально подтверждены рациональные конструкционные и технологические параметры установки, при которых достигается повышение качества гуминовых препаратов и увеличение производительности технологической линии их производства. При нагреве установки с баком 50 литров от начальной температуры установки 10 °С до температуры котла и воды в рубашке 85 °С, а

гуминового геля до 60 °С потребуется 21615 кДж, время нагрева до рабочей температуры установки нагревателем 6,0 кВт составляет один час. При повышении концентрации геля в два раза необходимо испарить 25 кг воды и затратить 58,4 МДж. При повышении концентрации геля в десять раз необходимо испарить 45 кг воды и затратить 105,3 МДж, при этом время одного цикла составляет 10 часов.

3. При мощности нагревателя 6 кВт образуется 59,4 м³ пара в час или 0,0165 м³/с. Полученные результаты являются исходными данными для расчёта системы удаления пара. Для создания вакуума и удаления пара рационально использовать эжектор, в качестве рабочей жидкости – воду. Диаметр рабочего сопла эжектора 5 мм, входного сопла в камеру смещения 10 мм, давление рабочей жидкости 300–500 кПа. Расход рабочей жидкости 0,0005–0,0010 м³/с.

4. Во время отопительного сезона для установки целесообразно брать энергию из системы отопления, а после установки теплую воду использовать на отопление, технические и бытовые нужды. Экономический эффект ожидается за счёт повышения качества гуминовых препаратов, увеличения производительности линии, уменьшения затрат ручного труда и стоимости оборудования, исключение эксплуатационных затрат дорогих медицинских центрифуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биологическая активность гуминовых веществ: перспективы и проблемы их применения в медицине (обзор) / И.А. Савченко [и др.] // МедиАль. 2019. № 1 (23). С. 54–60.
2. Китапова Р.Р., Зиганшин А.У. Биологическая активность гуминовых веществ, получаемых из торфа и сапропеля // Казанский мед. ж. 2015. №1. С. 84–89.
3. Светлова С.Ю., Дронова Е.В., Наумова Э.М. Региональные особенности гуминовых кислот как лекарственного сырья (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2019. № 4. С. 168–176.
4. Полуянова И.Е. Биологическая активность гуминовых веществ, получаемых из торфа, и возможности их использования в лечебной практике // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. 2017. № 4. С. 114–122.
5. Сухих А.С., Кузнецов П.В. Перспективы применения гуминовых и гуминоподобных кислот в медицине и фармации // МвК. 2009. № 1. С. 10–14.
6. Александрова С.С., Прокопьев Л.Н., Садвокасова А.А. Использование гумата натрия «Росток» в рационах телят // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 10. С. 83–85.
7. Александрова С.С. Гумат натрия "Росток" в рационах ремонтных телок // Аграрный вестник Урала. 2016. № 11 (153). С. 8–12.
8. Безуглова О.С., Зинченко В.Е. Применение гуминовых препаратов в животноводстве (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 2. С. 89–93.

9. Грехова И.В. Особенности производства и применения гуминовых препаратов // Современные научно-практические решения в АПК : матер. Всерос. науч.-практ. конф. Тюмень, 2017. С. 600–604.

10. Фоминых А.В., Овчинников Д.Н. Сравнительная оценка способов получения гуминового концентрата // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2015. № 7. С. 18–20.

11. Линия производства гуминосодержащего препарата : Патент 132071 Российская Федерация, МПК С 05 F 11/00. / Фоминых А.В., Овчинников Д.Н., Ездин Д.П. ; Патентообладатель Фоминых А.В. № 2012148655/13; заявл.15.11.2012; опубл.10.09.2013, Бюл. № 25. 9 с. : ил.

12. Овчинников Д.Н., Фомина С.В., Стрекаловских Н.С. Выбор насоса для создания вакуума в выпарной установке // Приоритетные направления развития энергетики в АПК : матер. Всерос. науч.-практ. конф. Курган, 2017. С. 464–468.

13. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. 3-е издание, переработанное. М. : Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

14. Спиридонов Е.К. Конструкции жидкостно-газовых струйных насосов. Состояние и перспективы // Вестник ЮУрГУ. 2005. № 1. С. 94–104.

15. Исмагилов А.Р., Спиридонов Е.К. Рабочий процесс и характеристики жидкостногазовых струйных насосов с эжектируемой парогазовой средой // ПромИнжиниринг : матер. международной науч.-техн. конф. Челябинск, 2016. С. 32–35.

16. Фоминых А.В., Овчинников Д.Н. Линия по производству гуминосодержащего препарата // Главный зоотехник. 2016. № 12. С. 39–43.

17. Фомина С.В., Стрекаловских Н.С. Повышение концентрации жидких кормовых добавок при низких температурах кипения // Техническое обеспечение технологий производства сельскохозяйственной продукции : матер. Всерос. науч.-практ. конф. Курган, 2017. С. 131–135.

18. Фоминых А.В., Фомина С.В., Стрекаловских Н.С. Установка повышения концентрации жидких кормовых добавок // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 3 (23). С. 75–77.

19. Ездина А.А., Пономарева О.А., Фоминых А.В. Моделирование регулирующего устройства с закручиванием потока // Ползуновский вестник. 2018. № 1. С. 106–110.

Информация об авторах

А. В. Фоминых – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технические системы и сервис в агробизнесе, Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева.

С. В. Фомина – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технические системы и сервис в агробизнесе, Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева.

Д. П. Ездин – соискатель кафедры технические системы и сервис в агробизнесе, Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева.

А. А. Ездина – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрифици-

ЛАБОРАТОРНАЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ВАКУУМНАЯ ВЫПАРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГУМИНОВОГО ГЕЛЯ

кации и автоматизации сельского хозяйства, Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева.

Н. А. Ковшова – старший преподаватель кафедры экономической безопасности, анализа и статистики, Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева.

REFERENCES

1. Savchenko, I.A., Korneeva, I.N., Luksha, E.A. & Pasechnik, K.K. (2019). Biological activity of humic substances: prospects and problems of their application in medicine (review). *Me-Dial*, 1 (23), 54-60. (In Russ.).
2. Kitapova, R.R. & Ziganshin, A.U. (2015). Biological activity of humic substances obtained from peat and sapel. *Kazan med. zh*, (1), 84-89. (In Russ.).
3. Svetlova, S.Yu., Dronova, E.V. & Naumova, E.M. (2019). Regional peculiarities of humic acids as medicinal raw materials (literature review). *Bulletin of new medical Technologies. Electronic edition*, (4), 168-176. (In Russ.).
4. Poluyanova, I.E. (2017). Biological activity of humic substances obtained from peat, and the possibility of their use in medical practice. *International reviews: clinical practice and health*, (4), 114-122. (In Russ.).
5. Dry, A.S. & Kuznetsov, P.V. (2009). Prospects of using GUMINOVICH and hominophobia acids in medicine and pharmacy. *MVK*, (1.), 10-14. (In Russ.).
6. Alexandrov, S.S., Prokop, L.N. & Sadvokasova, A.A. (2015). The Use of sodium HUMATE Rostok in the diets of calves. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, 29 (10), 83-85. (In Russ.).
7. Alexandrova, S.S. (2016). Sodium humate "Rostok" in the rations of repair heifers. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 11 (153), 8-12. (In Russ.).
8. Bezuglova, O.S. & Zinchenko, V.E. (2016). Application of humic preparations in animal husbandry (review). *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, 30 (2), 89-93. (In Russ.).
9. Grekhova, I.V. (2017). Features of production and application of humic preparations. *Modern scientific and practical solutions in the agro-industrial complex: mater. Vseross. nauch.-prakt. konf. Tyumen*, 600-604. (In Russ.).
10. Fominykh, A.V. & Ovchinnikov, D.N. (2015). Comparative assessment of methods for obtaining humic concentrate. *Feeding of agricultural livestock and feed production*, (7), 18-20. (In Russ.).
11. Fominykh, A.V., Ovchinnikov, D.N. & Ezdin, D.P. (2013). Production line of a humin-containing preparation. *Pat. 132071 Russian Federation*, publ. 10.09.2013, Byul. (25),9. (In Russ.).
12. Ovchinnikov, D.N., Fomina, S.V. & Strekalovskikh, N.S. (2017). The choice of a pump for creating a vacuum in a vaporizing plant. Priority directions of energy de-

velopment in the agroindustrial complex: mater. All-Russian scientific and practical conference. Kurgan, pp. 464-468.

13. Sokolov, E.Ya. & Singer, N.M. (1989). Jet apparatuses. - 3rd edition, revised. Moscow : Energoatomizdat. (In Russ.).

14. Spiridonov, E.K. (2005). Designs of liquid-gas jet pumps. State and prospects. *Bulletin of SUSU*, (1), 94-104. (In Russ.).

15. Ismagilov, A.R. & Spiridonov, E.K. (2016). Working process and characteristics of liquid-gas jet pumps with ejected steam-gas medium. *Prom-Engineering: mater. international science and technology conf. Chelyabinsk*, pp. 32-35. (In Russ.).

16. Fominykh, A.V., Ovchinnikov, D.N. (2016). Line for the production of a humic-containing. *Glavnyzootekhnik*, (12), 39-43. (In Russ.).

17. Fomina, S.V. & Strekalovskikh, N.S. (2017). Increase in the concentration of liquid feed additives at low boiling temperatures. *Technical support of agricultural production technologies: mater. All-Russian scientific and practical Conference-Kurgan*, pp. 131-135. (In Russ.).

18. Fominykh, A.V., Fomin, S.V. & Strekalovsky, N.S. (2017). Boosting concentrate the liquid feed supplements. *Bulletin of the Kurgan state agricultural Academy*, 3 (23), 75-77. (In Russ.).

19. Ezdina, A.A., Ponomarev, O.A. & Fominykh, A.V. (2018). Modeling control devices with twisting thread. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 106-110. (In Russ.).

Information about the authors

A. V. Fomin – doctor of technical Sciences, Professor, Professor of the Department of technical systems and services in the agribusiness, Kurgan state agricultural Academy named after T.S. Maltsev.

S. V. Fomin – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of technical systems and services in the agribusiness, Kurgan state agricultural Academy named after T.S. Maltsev.

D. P. Ezdin – applicant of the Department of technical systems and services in the agribusiness, Kurgan state agricultural Academy named after T.S. Maltsev.

A. A. Ezdina – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Electrification and Automation of Agriculture, Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev.

N. A. Kovshova – Senior Lecturer of the Department of Economic Security, Analysis and Statistics, Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev.

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

Статья поступила в редакцию 05.04.2021; одобрена после рецензирования 22.05.2021; принята к публикации 01.06.2021.

The article was submitted to the editorial board on 05 Apr 21; approved after review on 22 May 21; accepted for publication on 01 June 21.



Научная статья

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

УДК 635.655

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.012

БЕЛКОВЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ СОИ: ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Елена Алексеевна Бычкова ¹, Анна Викторовна Борисова ²

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

¹ bychkova.aleon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1291-0752>

² anna_borisova_63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

Аннотация. Соя – один из немногих растительных источников белка, в котором содержится весь необходимый набор аминокислот и витаминов, она является сырьем для получения белковых концентратов: текстуратов, изолятов и гидролизатов. Целью работы является выяснение того, какие исследования осуществляются в ходе создания, освоения и реализации белковых концентратов из масличных культур на примере сои в России и за рубежом, а также проведение анализа публикационной активности и теоретической проработки данной темы за последние годы. Установлено, что основным методом получения соевых белковых текстуратов – экструзионная варка теста, изоляты чаще всего получают экстракцией масла из семян сои, гидролизаты получают путем кислотного гидролиза. Переработка сои наиболее изучена в странах США, Израиля и Японии. Из сои можно выделить большое количество белка, ее выращивание экономически выгодно, не наносит вреда экологии и является безотходным производством. По сравнению с другими странами Россия в настоящее время отстает в количестве проведенных исследований о значении сои как заменителя белка, имеет гораздо меньше ассортимента белковой продукции, в том числе белковых концентратов.

Ключевые слова: соя, масличная культура, белок, технология производства, соевые концентраты, текстураты, изоляты, гидролизаты, пищевая промышленность.

Для цитирования: Бычкова, Е. А., Борисова, А. В. Белковые концентраты сои: технологии производства и перспективы применения // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 88–94. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.012.

Original article

SOY PROTEIN CONCENTRATES: PRODUCTION TECHNOLOGIES AND APPLICATION PROSPECTS

Elena A. Bychkova ¹, Anna V. Borisova ²

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

¹ bychkova.aleon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1291-0752>

² anna_borisova_63@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

Abstract. Soy is one of the few vegetable sources of protein, which contains all the necessary set of amino acids and vitamins, it is the raw material for the production of protein concentrates: tex-

© Бычкова Е. А., Борисова А. В., 2021

turates, isolates and hydrolysates. The aim of the work is to find out what research is being carried out in the course of the creation, development and sale of protein concentrates from oilseeds on the example of soybeans in Russia and abroad, as well as to analyze the publication activity and theoretical study of this topic in recent years. It is established that the main method of obtaining soy protein texturates is extrusion cooking of dough, isolates are most often obtained by extracting oil from soy seeds, hydrolysates are obtained by acid hydrolysis. Soybean processing is most studied in the United States, Israel, and Japan. A large amount of protein can be extracted from soy, its cultivation is economically profitable, does not harm the environment and is a waste-free production. Compared to other countries, Russia currently lags behind in the number of studies conducted on the importance of soy as a protein substitute, and has a much smaller range of protein products, including protein concentrates.

Keywords: soy, oilseeds, protein, production technology, soy concentrates, texturates, isolates, hydrolysates, food industry.

For citation: Bychkova, E. A. & Borisova, A. V. Soy protein concentrates: production technologies and application prospects. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 88-94. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.012.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире люди всё чаще обращаются к проблеме дефицита пищевого белка. Белки – это высокомолекулярные соединения, которые состоят из аминокислот, соединенных пептидной связью. Эти органические вещества являются важнейшими компонентами для нормального функционирования всех живых организмов. Однако в последнее время наблюдается существенное снижение потребления человеком белковой пищи в отличие от углеводсодержащей продукции. В связи с этим обеспеченность человечества пищевым белком также уменьшается, что приводит к различным заболеваниям, связанным с недостатком белков в организме.

Для того чтобы восполнить ресурсы белка, учёные начали выделять его из продуктов животного и растительного происхождения, используя при этом различные технологии производства. По ресурсным, экологическим и экономическим аспектам сырьё растительного происхождения является наиболее перспективным источником белка в сравнении с остальными. Белки, выделенные из масличных, зернобобовых и злаковых культур, которые употребляются как в пищу, так и на корм скоту, получили название белковых концентратов.

В таблице 1 представлены основные группы белковых препаратов для сои – текстуратов, изолятов и гидролизатов, и их краткая характеристика.

Таблица 1 – Белковые соевые концентраты

Table 1 – Soyproteinconcentrates

| Белковый препарат | Характеристика | Область применения |
|-------------------|---|--|
| Текстурат | Продукт, получаемый экструзионной варкой обезжиренной соевой муки и воды с последующим измельчением и сушкой | Аналог или заменитель мяса в кулинарии |
| Изолят | Концентрат соевого белка, получаемый кислотнo-щелочной экстракцией из обезжиренных хлопьев сои с последующей сушкой при высокой температуре и давлении и измельчением | Хлебобулочные изделия, замороженные десерты, мясная продукция |
| Гидролизат | Белковый продукт с частично расщепленным белком путем гидролиза для лучшего усвоения организмом | Питательная среда для дрожжей, косметическая промышленность, пищевые добавки для спортивного питания |

Цель работы: выяснить, какие исследования осуществляются в ходе создания, освоения и реализации такой продукции, как белковые концентраты из масличных культур на примере сои в России и за рубежом, а также провести анализ публикационной активности и теоретической проработки данной темы за последние годы.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ

Популярность и актуальность исследуемой темы изучена на основе динамики публикационной активности по теме производства белковых концентратов из масличных культур на примере сои с 2011 по 2021 годы, представленной на рисунке 1.

Число научных публикаций в базах данных по ключевому слову " Белковые соевые препараты"



Рисунок 1 – Результаты поиска научных публикаций в базах данных по ключевому слову «Белковые соевые препараты»

Figure 1 - Search results for scientific publications in databases for the keyword "Protein soy preparations"

Анализ построенной диаграммы дал понять, что количество статей по исследованию белковых соевых препаратов непрерывно растет в крупнейших международных базах данных, одной из которых является ScienceDirect. Уже к середине марта 2021 года выпущено 1829 публикаций, что подчеркивает актуальность выбранной темы работы. Однако в российской научной электронной библиотеке Кибер Ленинка публикации статей о производстве белковых концентратов встречаются гораздо реже в сравнении с международными базами данных. Это подтверждает преимущество изучения иностранных источников для развития данной отрасли промышленности в нашей стране.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СОЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ И ИННОВАЦИИ В ДАННОЙ ОБЛАСТИ

Основными видами соевых белковых концентратов являются соевые текстураты, изоляты и гидролизаты. Соевый текстурат – это продукт, полученный из обезжиренной соевой муки, применяется как аналог или за-

менитель мяса. Широко используется в вегетарианской и восточноазиатских кухнях. Соевый белковый изолят – это пищевая добавка, поставляющая в организм растительный белок. Считается наиболее качественным и легко усвояемым протеином. Соевый гидролизат представляет собой частично расщепленный белок с фрагментами из нескольких связанных аминокислот, их натриевых солей и полипептидных остатков.

Создание практически безграничного количества авторских технологий производства позволяют получить белковые концентраты, отличающиеся между собой по показателям качества. Существует 3 основных способа получения белковых изолятов: экстракция, осаждение и нейтрализация при заданном значении кислотности. Предпочтение отдается методам с эффективной переработкой соевого шрота. В качестве альтернативных способов получения изолятов рассматривают ультрафильтрацию и обратный осмос. Кроме этого применяют химическое воздействие на белок (например, ацилирование) [1].

Для получения гидролизатов белков также используются различные технологии. Бел-

ки могут быть эффективно гидролизованы кислотной, щелочной, термической и ферментативной обработкой как по отдельности, так и в комбинации. Помимо прочего, был изучен кавитационный гидролиз соевых белков. Его можно проводить при комнатной температуре в водных растворителях и в условиях окружающей рабочей температуры и давления. В настоящее время гидродинамическая кавитация становится новым, нетепловым, энергоэффективным и экологически чистым подходом для различных применений в пищевой промышленности [2].

Кроме химических модификаций соевого шрота для увеличения содержания белка в изоляте применяют и генетические исследования по выведению сортов с повышенным содержанием белка. В декабре 2020 года получены новые линии сои Теннесси, которые по физико-химическим показателям явно отличаются от контрольного образца сои. Примечательно, что белки из новой линии сои имели самое высокое содержание белка в порошке экстракта, самое высокое содержание общих незаменимых аминокислот и заряженных аминокислот, лучшее свойство гелеобразования и самую высокую растворимость при нейтральной кислотности, что должно обеспечить его уникальные применения. Скорее, сообщение о физических и химических свойствах белков из этих новых линий сои может вдохновить других ученых на дальнейшее изучение их применения и направить усилия по селекции для получения белков не только с улучшенным составом аминокислот, но и с желаемыми функциональными возможностями [3].

ПРИМЕНЕНИЕ СОЕВЫХ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В МЯСНОЙ И РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Соевые белковые концентраты широко применяются в мясной и рыбной промышленности. Наиболее часто применяемый метод выделения белка сои для мясных продуктов – метод экстракции или термокоагуляции, очищение белка от примесей и дальнейшая концентрация. Текстураты применяются для получения продуктов из фарша (мясные, рубленые, замороженные полуфабрикаты), где необходима гидратация в соотношении 1 : 3, чтобы продукт на выходе не получился сухим. Для производства высокофункциональных концентратов необходимо провести дополнительную гидротермическую обработку [4].

Если учитывать доступность, стоимость и функциональность обработки, соя наиболее

широко используется в качестве строительного блока для альтернативных мясных продуктов. Агрегация, гелеобразование и образование волокон происходит через нагревание и экструзию, наблюдается масляное связывание и эмульгирование [5].

В 2016 году был разработан метод иммуногистохимического определения соевых белков в составе мясного сырья. В сравнении с методами, которые использовались ранее (Гистологический метод определения растительных белковых добавок), данный метод оказался наиболее чувствительным и эффективным. Препараты окрашивались гематоксилином и эозином, с их помощью удалось определить внешний вид соевых изолированных белков, концентратов и текстуратов [6].

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет предложил разработать технологию внесения соевых концентратов в мясо рыб и расширить ассортимент рыбных формованных изделий с повышенным содержанием белка. Для этого в подготовленный фарш добавляли соевый текстурат для получения продукции с высокой пищевой и биологической ценностью [7].

Ученые из Китая, напротив, предложили составить новый рацион питания для рыб и заменить привычную рыбную муку у золотого караса на соевый белок. После проведения целого ряда исследований выяснилось, что частичная замена рыбной муки вполне возможна [8].

ДРУГИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СОЕВОГО БЕЛКА

Сою также используют в технологии производства функциональных продуктов питания, а именно пастообразных продуктов на основе соевого белка. Технологическая схема подготовки основного компонента соевых паст – сои – включает следующие операции: сепарирование, мойку бобов, замачивание, бланширование, охлаждение, измельчение, смешивание с другими компонентами рецептурного состава, гомогенизацию, подогревание, фасование [9].

Методом бездымного копчения получен соевый белок в виде тофу – диетический продукт на основе соевого молока. Метод заключается в приготовлении белковой суспензии путем дезинтеграции зерна сои в водной среде, разделении суспензии на нерастворимый остаток и белковую дисперсную систему (соевое молоко), а также коагуляцию

белка в ней, смешивание со специями и пряностями [10].

Изучено влияние изолятов соевого белка, пептидов сои и их соответствующих гидролизатов на *Lactobacillus rhamnosus* путем монокультуривирования и совместного культивирования. Обнаружено, что изоляты соевого белка, пептиды соевых бобов и их перевариваемые вещества могут способствовать росту и продукции короткоцепочечных жирных кислот *L. Rhamnosus* [11].

В журнале «Вестник Красноярского государственного аграрного университета» обоснован новый способ модификации соевого сырья для получения соево-овощного компонента пищевых концентратов первых обеденных блюд. Наблюдается повышение качества продукции [12].

Модифицированный соевый белок можно использовать при производстве мороженого, как утверждают ученые из Кубанского государственного технологического университета, так как он имеет высокую способность к пенообразованию, эмульгированию и адсорбции жира [13].

Изучение растительных белковых концентратов сои дало понять, что, так как они подвержены щелочному гидролизу, происходит влияние на вязкость, растворимость продукции. Такие модифицированные растительные белки могут быть использованы для повышения эффективности склеивания древесины [14].

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА ПРОИЗВОДСТВА И РАЗВИТИЯ РЫНКА ПИЩЕВЫХ СОЕВЫХ БЕЛКОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Производство соевых белков, таких как текстуранты, гидролизаты и изоляты, стремительно развивается на мировом рынке. Это связано с тем, что соя является наиболее ценным заменителем пищевого и кормового белка, так как содержит незаменимые аминокислоты в своём составе, а также по биологической ценности не уступает животным белкам.

В статье, написанной М. Л. Доморощенковой, Л. Н. Лишаевой, определены основные фирмы-производители соевых изолятов и концентратов, среди них тройка лидеров: ADM (США), Solae (США) и Solbar Hatzor (Израиль). Также говорится о перспективах развития технологий производства соевых белков в направлении совершенствования функционально-технологических свойств белков и белковых добавок, улучшения их медико-

биологических характеристик; повышения рентабельности производства за счет рациональной утилизации побочных продуктов и отходов с выделением хозяйственно-ценных компонентов. Кроме того, в создании новых марок растительных белков и белковых продуктов особую роль приобрели процессы ферментативной модификации [15].

В другой научной статье этого же автора (Доморощенковой М. Л.) изучены особенности рынка белковых соевых концентратов в России. Указано, что производство соевых концентратов за последние годы имеет тенденции к росту, основное производство сосредоточено на Дальнем Востоке, а самый большой завод – ОАО «Иркутский масложиркомбинат». Наибольшее внимание в России уделяется производству соевых текстурантов, так как в настоящее время они только импортируются в нашу страну [16].

Те же особенности отечественного производства белковых текстурантов прослеживаются и в статье Антиповой Л. В. Перспективность создания отечественных белковых препаратов для пищевых отраслей промышленности представляет научно-практический интерес. Однако, несмотря на очевидную перспективность и наличие источников растительного белка в достаточном объеме, отечественное производство текстурантов практически отсутствует [17].

Лисицын А. Б., Захаров А. Н., Исаков М. Х. и Алиев М. С. описали современное состояние российского рынка соевых белков. Несмотря на перспективы развития производства соевых белковых концентратов в России, люди в большей части негативно относятся к сое, основываясь на данных СМИ о вреде данного продукта [18].

В научном журнале «Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии» опубликована статья о том, что урожайность сои в нашей стране остается невысокой. Однако соя, выращенная в России, является очень ценным продуктом, как внутри страны, так и для мирового рынка. Это связано с тем, что отечественная соя не является генетически модифицированным продуктом [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После проработки теоретического материала, представленного различными научными исследованиями в области изучения соевых белковых концентратов, можно сделать следующие выводы по данной работе. Основным методом получения белковых текстурантов – экструзионная варка теста, изоляты ча-

ще всего получают экстракцией белка из семян сои, гидролизаты получают путем кислотного гидролиза белка. Однако выделение из сои соевых концентратов не ограничивается только этими методами. Соевую белковую продукцию также производят при совершенствовании уже существующих методов, кроме того используют различные авторские методики. Всё это позволяет получить на выходе более качественную продукцию, которая по своим свойствам будет отличаться от продукции, полученной ранее, что способствует дальнейшему развитию данной области промышленности.

Переработка сои наиболее изучена в странах США, Израиля и Японии. С каждым годом возрастает интерес к получению белковых концентратов из соевой масляной культуры. Из сои можно выделить большое количество белка, ее выращивание экономически выгодно, не наносит вреда экологии и является безотходным производством.

По сравнению с другими странами, Россия в настоящее время отстает в количестве проведенных исследований о значении сои как заменителя белка, имеет гораздо меньше ассортимента белковой продукции, в том числе белковых концентратов. В России недостаточно изучено применение соевых концентратов для корма скота, выбор мясных блюд из соевых продуктов достаточно узок, практически нет кондитерского, хлебопекарного, фармацевтического применения соевых белков в данной области. Помимо этого, в мире набирает популярность использование белковых концентратов сои в спортивном, функциональном и здоровом питании.

Все эти факторы дают нашей стране хорошие перспективы дальнейшего изучения темы о соевых белковых концентратах и применение ее в различных областях производства, что благоприятно повлияет на общий уровень здоровья населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пилипенко А.А. Способы переработки соевого шрота для получения пищевых белков // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2019. № 1. С. 79–83.
2. Production of biologically active peptides by hydrolysis of whey protein isolates using hydrodynamic cavitation / A.B. Muley & all // Ultrasonics Sonochemistry. 2021. V. 71. 105385.
3. Physicochemical properties of proteins extracted from four new Tennessee soybean lines / Ji-wang Chen & all // Journal of Agriculture and Food Research. 2020. V. 2. 100022.

4. Использование соевых белков в переработке мяса / П. Микляшевски [и др.] // Всё о мясе. 2006. № 3. С. 10–13.
5. Sha Lei., Xiong Youling L. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges // Trends in Food Science & Technology. 2020. V. 102. P. 51–61.
6. Пчелкина В.А. Разработка иммуногистохимического метода выявления соевых белков в мясных продуктах // Всё о мясе. 2016. № 3. С. 23–20.
7. Петрова Л.Д., Богданов В.Д. Рыбные формованные изделия с соевыми белковыми текстурами // Пищевая промышленность. 2013. № 2. С. 74–76.
8. The effects of substituting fish meal with soy protein concentrate on growth performance, antioxidant capacity and intestinal histology in juvenile golden crucian carp / Rui Zhu & all // Aquaculture Reports. 2020. V. 18. 100435.
9. Варивода А.А. Перспективное использование масложирового сырья для функциональных продуктов питания // Ползуновский вестник. 2019. № 2. С. 75–79.
10. Кодирова Г.А., Кубанкова Г.В. Получение соевого белкового продукта с использованием метода бездымного копчения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2019. № 10. С. 160–167.
11. Effects of soybean protein isolates and peptides on the growth and metabolism of *Lactobacillus rhamnosus* / Chi Zhang [& all] // Journal of Functional Foods. 2021. V. 77. 104335.
12. Разработка биотехнологии пищевых концентратов с использованием соево-овощных компонентов / С.М. Доценко [и др.] // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2010. № 9. С. 174–176.
13. Бархатова Т.В., Егунов А.Г. Замена импортных стабилизирующих систем модифицированным соевым белком в производстве мороженого // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 4. С. 117–118.
14. Protein adhesives: Alkaline hydrolysis of different crop proteins as modification for improved wood bonding performance / E. Averina [& all] // Industrial Crops & Products. 2021. V. 161. 113187.
15. Доморощенкова М.Л., Лишаева Л.Н. Некоторые аспекты производства и формирования рынка соевых белков на современном этапе // Пищевая промышленность. 2010. № 2. С. 32–39.
16. Доморощенкова М.Л. Особенности современного этапа производства и развития рынка пищевых соевых белков в России // Пищевая промышленность. 2006. № 10. С. 68–69.
17. Антипова Л.В., Толпыгина И.Н., Мартемьянова Л.Е. Текстураты растительных белков для производства продуктов питания // Пищевая промышленность. 2014. № 2. С. 20–23.
18. Современное состояние российского рынка сои и соевых белков / А.Б. Лисицын [и др.] // Всё о мясе. 2014. № 4. С. 20–23.
19. Дорохов А.С., Бельшикина М.Е., Большова К.К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы // Вестник

Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 25–33.

Информация об авторах

Е. А. Бычкова – магистрант Самарского государственного технического университета.

А. В. Борисова – к.т.н., доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания Самарского государственного технического университета.

REFERENCES

1. Pilipenko, A.A. (2019). Methods for processing soybean meal for the production of food proteins. *International journal of applied science and technology "Integral"*, (1), 79-83. (In Russ.).
2. Each, A.B., Pandit, A.B., Singhal, R.S. & Dalvi, S.G. (2021). Production of biologically active peptides by hydrolysis of whey protein isolates using hydrodynamic cavitation. *Ultrasonics Sonochemistry*, (71), 105385.
3. Chen, Jiwang, Gang, Liu, Vincent, Pantalone & Qixin, Zhong. (2020). Physicochemical properties of proteins extracted from four new Tennessee soybean lines. *Journal of Agriculture and Food Research*, (2), 100022.
4. Miklaszewski, P., Pryanishnikov, V.V., Babicheva, V.E. & Iltyakov, A. (2006). The Use of soy protein in meat processing. *All about the meat*, (3), 10-13. (In Russ.).
5. Sha, Lei. & Youling L., Xiong. (2020). Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends in Food Science & Technology*. (102), 51-61.
6. Pchelkina, V.A. (2016). Development of immunohistochemistry detection of soy proteins in meat products. *All about meat*. (3), 23-20. (In Russ.).
7. Petrova, L.D. & Bogdanov, V.D. (2013). Fish formed products with soy protein texturate. *Food industry*. (2), 74-76. (In Russ.).
8. Zhu, Rui, Liang, Li, Min, Li, Zhe, Yu, Honghe, Wang & Lifang, Wu. (2020). The effects of substituting fish meal with soy protein concentrate on growth performance, antioxidant capacity and intestinal histology in juvenile golden crucian carp. *Aquaculture Reports*. (18), 100435.
9. Varivoda, A.A. (2019). Perspective use of oil and fat raw materials for functional food. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 75-79. (In Russ.).
10. Kodirova, G.A. & Kubankova, G.V. (2019). Receiving soy protein product by means of smokeless smoking method. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, (10), 160-167. (In Russ.).
11. Zhang, Chi, Yin Xiao, Zhang, Guorong, Liu, Wenhui, Li, Shaogi, Xia, He, Li & Xinqi, Liu. (2021). Effects of soybean protein isolates and peptides on the growth and metabolism of *Lactobacillus rhamnosus*. *Journal of Functional Foods*. (77), 104335.
12. Dotsenko, S.M., Kalenik, T.K., Fomin, A.V. & Obukhov, E.B. (2010). Development of the food concentrates biotechnology with application of the soya and vegetable components. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, (9), 174-176. (In Russ.).
13. Barkhatova, T.V. & Yegunov, A.G. (2003). Replacement of imported stabilizing systems with modified soy protein in the production of ice cream. *Food technology*, (4), 117-118. (In Russ.).
14. Averina, E., Konnerth, J., D'amico, Stefano & Hendrikus, W.G. (2021). Protein adhesives: the Alkaline hydrolysis of different proteins as crop modification for improved wood bonding performance. *Van Herwijnen. Industrial Crops & Products*, (161), 113187.
15. Domoroshchenkova, M.L. & Lishaeva, L.N. (2010). Some aspects of manufacture and formation of the market of soy fibers at the present stage. *Food industry*, (2), 32-39. (In Russ.).
16. Domoroshchenkova, M.L. (2006). Features of the modern stage of production and development of the market of food soy proteins in Russia. *Food industry*, (10), 68-69. (In Russ.).
17. Antipova, L.V., Tolpygina, I.N. & Martemyanova, L.E. (2014). Vegetable Proteins Texturates for Food Production. *Food industry*, (2), 20-23. (In Russ.).
18. Lisitsyn, A.B., Zakharov, A.N., Isakov, M.Kh. & Aliyev, M.S. (2014). Current state of the Russian market of soy and soy proteins. *All about meat*, (4), 20-23. (In Russ.).
19. Dorokhov, A.S., Belyshkina, M.E. & Bolsheva, K.K. (2019). Soy production in the Russian Federation: basic trends and development. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, (3), 25-33. (In Russ.).

Information about the authors

E. A. Bychkova – Master's Student, Samara State Technical University.

A. V. Borisova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of 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 20.04.2021; одобрена после рецензирования 22.05.2021; принята к публикации 01.06.2021.

The article was submitted to the editorial board on 20 Apr 21; approved after review on 22 May 21; accepted for publication on 01 June 21.



Научная статья

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

УДК: 636.085.552

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.013

НОВЫЙ ВИД КОМБИКОРМА ПОВЫШЕННОЙ КОРМОВОЙ ЦЕННОСТИ

Иван Валентинович Науменко ¹, Сергей Константинович Волончук ²,
Константин Яковлевич Мотовилов ³, Андрей Иович Резепин ⁴

^{1, 2, 3, 4} Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий, Краснообск, Россия

¹ u_sekretar_ip@ngs.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5593-4036>

² volonchuk 2015@yandex.ru

³ k.motovilov@ngs.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5714-9031>

⁴ and77579242@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4918-056X>

Аннотация. В статье изложены результаты разработки белково-углеводной добавки – нового вида комбикорма, отвечающего принципам безопасности и качества. Работу проводили в отделе научных направлений исследований комплексной переработки растительного сырья института переработки сельскохозяйственной продукции (СибНИТИП) СФНЦА РАН в рамках выполнения НИР.

Продукт создан на основе кормовой патоки, полученной ферментативным гидролизом из зерна пшеницы и молочной подсырной сыворотки с добавлением пшеничных отрубей и последующей ИК сушкой. Дано описание этапов технологии производства кормового продукта: заготовка, складирование и хранение сырья, входной контроль сырья, инфракрасное облучение зерна пшеницы, расчет рецептуры для получения комбикорма, механоакустическая обработка рецептурной смеси, смешивание патоки и отрубей; ИК сушка сырой смеси, упаковка, маркировка и хранение. Акцентируется внимание на критические контрольные точки (ККТ) на отдельных этапах технологического процесса, от которых зависит качество и безопасность продукта.

Дано обоснование выбора видов компонентов и их физико-химические показатели. Приводятся технологические режимы обработки сырья и полуфабриката (сырой кормовой добавки). Приведены органолептические, физико-химические показатели и показатели безопасности разработанного продукта. Повышение кормовой ценности обеспечивается выбором компонентов, их химическим составом и расчетом рецептуры. Даны рекомендации по упаковке и хранению продукта.

Ключевые слова: кормовая добавка, технология, сырье, инфракрасное излучение, ферменты.

Для цитирования: Новый вид комбикорма повышенной кормовой ценности / И. В. Науменко, [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 95–101. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.013.

Original article

A NEW TYPE OF INCREASED FODDER FEEDERVALUES

Ivan V. Naumenko ¹, Sergei K. Volonchuk ²,
Konstantin Ya. Motovilov ³, Andrey I. Rezepin ⁴

^{1, 2, 3, 4} Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies, Krasnoobsk, Russia

© Науменко И. В., Волончук С. К., Мотовилов К. Я., Резепин А. И., 2021

¹ u_sekretar_ip@ngs.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5593-4036>

² volonchuk 2015@yandex.ru

³ k.motovilov@ngs.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5714-9031>

⁴ and77579242@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4918-056X>

Abstract. *The article presents the results of the development of a new type of compound feed, a protein-carbohydrate supplement that meets the principles of safety and quality. The work was carried out in the Department of Scientific Research Areas of Complex Processing of Plant Raw Materials of the Institute for Processing Agricultural Products (SibNITIP) of the SFNCA RAS as part of the research work.*

The product is created on the basis of fodder molasses obtained by enzymatic hydrolysis from wheat grains and milk cheese whey with the addition of wheat bran and subsequent IR drying. A description of the stages of the feed product production technology is given: procurement, storage and storage of raw materials, incoming control of raw materials, infrared irradiation of wheat grain, calculation of the recipe for obtaining compound feed, mechano-acoustic processing of the recipe mixture, mixing molasses and bran; IR drying of the raw mixture, packaging, marking and storage. Attention is focused on critical control points (CCP) at certain stages of the technological process, on which the quality and safety of the product depends.

The substantiation of the choice of the types of components and their physicochemical indicators are given. The technological modes of processing raw materials and semi-finished products (raw feed additives) are given. The organoleptic, physical and chemical indicators and safety indicators of the developed product are given. The increase in feed value is provided by the choice of components, their chemical composition and formulation calculation. Recommendations for packaging and storage of the product are given

Keywords: *feed additive, technology, raw materials, infrared radiation, enzymes.*

For citation: Naumenko, I. V., Volonchuk, S. K., Motovilov, K. Ya. & Rezepin, A. I. (2021). A new type of compound feed of increased feed value. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 95-101. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.013.

АКТУАЛЬНОСТЬ И ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

В современной науке о кормлении сельскохозяйственных животных большое внимание уделяется кормовым добавкам, которые компенсируют недостаток тех или иных питательных ингредиентов в рационе, улучшают усвояемость его основных компонентов. При этом меньше затрачивается энергии на переваривание кормов, повышается продуктивность животных, улучшается состояние их здоровья [1–5].

В настоящее время, как в России, так и за рубежом, разработано большое количество кормовых добавок. Сырьём для их производства, как правило, являются отходы основных производств, так называемые вторичные ресурсы. Это лузга, жмыхи, шроты, отруби, пивная дробина и другие отходы. В связи с этим создание нового вида комбикорма повышенной ценности для кормления сельскохозяйственных животных является актуальной темой для исследований.

Целью исследований является разработка нового вида комбикорма повышенной ценности, отвечающего принципам безопасности и качества.

УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в отделе научных направлений исследований комплексной переработки растительного сырья института переработки сельскохозяйственной продукции (СибНИТИП) СФНЦА РАН в рамках выполнения НИР.

Инновационная технология производства нового кормового продукта – белково-углеводной кормовой добавки – включает следующие этапы:

- заготовку, складирование и хранение сырья;
- инфракрасное облучение зерна пшеницы;
- механоакустическую обработку рецептурной смеси;
- расчет рецептур для получения белково-углеводной кормовой добавки;
- смешивание патоки и отрубей;
- ИК сушку сырой белково-углеводной кормовой добавки;
- упаковку, маркировку и хранение.

На первом этапе осуществляется подбор поставщиков и закупка материалов, используемых при производстве кормовой до-

НОВЫЙ ВИД КОМБИКОРМА ПОВЫШЕННОЙ КОРМОВОЙ ЦЕННОСТИ

бавки. Проверяется их соответствие сопроводительным документам. В качестве сырья используются зерно пшеничное по ГОСТ Р 54078-2010 «Пшеница кормовая. Технические условия» (с Изменением № 1), сыворотка молочная подсырная по ГОСТ Р 53438-2009 «Сыворотка молочная. Технические условия», отруби пшеничные по ГОСТ 7169-2017 «Отруби пшеничные. Технические условия», вода, ферменты амилосубтилин (ТУ 9291-032-13684916-2013) и глюкавоморин (ТУ 9291-016-13684916-07).

Выбор их обоснован тем, что в зерне пшеницы содержатся углеводы – 66 %, белки – 13,9 %, клетчатка – 11,3 %, в молочной сыворотке – белки (творожная – 0,8 %, подсырная – 1,0 %), углеводы (в основном лактоза – 3,5 %), минеральные вещества. При выборе отрубей пшеничных учитывали их следующие достоинства: наличие углеводов – 16,0 %, клетчатки – 43,6 %, значительное количество белка – 15,5 %. Эта составляющая позволит увеличить количество белка и клетчатки в комPOSITE, т. е. заменить часть зерна пшеницы в рационе. Содержащиеся в сыворотке и отрубях витамины способствуют улучшению кроветворения и состава крови, что способствует улучшению здоровья животного.

Идентификация зерна осуществляется на основании информации, указанной в товаросопроводительных документах, по маркировке, визуальном осмотре ботанических признаков зерна, характерных для данного вида культуры, а также отличительных признаков, указанных в приложении 1 к техническому регламенту ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна».

При отсутствии в товаросопроводительных документах достаточной информации идентификацию проводят аналитическим методом – путем проверки соответствия физико-химических показателей зерна в соответствии со стандартами, указанными в статье 5 технического регламента ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна».

Также на основании информации, указанной в товаросопроводительных документах, проводили входной контроль ферментов, отрубей пшеничных, сыворотки молочной подсырной.

При приемке сыворотки обращают внимание на органолептические показатели (внешний вид, консистенцию, цвет, запах, вкус) и физико-химические (температуру, кислотность). Согласно разработанной системе качества и безопасности в технологии получения БУК, критической контрольной точкой (ККТ) на данном этапе, представляющей опасность для качества и безопасности

получаемого продукта, является температура молочной сыворотки [6]. Она не должна превышать 6 °С.

Отруби пшеничные оценивают визуально по органолептическим показателям.

При приемке ферментов обращают внимание на сроки годности, а при хранении на соответствие температурного режима, указанному в технических условиях.

Далее зерно пшеницы кондиционировали до влажности 12 %, установленной в предыдущих исследованиях и облучали инфракрасным (ИК) излучением в течение 70 секунд с плотностью потока 23 кВт/м² до физического разрушения зерен с образованием пористой структуры [7]. За счет этого повышается степень деструкции и декстринизации крахмала, что способствует лучшей его атакуемости амилолитическими ферментами и сокращению времени технологического процесса при дальнейшей переработке облученного зерна.

Технологический процесс получения кормовой патоки осуществляли на основании экспериментальных данных, полученных в предыдущих исследованиях [7]. Оборудование, в котором проводили ферментативную обработку реакционной смеси, тщательно промывали. Подготовленное зерно добавляли порциями в течение 10–15 минут в роторно-пульсационный аппарат (РПА) с предварительно залитой сывороткой молочной подсырной до соотношения зерна пшеницы и сыворотки 1 : 2,5 и подвергали гидромеханической обработке. После достижения в реакционном объеме температуры 45–48 °С в реакционную смесь вводили фермент амилосубтилин. При достижении в реакционной смеси температуры 74–75 °С её охлаждали до 62–65 °С и вводили глюкавоморин. Продолжительность технологического процесса контролировали отбором проб через каждый час с определением в них содержания сахаров. ККТ здесь является температура, которую корректировали подачей воды в рубашку роторно-пульсационного аппарата.

Белково-углеводную кормовую добавку получали смешиванием патоки с отрубями пшеничными и инфракрасной сухой смеси [8, 9].

Перед смешиванием кормовой патоки и отрубей проводили тщательную промывку оборудования чистой водой для удаления остатков моющих средств.

Затем патокой наполняли емкость для смешивания и в неё добавляли порциями необходимое количество отрубей, и тщательно перемешивали до получения однородной массы.

Сушку сырой добавки, распределенной по поддону толщиной 7–10 мм, проводили в автоматически поддерживаемом импульсном режиме включения ИК ламп. Лампы 5–7 с. включены и 15–20 с. выключены. Это исключает карамелизацию поверхностного слоя, т. к. температура в камере сушки не превышала 70 °С.

Выбор значений плотности потока ИК излучения 15–20 кВт/м² обусловлен результатами предыдущих исследований по ИК обработке зерновых культур и крахмала, проводившихся в СибНИТИП.

После охлаждения проводили механическое разрушение образовавшихся в процессе сушки крупных комочков до средних размеров 5 ± 2 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Белково-углеводная кормовая добавка, разработанная в СибНИТИП с использованием вторичных ресурсов – молочной подсырной сыворотки и пшеничных отрубей, – является весьма эффективной добавкой к основному корму, т. к. содержит легкоусвояемые углеводы, белок, необходимый для построения клеток животного, и клетчатку, необходимую для жизнедеятельности полезных микроорганизмов, участвующих в переваривании и усвоении кормов [10].

При разработке рецептур добавки руководствовались показателями химического состава компонентов, используемых в исследованиях и приведенных в таблице 1.

Расчеты рецептур, сделанные на основании экспериментальных данных, свидетельствуют о том, что с увеличением доли патоки в составе БУК, в нем повышается содержание сахаров как в сыром, так и в сухом виде (таблица 2). Содержание белков при этом снижается незначительно. При выборе рецептуры производителю следует ориентироваться на содержание сахаров в БУК и затраты энергии на сушку кормового продукта.

Сухой кормовой продукт должен отвечать следующим требованиям [9]:

- органолептические показатели: внешний вид: однородная сыпучая смесь, измель-

ченная крупностью не более 5–8 мм, без твердых включений, посторонних примесей и пригаров; цвет: от серого до коричневого; запах: свойственный набору входящих в рецепт компонентов, без затхлого, плесневого и других запахов (рисунок 1);

- физико-химические показатели: массовая доля влаги, не более 14 %; массовая доля сахаров, не менее 27–30 %; массовая доля белка, не менее 18 %, содержание клетчатки 43,6 %;

- показатели безопасности: общее число грибов, КОЕ/г, не более 5 × 10⁴; общее микробное число, КОЕ/г, не более 5 × 10⁵; наличие сальмонеллы в 25 г – не допускается; наличие патогенных эшерихий в 1,0 г – не допускается; токсичные элементы, мг/кг, не более: Hg – 0,1; Cd – 0,5; Pb – 5,0; As – 2,0; Пестициды, мг/кг, не более: гексахлорциклогексан, изомеры α – 0,02; β – 0,01; γ – 0,2. ДДТ и его метаболиты – 0,05. 2,4-Д кислота, ее соли, эфиры – 0,6. Радионуклиды, Бк/кг, не более: цезий-137 – 180, стронций-90 – 100; микотоксины, мг/кг, не более: афлатоксин В – 0,02; охратоксин А – 0,05; Т-2 токсин – 0,1; дезоксиниваленон – 1,0; зеараленон – 1,0; сумма афлатоксинов В, В, G, G – 0,02; антибиотики, мг/кг (л): левомицетин (хлорамфеникол) – не допускается (менее 0,0003); тетрациклиновая группа – не допускается (менее 0,01); стрептомицин – не допускается (менее 0,2); пенициллин – не допускается (менее 0,004).

Таблица 1 – Показатели химического состава компонентов БУК

Table 1 - Indicators of the chemical composition of the BUK components

| Компоненты | Содержание, % | | |
|------------------|---------------|--------|-----------|
| | Белки | Сахара | Влажность |
| Патока кормовая | 4,7 | 20,9 | 67,1 |
| Отруби пшеничные | 14,3 | 2,7 | 11,5 |

НОВЫЙ ВИД КОМБИКОРМА ПОВЫШЕННОЙ КОРМОВОЙ ЦЕННОСТИ

Таблица 2 – Рецептуры белково-углеводной кормовой добавки

Table 2 - Recipes of protein-carbohydrate feed additive

| Соотношение патока /отруби | Количество, кг | Количество компонентов в смеси, г | | | | Влажность в сыром БУК, % | Содержание сахаров в сыром БУК, % | Масса БУК после ИК сушки, г | Содержание сахаров в сухом БУК, % | Содержание белков в сухом БУК, % |
|----------------------------|----------------|-----------------------------------|-------|-------|----------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | | Белки | Сахар | Влага | Сухое вещество | | | | | |
| 1 : 0,7 | патока – 0,9 | 42,4 | 188,1 | 604,0 | 296,0 | 43,3 | 13,3 | 1033,8 | 19,9 | 15,2 |
| | отруби – 0,6 | 115,2 | 17,6 | 66,7 | 583,3 | | | | | |
| 1 : 0,5 | патока – 1,0 | 46,7 | 206,9 | 664,4 | 325,6 | 48,2 | 14,7 | 927,0 | 23,8 | 14,8 |
| | отруби – 0,5 | 90,4 | 13,6 | 58,5 | 451,5 | | | | | |
| 1 : 0,3 | патока – 1,1 | 51,9 | 229,9 | 738,2 | 361,8 | 52,5 | 16,1 | 856,7 | 28,1 | 14,1 |
| | отруби – 0,4 | 69,1 | 10,4 | 44,7 | 345,3 | | | | | |
| 1 : 0,33 | патока – 0,7 | 35,4 | 156,8 | 503,3 | 246,7 | 53,2 | 16,4 | 568,0 | 28,8 | 14,1 |
| | отруби – 0,2 | 44,3 | 6,7 | 28,7 | 221,3 | | | | | |
| 1 : 0,25 | патока – 0,8 | 37,7 | 167,2 | 536,9 | 263,1 | 56,0 | 17,3 | 540,0 | 31,9 | 13,5 |
| | отруби – 0,2 | 35,4 | 5,3 | 22,9 | 177,1 | | | | | |



Рисунок 1 – Сухой белково-углеводный композит

Figure 1 - Dryprotein-carbohydratecomposite

Сухую белково-углеводную кормовую добавку для КРС массой до 30 кг упаковывают в бумажные или тканевые мешки, в тканевые мешки с полиэтиленовым вкладышем, в мешки из полимерных или комбинированных материалов и в мягкие контейнеры.

Упаковка белково-углеводной кормовой добавки для КРС должна быть изготовлена

из материалов, использование которых в контакте с добавкой обеспечивает сохранность его качества, безопасность и неизменность идентификационных признаков при обращении продукции в течение всего срока хранения. Упаковку закрывают (зашивают, заклеивают, скрепляют) способом, обеспечивающим сохранность упаковки и кормовой

добавки в течение всего срока хранения при соблюдении условий транспортирования и хранения.

На каждую единицу транспортной тары наклеивают этикетку, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51849-2001.

Приемку, транспортирование и хранение комбикорма проводят по ГОСТ 51850-2001.

ВЫВОДЫ

Влияние кормовой патоки на продуктивность лактирующих коров и физиологическое состояние животных изложено в ряде публикаций [7]. Существенным недостатком патоки является короткий срок и особые условия хранения. Кроме того, в ней почти нет белков и клетчатки. В связи с этим была разработана технология производства нового кормового продукта длительного срока хранения, не требующего особых условий, сухого, сыпучего, содержащего в своем составе несколько питательных веществ [8, 11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Углеводно-белковая добавка для жвачных животных : патент Российской Федерации № 2450533 / В.А. Солошенко, В.М. Соколов, В.А. Рогачев ; заявл. 13.01.2011; опубл. 20.05.2012, Бюл. 14. 5 с.

2. Garg M.R., Sherasia P.L., Bhanderi B.M. [et al.] Effects of feeding nutritionally balanced rations on animal productivity, feed conversion efficiency, feed nitrogen use efficiency, rumen microbial protein supply, parasitic load, immunity and enteric methane emissions of milking animals under field conditions // *Journal Animal feed science and technology*. 2013. V. 179. Is. 1–4. P. 24–35. [https://doi: 10.1016/j.anifeedsci.2012.11.005](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.11.005).

3. Garg M.R., Sherasia P.L., Phondba B.T., Hossain S.A. Effect of feeding a balanced ration on milk production, microbial nitrogen supply and methane emissions in field animals // *Animal production science*. 2014. V. 54. Is. 10. P. 1657–1661. [https://doi: 10.1071/an14163](https://doi.org/10.1071/an14163).

4. Sanchez-Duarte J.I., Kalscheur K.F., Casper D.P., Garcia A.D. Performance of dairy cows fed diets formulated at 2 starch concentrations with either canola meal or soybean meal as the protein supplement // *Journal of dairy science*. 2019. V. 102. Is. 9. P. 7970–7979, [https://doi: 10.3168/jds.2018-15760](https://doi.org/10.3168/jds.2018-15760).

5. Корма и биологически активные кормовые добавки для животных / Н.В. Мухина, А.В. Смирнова, З.Н. Чиркай, И.В. Талалаева ; под общ. ред. Н.В. Мухиной. М. : КолосС, 2008. 271 с.

6. Способ получения молочно-растительной кормовой добавки : патент РФ № 2363238 / Осадченко И.М., Горлов И.Ф., Божкова С.Е. [и др.], опубл. 15.04.2008.

7. Аксенов В.В. Технологии переработки зернового сырья на кормовые патоки и их применение в рационах кормления крупного рогатого скота / В.В. Аксенов // *Вестник КрасГАУ*. 2013. № 1. С. 147–152.

8. Технология производства сухого белково-углеводного композита кормового назначения с использованием вторичного сырья / К.Я. Мотовилов [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 4. С. 72–75.

9. Качество и безопасность сухого белково-углеводного композита на основе принципов ХАССП / К.Я. Мотовилов [и др.] // *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2020. № 9. С. 47–56.

10. Влияние кормовых добавок Active Mix и Экстимул-2 на продуктивность новотельных коров / Е.М. Гайдукова [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 4. С. 64–67.

11. Способ получения сухого белково-углеводного композита : патент Российской Федерации № 2690349 / С.К. Волончук, А.И. Резепин, В.А. Углов, И.В. Науменко ; заявл. 05.07.2018; опубл. 31.05.2019, бюл. 16.

Информация об авторах

И. В. Науменко – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН.

С. К. Волончук – канд. техн. наук, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН.

К. Я. Мотовилов – доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН.

А. И. Резепин – Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН.

REFERENCES

1. Soloshenko, V.A., Sokolov, V.M. & Rogachev, V.A. (2020). Uglevodno-belkovaya dobavka dlya jvachnihivotnih. Pat 2450533. Russian Federation, publ. 20.05.2012. Bul. 14. (In Russ.).

2. Garg, M.R., Sherasia, P.L., Bhanderi, B.M., Phondbaa, B.T., Shelkea, S.K. & Makkar, H.P.S. (2013). Effects of feeding nutritionally balanced rations on animal productivity, feed conversion efficiency, feed nitrogen use efficiency, rumen microbial protein supply, parasitic load, immunity and enteric methane emissions of milking animals under field conditions. *Journal Animal feed science and technology*, 179(1–4), 24–35. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2012.11.005.

3. Garg, M.R., Sherasia, P.L., Phondba, B.T. & Hossain, S.A. (2014). Effect of feeding a balanced ration on milk production microbial nitrogen supply and methane emissions in field animals. *Animal production science*, 54 (10), 1657–1661. doi 10.1071/an14163.

4. Sanchez-Duarte, J.I., Kalscheur, K.F., Casper, D.P. & Garcia, A.D. (2019). Performance of dairy cows fed diets formulated at 2 starch concentrations with either canola meal or soybean meal as the protein supplement. *Journal of dairy science*, 102 (9), 7970-7979, doi 10.3168/jds.2018-15760.

5. Muhina, N.V., Smirnova, A.V., Chirkai, Z.N. & Talalaeva, V. (2008). *Korma i biologicheski aktivnie kormovie dobavki dlya zhivotnih*. Moscow : Kolos. (In Russ.).

6. Osadchenko, I.M., Gorlov, I.F. & Bojkova, S.E. Sposob polucheniya molochno-rastitelnoi kormovoi dobavki. *Pat 2363238. Russian Federation*, publ. 15.04.2008. (In Russ.).

7. Aksenov, V.V. (2013). Tehnologii pererabotki zernovogo sirya na kormovie patoki i ih primenenie v racionah kormleniya krupnogorogatogo skota. *Vestnik Kras GAU*, (1), 147-152. (In Russ.).

8. Motovilov, K.Ya., Volonchuk, S.K., Naumenko, I.V. & Rezepin, A.I. (2020). Tehnologiya proizvodstva suhogo belkovo-uglevodnogo kompozita kormovogo naznacheniya s ispolzovaniem vtorichnogo sirya. *Dostizheniya nauki i tehniki APK*, 34 (4), 72-75. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10415.

9. Motovilov, K.Ya., Volonchuk, S.K., Naumenko, I.V. & Rezepin, A.I. (2020). Quality and safety of dry protein and carbohydrate composite based on HACCP principles. *Kormlenie selkohozyaistvennih zhivotnih i kormoproizvodstvo*, (9), 47-56. (In Russ.). DOI: 10.33920/sel-05-2009-05.

10. Gaidukova, E.M., Sharvadze, R.L., Krasnoshchekova, T.A., Perepelkina, L.I. & Babukhadiya, K.R. (2020). Effect of active mix and ecostimul-2 feed additives on the productivity of newly calved cows. *Dostizheniya nauki i tehniki APK*, 34(4), 64-67. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10413.

11. Volonchuk, S.K., Rezepin, A.I., Uglov, V.A. & Naumenko, I.V. (2019). Sposob polucheniya suhogo belkovo-uglevodnogo kompozita. *Pat 2690349. Russian Federation*, publ. 31.05.2019, byul. 16. (In Russ.).

Information about the authors

I. V. Naumenko – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies.

S. K. Volonchuk – Candidate of Technical Sciences, Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology, Russian Academy of Sciences.

K. Ya. Motovilov – Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology, Russian Academy of Sciences.

A. I. Rezepin – Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology RAS.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors state that there is no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 27.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 27 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья

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

УДК 663.031

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.014

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Оксана Николаевна Еременко ¹, Жанна Александровна Кох ²,
Вероника Валентиновна Тарнопольская ³, Наталья Юрьевна Демиденко ⁴

^{1, 3, 4} Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

¹ oks.eriomenko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6294-7791>

³ veronichkat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1142-4488>

⁴ natalie.demid@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6245-8426>

² Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
jannetta-83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4016-7596>

Аннотация. Ферментированные напитки имеют давние традиции и известны своими сенсорными свойствами и способствуют укреплению здоровья. Учитывая привлекательные сенсорные особенности и возросшее понимание потребителями важности здорового питания, рынок функциональных, натуральных и безалкогольных напитков неуклонно растет во всем мире. Цель работы – разработка научных основ обогащения кваса брожения функциональными ингредиентами на основе корнеплодов столовой свеклы. Объекты исследования: корнеплоды столовой свеклы сорта «Браво», выращенные в Рыбинском районе Красноярского края; квасы брожения «Хлебный» и «Свекольный», изготовленные с использованием концентрата квасного сусла, корнеплодов свеклы и хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Для проведения экспериментальных исследований была разработана схема исследования. Эксперименты проводились с использованием современных общепринятых методик. Определение физико-химических показателей кваса – по методикам, принятым для производства кваса и безалкогольных напитков. Результаты проведенных экспериментальных исследований доказали перспективность использования корнеплодов свеклы для производства кваса брожения повышенной биологической ценности и показали, что замену ККС корнеплодами свеклы на 50 % и уменьшение количества сахара в два раза в классической рецептуре кваса брожения можно считать оптимальными.

Ключевые слова: безалкогольные напитки, функциональные ингредиенты, квасы брожения, *Saccharomyces cerevisiae*, концентрат квасного сусла, обогащение, корнеплоды столовой свеклы, меланоидины, бетанин, антиоксиданты.

Для цитирования: Перспективы использования столовой свеклы в производстве функциональных напитков / О. Н. Еременко [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С.102–109. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.014.

Original article

PROSPECTS FOR USING TABLE BEET IN THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL DRINKS

Oksana N. Eremenko ¹, Zhanna A. Kokh ², Veronika V. Tarnopolskaya ³,
Natalia Y. Demidenko ⁴

^{1, 3, 4} Siberian State University of Science and Technology named after Academician
M.F. Reshetneva, Krasnoyarsk, Russia

© Еременко О. Н., Кох Ж. А., Тарнопольская В. В., Демиденко Н. Ю., 2021

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ

¹ oks.eriomenko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6294-7791>

³ veronichkat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1142-4488>

⁴ natalie.demid@gmail, com, <https://orcid.org/0000-0002-6245-8426>

² Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

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

Abstract. *Fermented drinks have a long tradition and are known for their sensory and health-promoting properties. With appealing sensory features and increased consumer awareness of the importance of healthy eating, the market for functional, natural and non-alcoholic beverages is growing steadily around the world. The purpose of the work is to develop scientific foundations for enriching fermentation kvass with functional ingredients based on beet root crops. Objects of research: beet root crops of the "Bravo" variety, grown in the Rybinsk region of the Krasnoyarsk Territory; fermentation kvass "Khlebny" and "Beet", made with the use of kvass wort concentrate, beet roots and baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae*. For experimental research, a research scheme was developed. The experiments were carried out using modern generally accepted techniques. Determination of physical and chemical indicators of kvass - according to the methods adopted for the production of kvass and soft drinks. The results of the experimental studies have proved the promising nature of the use of beet root crops for the production of fermentation kvass of increased biological value and showed that replacing the CCS with beet root crops by 50% and halving the amount of sugar in the classical fermentation kvass recipe can be considered optimal.*

Keywords: *soft drinks, functional ingredients, fermented kvass, *Saccharomyces cerevisiae*, kvass wort concentrate, enrichment, beet roots, melanoidins, betanin, antioxidants.*

For citation: Eremenko, O. N., Kokh, Zh. A., Tarnopolskaya, V. V. & Demidenko, N. Y. (2021). Prospects for using table beet in the production of functional drinks. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 102-109. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.014.

Продукты здорового или функционального питания, завоевав мировые рынки, стремительно вошли и на российский рынок. В последнее время стало особенно популярным потребление полезной пищи, забота о здоровье и сохранении активного образа жизни. Особенно ускоренными темпами развивается рынок функциональных напитков. Достаточно большой популярностью пользуется квас, занимая третье место после чая и минеральной воды. Квас – безалкогольный напиток, который можно употреблять без ограничений, его действие на организм человека аналогично кефиру. Это связано с молочной кислотой, которую вырабатывают молочнокислые бактерии. Квас благотворно влияет на пищеварительный тракт [1]. Ферментированный хлебный квас обладает повышенной пищевой ценностью, минеральными веществами и витаминами. В нем более 30 минералов и микроэлементов. В квасе нет жиров, холестерина и нитратов. Большинство полезных веществ поступает из сырья, используемого при производстве кваса естественного брожения – ржаного хлеба и солода. В квасе очень мало натрия, поэтому он способствует выведению жидкости и его можно рекомендовать вместо других безалкогольных напитков людям, которые хотят снизить кровяное давление с ограничениями в

еде [1, 2]. Имеющиеся в продаже напитки, продаваемые как квас, представляют собой квасные напитки и напитки с солодовым экстрактом, приготовленные путем разбавления концентратов экстракта зерна водой и добавления красителей, консервантов, различных ароматизаторов и искусственных подсластителей [1, 3]. В производстве квасов брожения разрешено использовать сырье в соответствии с ГОСТ 31494-2012: родниковую и питьевую воду, фруктовые соки и пюре, овощные соки и пюре, концентрат фруктового сока, сахар, концентрат квасного сусла, сухари хлебные, крупы, солод и зерновые продукты, сырые растительные экстракты, концентрат кваса, углекислый газ, дрожжи [4].

Качество воды влияет на формирование сенсорных показателей кваса. Консистенция кваса лучше, если используется более мягкая вода. Повышенное содержание сульфатов в воде делает квас горьким на вкус, силикаты мешают процессу брожения и вызывают образование осадка, хлориды – неприятно сладкий вкус, железо и марганец влияют на цвет и пенообразование кваса. Активный рост молочнокислых бактерий происходит одновременно с ростом дрожжевых клеток во время ферментации сусла, молочнокислые бактерии производят молочную кислоту. Чаще всего использу-

ются дрожжи и молочнокислые бактерии, придающие освежающий вкус и аромат. Одним из основных факторов, формирующих качество обогащенных напитков, является выбор обогащающих добавок, которые оказывают значительное влияние на минеральную и витаминную ценность продукта.

Результаты клинических исследований показали, что введение в рацион добавок аскорбиновой кислоты, железа, йода в составе напитков способствует снижению железодефицитных, йоддефицитных и гиповитаминозных состояний среди обследованных групп населения. Опыт показывает хорошую адаптацию населения к новым продуктам и их востребованность вследствие того, что обогащенные напитки не отличаются от своих традиционных аналогов и имеют высокие потребительские свойства. По результатам проведенного обзора научно-технической информации был сделан вывод о перспективности выбора кваса брожения в качестве напитка для дополнительного обогащения витаминным и минеральным комплексом и возможности использования для этих целей корнеплодов свеклы, уникальные и полезные свойства которой издавна известны.

Свекла содержит множество питательных веществ, включая натрий, магний, калий, витамин С, бетанин и антиоксиданты. Корнеплод свеклы содержит фенольные соединения, каротиноиды, беталаин, витамины и минералы, которые являются важнейшими биологическими соединениями и микроэлементами, и занимает десятое место среди овощей с антиоксидантными свойствами. Беталаин представляет собой водорастворимые и азотсодержащие природные пигменты, которые обладают высокой окрашивающей способностью наряду с противовирусными, антиоксидантными, противовоспалительными свойствами, без побочных эффектов. Была предпринята попытка использовать весь этот полезный для здоровья потенциал свеклы в виде напитка. Напитком из свеклы наши предки утоляли жажду и повышали тонус своего организма. Впоследствии свекольный квас был незаслуженно забыт. Однако сегодня интерес к этому виду напитка возвращается, и он начинает пользоваться популярностью. Такой напиток помогает снизить повышенное кровяное давление, снимает аритмию, способствует очищению организма, расширяет кровеносные сосуды, наконец, просто убирает усталость. Напиток содержит значительное количество витамина С, столь необходимого для повышения иммунной системы, витамина

Е, замедляющего старение, а также витаминов А, К, В и фолиевой кислоты, способствующих росту ткани. В свекольном напитке содержатся медь, цинк и йод, что имеет огромное значение для здоровья ногтей и волос; кремний, необходимый для выработки коллагена, а также калий и магний, отвечающие за строительство костей и соединительных тканей, эластичность стенок кровеносных сосудов. Такой состав способствует снижению артериального давления, оказывает положительное влияние на нервную систему человека и замедляет старение [10]. Лечебные свойства свекольного кваса представлены в таблице 1.

Благодаря уникальному составу корнеплодов свеклы, напитки из них обладают многочисленными полезными свойствами, в число которых входят: благотворное влияние на организм в целом; обеспечение витаминами и минералами; предотвращение образования раковых опухолей; тонизирующее воздействие; нормализация сна; оздоровление печени [1–3].

Проведенный обзор научно-технической информации и представленные данные убедительно доказывают, что таким биокорректором может стать новый вид кваса брожения, полученный с использованием свеклы. Такой квас получит не только новый вкус и цвет, но и позволит считать данный напиток функциональным по следующим группам и подгруппам (в соответствии с ГОСТ Р 54059-2010): «Антиоксидантный эффект», «Эффект поддержания сердечно-сосудистой системы», «Активация метаболизма липидов» [5].

Таблица 1 – Лечебные свойства свекольного напитка

Table 1 - Medicinal properties of beetroot drink

| Показания | Польза напитка |
|-----------------------|--|
| Очищение организма | Выводит соли и токсины, тормозит развитие гнилостных процессов, чистит организм от продуктов распада |
| Похудение | Избавляет организм от лишней жидкости, регулирует жировой обмен |
| Гипертония | Снижает давление, очищает кровь |
| Сахарный диабет | Снижает уровень холестерина в крови, восстанавливает работу нервной и эндокринной систем |
| Улучшения пищеварения | Обладает слабительным действием, нормализует состояние при гастрите с пониженной кислотностью |

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Целью настоящих исследований явилась разработка научных основ обогащения кваса брожения функциональными ингредиентами на основе корнеплодов свеклы.

Задачи исследований:

- определить химический состав столовой свеклы;
- провести сравнительную оценку физико-химических показателей квасов брожения «Хлебный» и «Свекольный».

Объекты исследования:

- корнеплоды столовой свеклы сорта «Браво», выращенные в Рыбинском районе Красноярского края;
- квасы брожения «Хлебный» и «Свекольный», изготовленные с использованием концентрата квасного суслу, корнеплодов свеклы и хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

Все опытные образцы были изготовлены согласно нормативной документации [4, 5].

Для проведения экспериментальных исследований была разработана схема исследования, представленная на рисунке 1. Исследования химического состава корнеплодов свеклы проводили согласно методиками [3, 6–10]. Определение физико-химических показателей кваса – по методикам, принятым для производства кваса и безалкогольных напитков [4, 5].

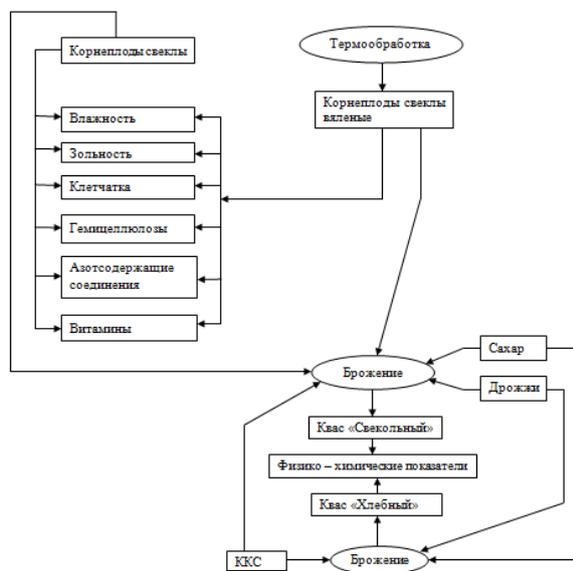


Рисунок 1 – Схема исследования

Figure 1 - Study design

Главная особенность химического состава свеклы заключается в высокой сахаристости

(по сравнению с другими корнеплодами) и в высоком содержании красящих веществ, свекла содержит значительное количество бетаина и фенольных соединений, а также аскорбиновую кислоту, которые, как известно, являются биологически активными.

Следует отметить, что корнеплоды крупного размера содержат углеводов и сухих веществ меньше, чем мелкие, поэтому были выбраны корнеплоды свеклы среднего размера, в среднем в диаметре 7 см. Химический состав корнеплодов свеклы указан в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав корнеплодов свеклы

Table 2 - Chemical composition of beet root crops

| Показатель | Содержание, % |
|-----------------------------|---------------|
| Вода | 78,40±3,9 |
| Минеральные вещества (зола) | 0,74±0,03 |
| Азотсодержащие соединения | 1,22±0,06 |
| Клетчатка | 1,20±0,06 |
| Гемипеллюлозы | 1,12±0,04 |
| Сахароза | 16,75±0,08 |
| Кислоты органические | 0,59±0,22 |

В таблицах 3–5 представлены результаты исследования по содержанию витаминов, макро- и микроэлементов в корнеплодах свеклы.

Таблица 3 – Содержание витаминов

Table 3 - Vitamin content

| Витамин | Содержание, мг на 100 г |
|----------------------|-------------------------|
| Ретинол | 0,002± 0,01 |
| Тиамин | 0,02± 0,06 |
| Рибофлавин | 0,04± 0,02 |
| Аскорбиновая кислота | 10± 0,02 |
| Никотиновая кислота | 0,2± 0,08 |

Таблица 4 – Содержание макроэлементов

Table 4 – Content of macronutrients

| Показатель | Содержание, мг на 100 г |
|------------|-------------------------|
| Кальций | 37± 1,11 |
| Калий | 288± 5,76 |
| Магний | 22± 0,88 |
| Натрий | 86± 1,72 |
| Фосфор | 43± 1,29 |

Таблица 5 – Содержание микроэлементов

Table 5 - The content of trace elements

| Показатель | Содержание, мкг на 100 г |
|------------|--------------------------|
| Железо | 1400± 28 |
| Марганец | 660± 19,8 |
| Медь | 140± 2,8 |
| Фтор | 20± 0,6 |
| Цинк | 425± 8,5 |

Анализ приведенных результатов в таблицах 3–5 позволяет сделать вывод, что корнеплоды свеклы столовой сорта «Браво» отвечают всем требованиям, предъявляемым к функциональным ингредиентам для обогащения продуктов питания, в том числе напитков.

Высокое содержание влаги (около 80 %) сокращает сроки хранения свеклы, так как микроорганизмы наиболее активны во влажной среде. Продлить срок хранения позволяет вяление. Следующий этап работы был посвящен исследованию условий процесса удаления влаги на свойства корнеплода свеклы. Корнеплоды свеклы тщательно промывали и нарезали ломтиками 2 × 2 см, толщиной 0,5 см. Нарезка обеспечивает увеличение площади испарения воды, а это ускоряет процесс вяления. Процесс вяления осуществляли при температуре 100 °С в течение 2 ч. Затем вяление продолжали при комнатной температуре (23 °С) в течение двух суток до состояния эластичности и остаточной влажности 20 %. Далее определяли химический состав вяленых корнеплодов свеклы. Влияние термической обработки на состав корнеплодов свеклы представлено на рисунке 2. Результаты эксперимента показали, что в результате обработки в корнеплодах свеклы содержание сахарозы уменьшилось до 15,4 %, азотсодержащих соединений до 0,98 %. В процессе термической обработки частично разрушились и кислоты, содержание которых снизилось до 0,45 %. Количество клетчатки не изменилось.

В результате воздействия температуры произошли изменения химического состава корнеплодов свеклы. В общем виде схему меланоидинообразования можно представить следующим образом (рисунок 3).

Таким образом, положительное влияние обработки корнеплодов свеклы методом вяления очевидно. Этот метод позволяет не только продлить срок хранения, но и приводит к образованию новых соединений – меланоидинов, и позволяет, как показали результаты предварительных опытов, практически стопроцентно сохранять полезные свойства и микроэлементы.

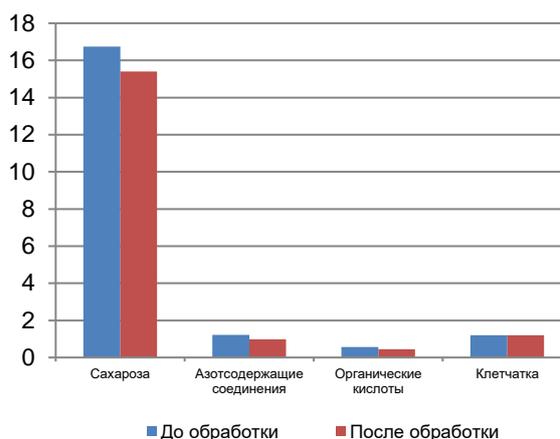


Рисунок 2 – Влияние термической обработки на состав корнеплодов свеклы

Picture 2 - The influence of heat treatment on the composition of beet root crops



Рисунок 3 – Схема образования меланоидинов

Figure 3 - Education scheme Melanoidins

Также стоит отметить, что и в сырых, и в вяленых корнеплодах свеклы содержатся бетанин и бетанин – уникальные по своей природе вещества. Бетанин обладает антирадиационным и антиканцерогенным свойствами, следовательно, является отличной профилактикой онкологических опухолевых заболеваний.

Регулярное употребление таких напитков будет способствовать насыщению организма целым спектром полезных во всех отношениях компонентов, оказывая благоприятное воздействие на работу всех жизненно важных систем и органов.

Для выполнения поставленной цели проводилось исследование влияния различного количества корнеплодов свеклы на качество готовых напитков, а также изучить особенности брожения квасного суслу. На первом этапе был получен хлебный квас брожения на основе

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ**

готового концентрата квасного сусла (ККС) по классической (принятой на производстве) рецептуре (на 1000 мл): сахар – 50 г; ККС – 29,4 г; дрожжи – 2,5 г. Использовали хлебопекарные дрожжи *Sacharomyces cerevisiae*, которые обладают хорошей флокуляционной способностью и высокой бродильной активностью.

В полученном образце хлебного кваса определяли органолептические и физико-химические показатели (таблицы 6, 7).

Таблица 6 – Органолептические показатели кваса «Хлебный»

Table 6 - Organoleptic characteristics of Khlebnny kvass

| Показатель | Характеристика |
|---------------|---|
| Внешний вид | Прозрачная пенящаяся жидкость без осадка и посторонних включений, не свойственных продукту |
| Цвет | Обусловленный цветом используемого сырья |
| Вкус и аромат | Освежающий вкус аромат сброженного напитка, соответствующий вкусу и аромату используемого сырья |

Таблица 7 – Физико-химические показатели кваса «Хлебный»

Table 7 - Physical and chemical indicators of kvass "Khlebnny"

| Показатель | Требования ГОСТ 31494-2012 | Квас «Хлебный» |
|--------------------------------|----------------------------|----------------|
| Массовая доля сухих веществ, % | не менее 3,5 | 6,20 |
| Объемная доля спирта, % | не более 1,2 | 0,60 |
| Кислотность, к. ед. | от 1,5 до 7,0 | 2,80 |
| Тиамин, мг/100 г | – | 0,02 |
| Рибофлавин, мг/100 г | – | 0,03 |
| Аскорбиновая кислота, мг/100 г | – | – |
| Никотиновая кислота, мг/100 г | – | 0,20 |
| Биотин, мкг/100 г | – | 0,40 |

Полученный образец кваса «Хлебный» по всем показателям соответствовал предъявляемым требованиям ГОСТа 31494-2012 [15] и был взят в качестве контрольного.

Далее по аналогичной схеме были получены квасы брожения с использованием в качестве сырья сырых и вяленых корнеплодов свеклы.

Серия предварительных опытов показала, что полная замена ККС свекольным сырьем позволяет получить напитки насыщенного малинового и бордового цвета с терпким ярко выраженным вкусом овоща.

Кроме того, учитывая при разработке новых рецептов напитков принцип совместимости, было предложено в рецептуре кваса брожения ККС заменить свекольным сырьем на 50 %. С учетом высокой сахаристости корнеплода количество сахара было уменьшено в два раза. В связи с этим свекольные квасы были получены по следующей рецептуре: сахар – 25 г, ККС – 14,7 г, корнеплоды свеклы – 125 г, дрожжи – 2,5 г; по двум вариантам: первый – использовали вяленые корнеплоды свеклы (образец № 1); второй – свежие корнеплоды свеклы (образец № 2). Органолептические и физико-химические показатели в полученных образцах квасов брожения представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Органолептические показатели кваса «Свекольный»

Table 8 - Organoleptic characteristics of "Beetroot" kvass

| Показатель | образец № 1 | образец № 2 |
|---------------|---|--|
| Внешний вид | Прозрачная пенящаяся жидкость без осадка и посторонних включений, не свойственных продукту | |
| Цвет | Обусловленный цветом используемого сырья (бордово-коричневый) | |
| Вкус и аромат | Аромат сброженного напитка, чистый без посторонних тонов. Вкус приятный, освежающий, мягкий, сбалансированный | Аромат сброженного напитка, чистый без посторонних тонов. Вкус приятный, освежающий, |

Таблица 9 – Физико-химические показатели кваса «Свекольный»

Table 9 - Physicochemical parameters of "Beet-root" kvass

| Показатель | образец № 1 | образец № 2 |
|--|-------------|-------------|
| Массовая доля сухих веществ, % | 4,75 | 4,00 |
| Объемная доля спирта, % | 0,81 | 0,64 |
| Кислотность, к. ед. | 2,82 | 2,20 |
| Цветность, см ³ раствора йода концентрацией 0,1 моль/дм ³ на 100 см ³ напитка | 2,95 | 2,73 |
| Бетанин, г/100г | 7,92 | 3,42 |
| Тиамин, мг/100 г | 0,07 | 0,06 |
| Рибофлавин, мг/100 г | 0,08 | 0,07 |
| Аскорбиновая кислота, мг/100 г | 1,21 | 1,05 |
| Никотиновая кислота, мг/100 г | 1,11 | 0,78 |
| Биотин, мкг/100 г | 0,35 | 0,24 |

Как видно из результатов, приведенных в таблицах 8 и 9, все квасы брожения соответствуют требованиям ГОСТа 31494-2012 [15]. Однако следует отметить, что образец кваса № 1, полученный с использованием вяленых корнеплодов свеклы, имел более мягкий, сбалансированный вкус. Сравнительная оценка физико-химических показателей квасов «Хлебный» и «Свекольный» показала, что оба образца свекольного кваса выгодно отличаются от контрольного образца по содержанию витаминов и наличию бетанина, который отсутствует в квасе «Хлебный».

Таким образом, результаты проведенных экспериментальных исследований доказали перспективность использования корнеплодов и хлебопекарных дрожжей *Sacharomyces cerevisiae* для производства кваса брожения повышенной биологической ценности показали, что замену ККС корнеплодами свеклы на 50 % и уменьшение количества сахара в два раза в классической рецептуре кваса брожения можно считать оптимальными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Помозова В.А. Производство кваса и безалкогольных напитков : учеб. пособие. СПб. : ГИОРД, 2006. 192 с.
2. Безалкогольный напиток для диетического и диабетического рациона питания / Е.М. Севостьянова [и др.] // Инновационные технологии в производстве и переработки сельскохозяйственной продукции в условиях ВТО: сб. 2013. С. 134–137.
3. Базарнова Ю.Г., Бурова Т.Е. Определение содержания красящих веществ в корнеплодах столовой свеклы. СПб. : НИУ ИТМО, 2008. 11 с.
4. ГОСТ 31494-2012. Квасы. Общие технические условия. Введ. 2013-07-01. М. : Стандартинформ, 2013. 8 с.
5. ГОСТ Р 54059-2010. Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования. Введ. 2012-01-01. М. : Стандартинформ, 2010. 8 с.
6. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза продовольственных товаров. Новосибирск : Изд-во Новосибирского университета, 1999. 447 с.
7. Невзоров В.Н., Струков А.А., Кох Ж.А. Разработка организационной схемы совместного производства "Русского хлебного кваса" в Китае // Приоритетные направления развития регионального экспорта продукции АПК. 2019. С. 97.
8. Ермолаева Г.А., Колчева Р.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. М. : «Академия», 2000. 416 с.
9. Тихомиров В.Г. Технология пивоваренного и безалкогольного производств. М. : Колос, 1998. – 448 с.
10. Косминский Г.И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. Лабораторный практикум по технокимическому контролю производства. Нижний Новгород : Дизайн ПРО, 2001. 352 с.

Информация об авторах

О. Н. Еременко – к.т.н., доцент кафедры химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева.

Ж. А. Кох – к.т.н., доцент кафедры технологии, оборудования броидильных и пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета.

В. В. Тарнопольская – к.т.н., доцент кафедры химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева.

Н. Ю. Демиденко – к.т.н., доцент кафедры химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ

REFERENCES

1. Pomozova, V.A. (2006). *Production of kvass and soft drinks: textbook*. SPb: GIOR. (In Russ.).
2. Sevostyanova, E.M., Filonova, G.L., Soboleva, O.V. [et al.] (2013). Soft drink for dietary and diabetic food ration. *Innovative technologies in the production and processing of agricultural products in the conditions of the WTO: collection of articles*, 134–137. (In Russ.).
3. Bazarnova, Yu.G. & Burova, T.E. (2008). Determination of the content of dyes in the root crops of table beets. SPb. : NRU ITMO. (In Russ.).
4. Kvass. General technical conditions. (2013). *HOST 31494-2012 from 01.07.2013*. Moscow: Standartinform. (In Russ.).
5. Functional food products. Food functional ingredients. Classification and general requirements. (2019). *HOST R 54059-2010 from 01.01.2012*. Moscow: Standartinform. (In Russ.).
6. Poznyakovskiy, V.M. (1999). *Hygienic bases of nutrition, safety and examination of food products*. Novosibirsk: Novosibirsk University Press. (In Russ.).
7. Nevzorov, V.N., Strukov, A.A. & Koh, J.A. (2019). Development of an organizational scheme for the joint production of "Russian bread kvass" in China. *Priority directions of development of regional export of agricultural products*. P. 97. (In Russ.).
8. Ermolaeva, G.A. & Kolcheva, R.A. (2000). *Technology and equipment for the production of beer and soft drinks*. Moscow : Academy. (In Russ.).
9. Tikhomirov, V.G. (1998). *Technology of brewing and non-alcoholic production*. Moscow : Kolos. (In Russ.).
10. Kosminsky, G.I. (2001). *Malt, beer and soft drink technology. Laboratory workshop on technological production control*. Nizhniy Novgorod: Design PRO. (In Russ.).

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

Статья поступила в редакцию 05.03.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 17.05.2021.

The article was received by the editorial board on 05 Mar 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 17 May 21.

Information about the authors

O. N. Eremenko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Technology of Wood and Biotechnology, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev.

Zh. A. Kokh – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Equipment for Fermentation and Food Production, Krasnoyarsk State Agrarian University.

V. V. Tarnopolskaya – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Technology of Wood and Biotechnology, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev.

N. Yu. Demidenko – Ph.D., Associate Professor of the Department of Chemical Technology of Wood and Biotechnology, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 664
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.015

СПОСОБ РАЗМЯГЧЕНИЯ МЕЖМЫШЕЧНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ И СУХОЖИЛИЙ В ТОЛЩЕ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Николай Алексеевич Ермошин ¹, Иван Евгеньевич Волков ²,
Иван Николаевич Николаев ³, Антон Андреевич Сычев ⁴

^{1, 2, 3, 4} Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, Санкт-Петербург, Россия
¹ ermonata@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0367-5375>
² ermonata@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9384-9948>
³ ermonata@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6155-3341>
⁴ ermonata@mail.ru.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4314-099X>

Аннотация. Разработан способ размягчения межмышечных соединительных тканей и посола мясного сырья при производстве цельнокусковых мясных продуктов. Предложены пути интенсификации процесса проникновения и распределения посолочных ингредиентов по объему продукта. Предложены конструкции мобильных аппаратов, обеспечивающие электрогидравлическое размягчение структуры цельнокусковых (массой до 1500 г) и порционных (массой до 150 г) мясных полуфабрикатов и ускоряющие процесс распределения рассола, что позволит снизить прочностные характеристики продуктов на 51–53 кГ/см, уменьшить потери сырья, повысить производительность труда на 8–11 %, сократить длительность технологического процесса и снизить энергозатраты при тепловой обработке на 18–20 %. В результате экспериментальных исследований было установлено, что электрогидравлический удар (частотой $\nu = 0,5-1,0$ удар/с, количество ударов от 150 до 200) можно использовать для размягчения мышечной соединительной ткани и сухожилий как охлажденного (температура в толще от 0 °С до плюс 4 °С), так и замороженного (от минус 2 °С до плюс 3 °С) мяса.

Ключевые слова: способ, мясной полуфабрикат, механический удар, жидкая среда.

Для цитирования: Способ размягчения межмышечных соединительных тканей и сухожилий в толще мясных полуфабрикатах / Ермошин Н. А. [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 110–115 doi: 10.25712/ ASTU.2072-8921.2021.02.015.

Original article

METHOD FOR SOFTENING OF INTERMUSCULAR CONNECTORS TISSUE AND TENDONS IN THE THICKNESS OF MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS

Nikolay A. Ermoshin ¹, Ivan E. Volkov ²,
Ivan N. Nikolaev ³, Anton A. Sychev ⁴

^{1, 2, 3, 4} Military Educational Institution of Logistics named after General of the Army A.V. Khruleyova, St. Petersburg, Russia
¹ ermonata@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0367-5375>
² ermonata@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9384-9948>
³ ermonata@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6155-3341>
⁴ ermonata@mail.ru.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4314-099X>

© Ермошин Н. А., Волков И. Е., Николаев И. Н., Сычев А. А., 2021

СПОСОБ РАЗМЯГЧЕНИЯ МЕЖМЫШЕЧНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ И СУХОЖИЛИЙ В ТОЛЩЕ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Annotation. A method has been developed for softening intermuscular connective tissues and salting raw meat in the production of whole-piece meat products. The ways of intensification of the process of penetration and distribution of curing ingredients over the volume of the product are proposed. Designs of mobile devices are proposed that provide electrohydraulic softening of the structure of whole-lump (weighing up to 1500 g) and portioned (weighing up to 150 g) semi-finished meat products and accelerating the process of brine distribution, which will reduce the strength characteristics of products by 51-53 kg / cm, reduce the loss of raw materials, increase labor productivity by 8-11%, reduce the duration of the technological process and reduce energy consumption during heat treatment by 18-20 %. As a result of experimental studies, it was found that an electrohydraulic shock (with a frequency of $\nu = 0.5-1.0$ blows / s, the number of blows from 150 to 200) can be used to soften muscle connective tissue and tendons as cooled (temperature in thicker from 0 °C to plus 4 °C) and slightly frozen (from minus 2 °C to plus 3 °C) meat.

Keywords: method, semi-finished meat product, mechanical shock, liquid medium.

For citation: Ermoshin, N. A., Volkov, I. E., Nikolaev, I. N. & Sychev, A. A. (2021). Method for softening of intermuscular connector's tissue and tendons in the thickness of meat semi-finished products // *Polzunovskiy vestnik*, (2), 110-115. (In Russ). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.015.

ВВЕДЕНИЕ

В целях сохранения белков, витаминов, макро- и микроэлементов и других биологически активных веществ, содержащихся в мясе, повышения его усвоения организмом, качества готовых блюд, а также ускорения процесса приготовления крупнокусковых (массой до 1500 г) и порционных (массой до 150 г) мясных полуфабрикатов предложен электрогидравлический способ размягчения межмышечных соединительных тканей и сухожилий в толще мясных полуфабрикатов.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предложенный способ отличается от традиционного использованием эффекта электрогидравлического удара, обеспечивающего сохранение мясного сока с питательными и пищевыми веществами исходного сырья, повышение усвояемости мясных блюд за счет надрыва белковых связей, расширения межклеточных расстояний (снижение усилий резания и усилий разрыва), устойчивость к развитию микроорганизмов (в сырье и готовом продукте), увеличение объема и массы полуфабрикатов, снижение количества специй и соли при посоле.

Способ реализуется двумя методами, основанными на использовании следующих устройств:

- для размягчения межмышечных соединительных тканей и сухожилий УРМ-1 (устройство для размягчения мяса), обеспечивающего механическую обработку микроструктуры мясного сырья непосредственно в толще порционных полуфабрикатов ($m =$ до 150 г);

- для размягчения крупнокусковых мясных полуфабрикатов УРМП-1 ($m =$ до 1500 г), обеспечивающего возникновение механического удара в жидкой среде (рассоле), размягчающего сухожилия, пленки, мякоть без потери мясного сока и содержащихся в нем нутриентов (питательных веществ), существенно ускоряющего проникновение его в ткани (соединительную и прилегающую костную) мяса, что ускоряет время просаливания.

Основные технические операции, реализуемые устройствами УРМ-1 и УРМП-1, используемые в зависимости от обстановки (количество питающихся, упитанности и части туши и др.).

На рисунке 1 представлен процесс электрогидравлического размягчения соединительных тканей и сухожилий микроструктуры мясных полуфабрикатов, который включает 3 группы технологических операций. Технологические операции при размягчении межмышечных соединительных тканей и сухожилий мясных полуфабрикатов включают в себя: подготовку исходного сырья и рассола (размораживание полутуши), срезание клейм и зачистку поверхности от загрязнений, омывание, обсушивание, разделку туш, деление на отрубы, обвалку отрубов, выделение крупнокусковых полуфабрикатов, приготовление порционных полуфабрикатов, подготовку рассола (смешивание исходных компонентов (вода, соль, перец)); электрогидравлическое воздействие на микроструктуру мяса; деление на порции крупнокусковых полуфабрикатов, подготовку для хранения.

Предложенный способ размягчения межмышечных соединительных тканей и сухожилий, внутренних слоев и анатомического строения мышц, сохранения мясного сока и

пищевой ценности исходного сырья, увеличения его объема и ускорения просаливания мясных полуфабрикатов включает 3 этапа.

Электрические разряды (электрогидравлический удар (ЭГУ)), возникающие во внутренних слоях порционного полуфабриката, происходят с частотой $f = 50$ Гц, длительностью 20–30 мкс. Это вызывает резкое расши-

рение жидкости (в структуре полуфабриката) и образование газового канала, обеспечивающего первый гидроудар. Канал захлопывается под действием упругости воды и мышц мяса, далее происходит второй ЭГУ и т. д. При этом давление в зоне разряда и на удалении 1,5–2 см от нее достигает нескольких десятков кгс/см² и более.



Рисунок 1 – Технологические операции электрогидравлического размягчения мышечных соединительных тканей и сухожилий в толще мясных полуфабрикатов

Figure 1 - Technological operations of electrohydraulic softening of muscle connective tissues and tendons in the thickness of semi-finished meat products

Каждый последующий электрический разряд позволяет увеличить трещиноватость разрушаемой структуры (особенно сухожилий), возрастание количества обнаженных поверхностей (концентраторов энергии), где при отражении падающих ударных волн наступает деформация разрушения и откола. При непрерывной генерации серии электрических разрядов каждый предыдущий разряд создает последующему дополнительные плоскости обнажения (разрыв мышц, сухожилий), образуя новые щели. В результате чего с каждым последующим разрядом все более повышается степень использования энергии волн напряжений и снижается сопротивляемость всех жилок, происходит разрыв колла-

геновых волокон, хрящей, а также клеточной структуры полуфабриката. Происходит сдвиг мышц внутренней структуры полуфабриката на расстояние 3–8 мм. Прочностные характеристики мясного полуфабриката по жестким структурам снижаются.

Необходимо отметить, что выделенная энергия от ЭГУ избирательна к местам повышенного сопротивления (мышечные соединения, сухожилия). Это обеспечивает процесс, протекающий в толще порционного мясного полуфабриката при проникновении электродов на глубину 3–5 мм и воздействии ЭГУ (200 ударов в течение 100–120 с), в результате происходит размягчение твердых и жилообразных частей мяса.

СПОСОБ РАЗМЯГЧЕНИЯ МЕЖМЫШЕЧНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ И СУХОЖИЛИЙ В ТОЛЩЕ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

При завершении основного этапа мясные полуфабрикаты могут использоваться для приготовления пищи (тепловой обработки) и хранения (замораживания).

Экспериментальные исследования по электрогидравлическому размягчению и одновременному просаливанию порционных мясных полуфабрикатов (оленины) внутренней части бедра массой до 150 г и крупнокусковых мясных полуфабрикатов (оленины) массой до 1500 г, не прошедших процесс жилования (удаления жилок, сухожилий и со-

единительной ткани), позволили получить следующие результаты [9].

Установлено, что электрогидравлический удар (частотой $\nu = 0,5-1,0$ удар/с, количество ударов от 150 до 200) можно использовать для размягчения мышечной соединительной ткани и сухожилий как охлажденного (температура в толще от $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до плюс $4\text{ }^{\circ}\text{C}$), так и подмороженного (от минус $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до плюс $3\text{ }^{\circ}\text{C}$) мяса.

Результаты механической обработки полуфабрикатов мяса оленины электрогидравлическим ударом представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты воздействия электрогидравлического удара на мясо

Table 1 - Results of the impact of electrohydraulic shock on meat

| Показатели | Порционные мясные полуфабрикаты | | Крупнокусковые мясные полуфабрикаты | |
|---|---------------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|
| | 2 кат | 1 кат | 2 кат | 1 кат |
| Толщина мясного полуфабриката, мм до ЭГУ после ЭГУ | 24–25 29–32 | 23–25 31–33 | 250–270 270–300 | 270–300 300–330 |
| Толщина размягченных коллагеновых прожилок, мм до ЭГУ после ЭГУ | Около 0,6 2–4 | Около 0,8 4–6 | Около 0,8 6–8 | Около 0,8 7–9 |
| Масса полуфабрикатов, г до ЭГУ после ЭГУ | 101±2 101–102 | 102±2 102–103 | 1700±20 1730–1740 | 1700±20 1750–1770 |
| Увеличение массы, % | – | – | 5–8 | 7–10 |

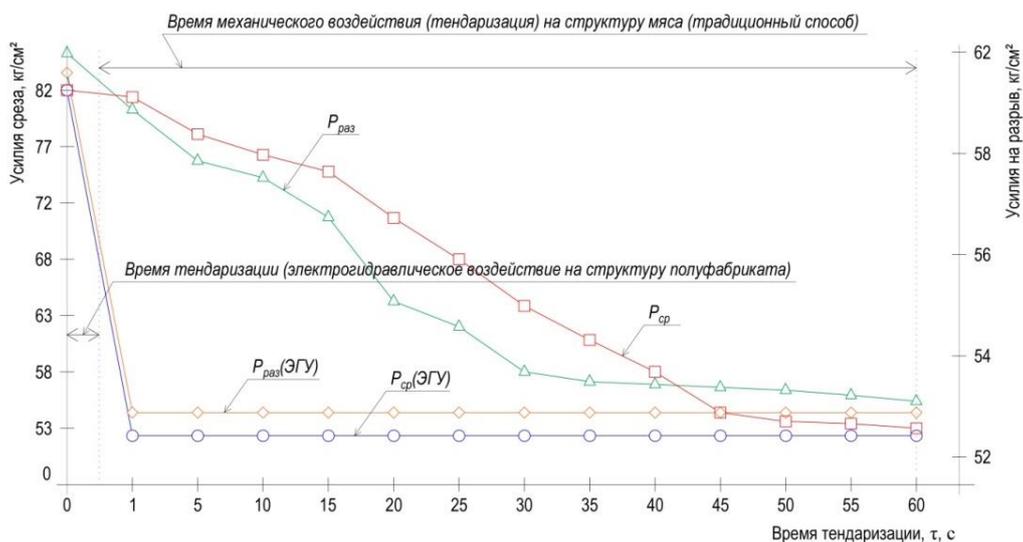


Рисунок 2 – Влияние электрогидравлического удара на процесс размягчения межмышечных и соединительных тканей тазобедренной части

Figure 2 - Influence of electrohydraulic shock on the softening of the intermuscular and connective tissues of the hip part

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 2 показано влияние электрогидравлического удара на снижение усилий среза на 27–32 % и усилий на разрыв на 18–23 %.

Новизна предложенного способа, в отличие от традиционного, заключается в обеспечении возможности сохранения мясного сока, нутриентов (белков, витаминов, макро- и микроэлементов) на 8–11 %, интенсификации размягчения межмышечных соединительных тканей и сухожилий в структуре мясного полуфабриката за счет воздействия на него электрогидравлических эффектов в устройствах УРМ-1 или УРМП-1. Новизна технологического решения подтверждена патентом РФ на полезную модель № 178565.

Таким образом, предложенный способ состоит в том, что включение в процесс электрогидравлического размягчения микроструктуры крупнокусковых (массой до 1500 г) и порционных (массой до 150 г) мясных полуфабрикатов (особенно оленины) повысит производительность труда поваров на 8–11 %, обеспечит сокращение временных и энергозатрат при кулинарной (тепловой) обработке на 18–20 %. Использование электрогидравлического удара обеспечивает: сохранение мясного сока и содержащихся в нем нутриентов за счет разрыва межмышечных соединительных тканей и сухожилий внутри микроструктуры в порционном мясном полуфабрикате; снижение временных затрат приготовления полуфабрикатов, усилий резания и усилий разрыва до 51–53 кг/см²; разрушение коллагеновых волокон, частично оболочки клетки, хрящей и других прочных частей микроструктуры мяса; увеличение срока хранения охлажденных порционных полуфабрикатов за счет снижения бактериальной обсемененности и торможения ферментативной деятельности в мясе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мобильное устройство для отбивания мясных полуфабрикатов в ограниченном пространстве : Пат. № 183819. Российская Федерация / Абдурахманов Э.Ф., Романчиков С.А., Топоров А.В., Пахомов В.И. патентообладатель ФГКВБОУ ВО ВАМТО, заявка: 2017145196, приор. 21.12.2017, опубл. 04.10. 2018. Бюл. 28.
2. Устройство для ускорения автолиза мясного сырья : Пат. 184995. Российская Федерация / Романчиков С.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное

образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева». Заяв. № 2018121856, приор. 13.06.2018, опубл. 16.11.2018. Бюл. 3.

3. Романчиков С.А. Изменение условий разработки новых продуктов питания для импортозамещения в условиях экономических санкций // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (49). С. 178–183.

4. Николук О.И. Инновационные решения для повышения пищевой ценности продовольственного пайка ; в сборнике : Ресурсное обеспечение силовых министерств и ведомств: вчера, сегодня, завтра // Сборник статей II Международ. науч.-практич. конференции. 2016. С. 308–311.

5. Мобильное устройство для отбивания мясных полуфабрикатов в ограниченном пространстве : Пат. 183819 / Абдурахманов Э.Ф., Романчиков С.А., Топоров А.В., Пахомов В.И., заявитель и патентообладатель ВАМТО. Заяв. № 2017145196, приор. 21.12.2017, опубл., Бюл. 198.

6. Абдурахманов, Э.Ф. Техническая разработка ускорения тендеризации и посола мясных полуфабрикатов // Ползуновский вестник. 2018. № 4. С. 31–36. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.201815.04.006.

7. Абдурахманов Э.Ф. Техническая разработка в целях гриль приготовления мясных продуктов питания в условиях камбуза подводной // Все о мясе. 2019. № 2. С. 49–53. DOI: 10.21323/2071-2499-2019-2-49-53.

8. Абдурахманов Э.Ф. Технологическая разработка сохранения пищевой ценности и повышения усвояемости мясных блюд // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 2. С. 177–184. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-2-177-184.

9. Устройство для тендеризации в жидкой среде : Патент на полезную модель № 192450 / Э.Ф. Абдурахманов, С.А. Романчиков, опубл. 17.09.2019 г., Бюл. № 26. С. 142–148.

Информация об авторах

Н. А. Ермошин – доктор военных наук, профессор, профессор кафедры автотранспортной службы Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

И. Е. Волков – соискатель кафедры (материального обеспечения) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

И. Н. Николаев – соискатель кафедры (материального обеспечения) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

А. А. Сычев – соискатель кафедры (материального обеспечения) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.

СПОСОБ РАЗМЯГЧЕНИЯ МЕЖМЫШЕЧНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ И СУХОЖИЛИЙ В ТОЛЩЕ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

REFERENCES

1. Abdurakhmanov, E.F., Romanchikov, S.A., Toporov, A.V. & Pakhomov, V.I. (2018). Mobile device for beating meat semi-finished products in a limited space. *Pat. RF № 183819. Russian Federation*, publ. 04.10.2018. Bul 28. (In Russ.).

2. Romanchikov, S.A. Device for accelerating autolysis of raw meat. *Pat. 184995 Russian Federation*, publ. 11/16/2018. Bul. 3. (In Russ.).

3. Romanchikov, S.A. (2017). Changing the conditions for the development of new food products for import substitution in the context of economic sanctions *Izvestia of the St. Petersburg State Agrarian University*, 4 (49), 178-183. (In Russ.).

4. Nikol'yuk, O.I. (2016). Innovative solutions to increase the nutritional value of food rations In the collection: *Resource provision of power ministries and departments: yesterday, today, Tomorrow collection of articles of the II International Scientific and Practical Conference*. 308-311.

5. Abdurakhmanov, E.F., Romanchikov, S.A., Toporov, A.V., Pakhomov, V.I. & applicant and patentee VAMTO. (2017). Mobile device for beating semi-finished meat products in a limited space. *Pat. 183819. Russian Federation.*, publ. 21.12.2017. Bul. - 198. (In Russ.).

6. Abdurakhmanov, E.F. (2018). Technical development of the acceleration of tenderization and salting of semi-finished meat products. *Polzunovskiy vestnik*. - (4), 31-36. DOI: 10.25712 / ASTU.2072-8921.201815.04.006.

7. Abdurakhmanov, E.F. (2019). Technical development for the purpose of grilling the preparation of meat products in a submarine galley. *All about*

meat, (2), 49-53. DOI: 10.21323 / 2071-2499-2019-2-49-53. (In Russ.).

8. Abdurakhmanov, E.F. (2019). Technological development of preserving nutritional value and increasing the digestibility of meat dishes. *Technics and technology of food production*, 49(2), 177-184. DOI: 10.21603 / 2074-9414-2019-2-177-184. (In Russ.).

9. Abdurakhmanov, E.F. & Romanchikov, S.A. (2019). A device for tenderization in a liquid. *Pat 192450. Russian Federation*, publ. September 17, Bul. 26. 142-148. (In Russ.).

Information about the authors

N. A. Ermoshin – Doctor of Military Sciences, Professor, Professor of the Department of Road Service of the Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev.

I. E. Volkov – applicant for the department (material support) of the Military Academy of material and technical support named after General of the Army A.V. Khrulev.

I. N. Nikolaev – applicant for the department (material support) of the Military Academy of material and technical support named after General of the Army A.V. Khrulev.

A. A. Sychev – applicant for the department (material support) of the Military Academy of material and technical support named after General of the Army A.V. Khrulev.

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

Статья поступила в редакцию 01.03.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 Mar 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК663.123.4
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.016

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

Елена Петровна Каменская ¹, Галина Вадимовна Саберзянова ²

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

¹ ekam2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3760-6914>

² saberzyanovag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5931-347X>

Аннотация. Исследование посвящено изучению возможности применения молочной сыворотки для активации культур пивных дрожжей, а также оценке их влияния на процесс ферментации сусле и качество готового пива. Объектом исследования служили сухие пивные дрожжи низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager W-34/70 и сухая подсырная молочная сыворотка. Предферментативная обработка сухих дрожжей состояла в их регидратации путем разведения в пивном сусле (1 : 10) при температуре 5 ± 1 °C в течение 30 минут и последующей активации с использованием молочной сыворотки в различных соотношениях дрожжи + пивное сусло : сыворотка – 1 : 0,5 и 1 : 1 с выдержкой в течение двух часов. Установлено, что оптимальными параметрами для стимуляции жизнедеятельности пивных дрожжей штамма Saflager W-34/70 на стадии подготовки инокулята (после регидратации) является их активация молочной сывороткой при соотношении дрожжи + пивное сусло : сыворотка – 1 : 0,5 с выдержкой в течение 60 минут при температуре 5 ± 1 °C. Показано, что использование молочной сыворотки для предферментационной обработки дрожжей при данных параметрах приводит к увеличению их зимазной активности в 2,7 раза, а α -глюкозидазной – в 1,8 раза по сравнению с контролем. Кроме того, наблюдается улучшение физиологического состояния дрожжей и усиление биосинтетических процессов в клетках, что выражается в снижении нежизнеспособных клеток в 1,8 раза, а также в увеличении по отношению к контролю количества почкующихся и гликогенсодержащих клеток в 1,6 и в 1,7 раз соответственно. Показана целесообразность использования инокулята дрожжей, активированного молочной сывороткой, для интенсификации процесса сбраживания пивного сусле, что позволяет сократить длительность главного брожения на 1,5 суток и увеличить степень сбраживания экстракта, а также получить готовое пиво с меньшим уровнем побочных продуктов брожения, таких как диацетил и ацетальдегид.

Ключевые слова: молочная сыворотка, пиво, пивное сусло, дрожжи, активность фермента, брожение, мальтаза, зимаза, видимый экстракт, степень сбраживания.

Для цитирования: Каменская Е. П., Саберзянова Г. В. Использование молочной сыворотки для активации дрожжей в технологии производства пива // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 116–123. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.016.

Original article

USE OF MILK WHEY FOR YEAST ACTIVATION IN BEER PRODUCTION TECHNOLOGY

Elena P. Kamenskaya ¹, Galina V. Sabrezyanova ²

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

© Каменская Е. П., Саберзянова Г. В., 2021

¹ ekam2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3760-6914>

² saberzyanovag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5931-347X>

Abstract. *The research is devoted to studying the possibility of using milk whey to activate brewer's yeast cultures and assessing their influence on the wort fermentation process and the quality of the finished beer. The object of the study is dry bottom-fermented brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* of the Saflager W-34/70 strain and dry cheese whey. Prefermentative treatment of dry yeast consists of its rehydration by dilution in beer wort (1 : 10) at 5 ± 1 °C for 30 minutes and subsequent activation with whey at different ratios of yeast + beer wort : whey – 1 : 0.5 and 1 : 1 with an exposure time of two hours. It is found that the optimal parameters for stimulating the vital activity of Saflager W-34/70 brewer's yeast at the stage of inoculum preparation (after rehydration) is their activation with whey at yeast + beer wort : whey – 1 : 0.5 with exposure for 60 minutes at temperature 5 ± 1 °C. It is shown that the use of milk whey for pre-fermentation treatment of yeast with these parameters leads to an increase in their zymase activity by 2.7 times, and α -glucosidase activity by 1.8 times compared to the control. In addition, an improvement in the physiological state of yeast and an increase in the biosynthetic processes in cells is observed, which is reflected in a 1.8-fold decrease in the number of non-viable cells and an increase in the number of budding and glycogen-containing cells by 1.6 and 1.7 times, respectively, compared to the control. The expediency of using yeast inoculum activated with whey to intensify the fermentation of beer wort is shown; it allows reducing the duration of the main fermentation by 1.5 days, increasing the degree of fermentation of the extract, as well as getting ready-made beer with a lower level of fermentation by-products, such as diacetyl and acetaldehyde.*

Keywords: *whey, beer, beer wort, yeast, enzyme activity, fermentation, maltase, zymase, visible extract, degree of fermentation.*

For citation: Kamenskaya, E. P. & Sabrezyanova, G. V. (2021). Use of milk whey for yeast activation in beer production technology. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 116-123. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.016.

ВВЕДЕНИЕ

Современной тенденцией развития пивоваренной промышленности наряду с улучшением качества продукции является повышение эффективности производства за счет регулирования скорости и направленности основных технологических процессов, их оптимизация и применение современных способов интенсификации на различных стадиях производства.

Известно, что в пивоваренном производстве к наиболее длительным технологическим стадиям относятся: сбраживание пивного сусла и дображивание пива. Продолжительность этих стадий во многом определяется биотехнологическими свойствами используемых дрожжей, их физиологическим состоянием, активностью ферментативных систем, а также скоростью потребления питательных веществ сусла. Следовательно, штаммы дрожжей, используемые в бродильной промышленности, должны обладать значительной скоростью размножения, высокой бродильной активностью и глубокой степенью сбраживания. Классическая технология пивоваренного производства, как правило, не позволяет в достаточной степени использо-

вать и поддерживать на высоком уровне активность дрожжей, от чего процессы протекают довольно длительно. Поэтому одной из важных задач современного производства пива является повышение физиолого-биохимической активности культуры пивных дрожжей с целью интенсификации главного брожения сусла при условии сохранения и улучшения качества готовой продукции [1].

В пивоварении актуальность активизации жизнедеятельности дрожжей обусловлена следующими факторами: использование солода низкого качества; расширение применения заводами препаратов активных сухих дрожжей; присутствие в сырье чужеродных веществ; сбраживание пивного сусла с начальной высокой экстрактивностью и др. [2].

Причем указанные факторы могут действовать как самостоятельно, так и совместно с другими, отягощая проблемы, связанные с жизненной активностью дрожжей. Поэтому для нормального протекания технологического процесса и получения готового напитка с соответствующими стандарту качественными показателями возникает необходимость в применении различных способов активации жизнедеятельности дрожжей.

В настоящее время для повышения физиологической активности дрожжей и регуляции их обменных процессов все чаще применяют активаторы и пищевые подкормки различного состава, повышающие уровень метаболизма дрожжевой культуры и обеспечивающие соответствие её характеристик требованиям того или иного производства. В качестве источника биостимулирующих компонентов для дрожжей используют различные группы растительного, животного и микробного нативного сырья, а также вторичные материальные ресурсы отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности [3–7].

Поиск новых резервов эффективных ростовых веществ и биостимуляторов направлен на доступное отечественное природное сырьё и на расширение путей рациональной утилизации побочных сырьевых ресурсов сельскохозяйственного, пищевого, микробиологического и других производств.

Применение для этой цели вторичного продукта молочного производства – молочной сыворотки, в состав которой входит значительное количество биологически активных веществ, – весьма перспективно, особенно учитывая её низкую стоимость. Достоинством молочной сыворотки является её высокая биологическая ценность, обусловленная наличием оптимально сбалансированных по аминокислотному составу белков, а также присутствием в значительном количестве органических кислот, витаминов, некоторых липидных компонентов, ферментов, минеральных веществ. Широкий комплекс веществ, содержащихся в молочной сыворотке в доступной форме и хорошо утилизируемых микроорганизмами, позволяет её использовать для активации их ферментативных систем, стимуляции роста и развития [8–11].

Цель настоящего исследования: изучение возможности использования молочной сыворотки для активации культуры пивных дрожжей, а также оценка их влияния на процесс брожения сусла и качество готового напитка.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с поставленными задачами объектом исследования служили: сухие пивные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* низового брожения штамма Saflager W-34/70 (Fermentis, Франция); сухая подсырная молочная сыворотка (ООО «Киприно», Россия). Для приготовления пивного сусла (ПС) экстрактивностью 12 % по классической технологии производства светлого пива использовали: солод пивоваренный ячменный светлый (по ГОСТ 29294-2014); воду (по СанПиН

2.1.4.1074-01); хмель гранулированный сорта «Northern Brewer» (по ГОСТ 32912-2014).

Физиологическое состояние дрожжей оценивали прямым микроскопированием [12]. Анализ содержания экстрактивных веществ в сбраживаемом пивном сусле вели с помощью ареометра-сахаромера АСТ-1 с погрешностью измерения $\pm 0,05$ %. Определение содержания спирта и действительного экстракта в пиве проводили дистилляционным методом по ГОСТ 12787-81. Видимую степень сбраживания сусла определяли расчетным методом [13]. Кислотность пива оценивали прямым титрованием пробы – по ГОСТ 12788-87. Определение pH – по ГОСТ 31764-2012 при помощи автоматического анализатора ST2100-F. Определение цвета – методом визуального сравнения с растворами йода различной концентрации – по ГОСТ 12789-87. Массовую долю двуокиси углерода в пиве определяли с помощью афрометра – по ГОСТ 32038-2012. Органолептические показатели, высоту пены и пеностойкость – по ГОСТ 30060-93.

Определение α -глюкозидазной (мальтазной) и зимазной активности вели поляриметрическим методом по скорости ферментативного гидролиза мальтозы и потребления глюкозы соответственно [14].

Концентрацию побочных и вторичных продуктов брожения оценивали на газовом хроматографе «Хромос ГХ-1000» («ХРОМОС Инжиниринг», Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве объекта исследования были выбраны промышленно используемые сухие дрожжи низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager W-34/70 второй генерации. Характеристика дрожжей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager W-34/70
Table 1 - Yeast characteristics *Saccharomyces cerevisiae* strain Saflager W-34/70

| Показатель | Saflager W-34/70 |
|---|---------------------------|
| Тип брожения | Низовой |
| Температура брожения | 12–15 °С |
| Конечная плотность | Средняя |
| Седиментация | Сильная |
| Флокуляция | Высокая |
| Дозировка, г/Гл | 80–120 |
| Концентрация сложных эфиров, мг/дм ³ (при 20 °С) | 37 |
| Концентрация высших спиртов, мг/дм ³ (при 20 °С) | 155 |
| Общее количество бактерий | < 5 / мл |
| Дикие дрожжи не <i>Saccharomyces</i> | < 1 / мл |
| Количество живых клеток | > 6 x 10 ⁹ / г |

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

Следует отметить, что штамм Saflager W-34/70 характеризуется высокой устойчивостью к действию спирта, быстро сбраживает пивное сусло, а также дрожжи хорошо флокулируют и имеют высокую бродительную активность.

В качестве источника ростовых веществ и биостимулятора физиологических и биохимических показателей пивных дрожжей использовалась сухая молочная сыворотка, предварительно разбавленная водой до концентрации сухих веществ 5 %, с содержанием лактозы – 3,4 %.

На первом этапе исследования осуществлялась предферментационная обработка сухих дрожжей по методу, предложенному Пермязовой Л. В. [2], согласно которому после регидратации дрожжей в пивном сусле (1 : 10) при температуре 5 ± 1 °С в течение 30 минут проводилась их активация за счет дополнительного внесения в опытные образцы молочной сыворотки в различных соотношениях: дрожжи + ПС : сыворотка – 1 : 0,5 (опыт 1) и 1 : 1 (опыт 2) с последующей выдержкой в те-

чение двух часов. Контролем служил образец без добавления молочной сыворотки (МС).

Известно, что скорость сбраживания пивного сусла зависит от биохимических превращений, происходящих при участии многочисленных ферментов и ферментных систем дрожжей. Так, например, на подготовительной стадии спиртового брожения скорость гидролиза дисахарида сусла – мальтозы до глюкозы во многом определяет величина активности индуцибельного фермента α -глюкозидазы, а в дальнейшем на этапе главного брожения основным процессом которого является уже сбраживание глюкозы, за скорость её ферментации отвечает зимазный комплекс дрожжевой клетки [2]. Поэтому в данной работе особый интерес представляло изучение влияния предферментационной обработки пивных дрожжей на их мальтазную и зимазную активности, которые контролировались в динамике каждые 30 минут поляриметрическим методом (рисунок 1).

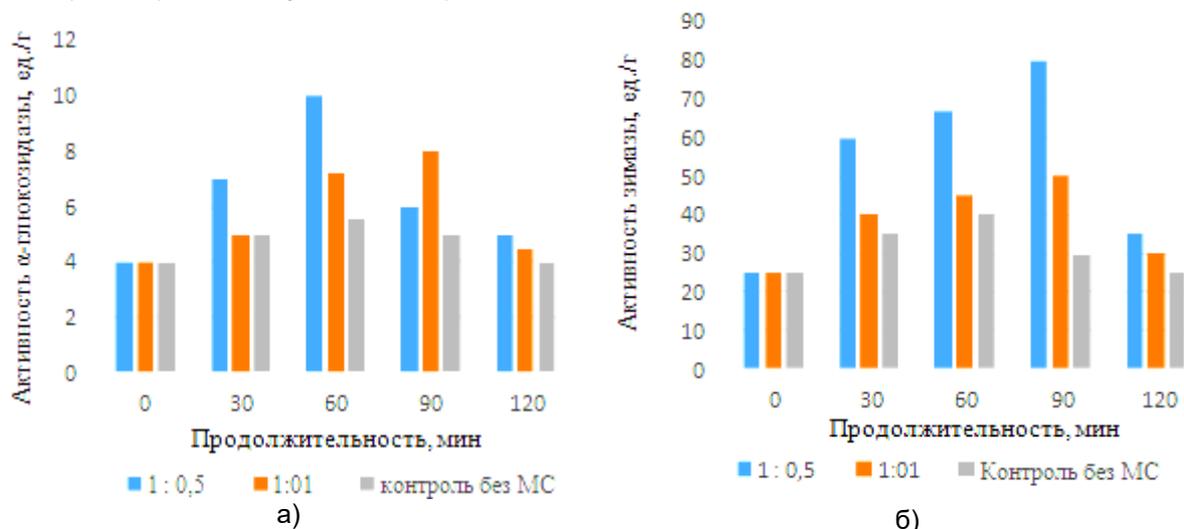


Рисунок 1 – Изменение активности ферментов при активации дрожжей в средах с молочной сывороткой: а) α -глюкозидазы и б) зимазы

Figure 1 - Changes in enzyme activity upon activation of yeast in media with milk serum: а) α -glucosidase and б) zymase

Как видно из полученных результатов, максимальная активность α -глюкозидазы наблюдалась через 60 минут выдержки дрожжей в среде с МС при соотношении 1 : 0,5 и составила – 10,0 ед/г, что превышало наибольший контрольный показатель в 1,8 раза, а исходное значение – в 2,5 раза. Увеличение дозы сыворотки не способствовало возрастанию мальтазной активности.

В случае зимазного комплекса ферментов максимальная активность достигалась

также в образце при соотношении компонентов 1 : 0,5, но лишь через 90 минут выдержки, при этом активность возрастала в 2,7 раза по отношению к контролю и в 3,2 раза – к исходному значению.

Так как основным сбраживаемым сахаром пивного сусла является мальтоза, интенсивность брожения во многом определяется скоростью поступления этого сахара в клетки с последующим его расщеплением до глюкозы, следовательно одним из лимитирующих

факторов при ферментации данной среды будет активность именно α -глюкозидазы. Поэтому для дальнейших исследований в качестве оптимальной выдержки инокулята в средах с молочной сывороткой была выбрана длительность 60 минут, соответствующая одновременно области активации фермента

подготовительной стадии и ферментного комплекса собственно спиртового брожения.

Показатели, характеризующие физиологическое состояние и ферментативную активность дрожжей после выдержки в средах с молочной сывороткой в течение 60 минут, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физиологические показатели и ферментативная активность дрожжей после обработки в средах с молочной сывороткой

Table 2 - Physiological parameters and enzymatic activity of yeast after treatment in media with whey

| Вариант | Концентрация дрожжевых клеток | | | | Активность фермента, ед./г | |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------|----------------|-----------------|----------------------------|--------|
| | общая, млн./см ³ | мертвых, % | почкующихся, % | с гликогеном, % | α -глюкозидазы | зимазы |
| Опыт 1 (дрожжи+ПС : МС 1 : 0,5) | 17,8 | 2,8 | 55,8 | 80,5 | 10,0 | 80,2 |
| Опыт 2 (дрожжи+ПС:МС 1 : 1) | 16,2 | 3,6 | 40,2 | 59,8 | 7,2 | 50,3 |
| Контроль (дрожжи + ПС) | 13,5 | 4,9 | 34,5 | 47,2 | 5,6 | 29,5 |

Как следует из приведенных результатов (таблица 2), в опытных образцах, наряду с возрастанием зимазной активности в 1,7–2,7 раза и α -глюкозидазной в 1,3–1,8 раза по отношению к контролю наблюдается также усиление биосинтетических процессов, что выражается в снижении количества нежизнеспособных клеток в среднем на 35 %, а также увеличении почкующихся клеток и содержащих гликоген в среднем в 1,4 и 1,5 раза соответственно. Наибольшая эффективность воздействия молочной сыворотки совместно с пивным сусликом в сравнении с контрольной средой (только ПС) на активность изучаемых ферментов и стимуляцию обменных процессов, очевидно, связана со значительным содержанием в МС таких факторов роста, как незаменимые аминокислоты (фенилаланин, изолейцин, валин и др.), минеральные вещества (кальций, цинк, магний и др.) и витамины (биотин, инозит, пантотенат и др.), которые стимулируют биосинтез и ферментативную активность дрожжей, а также способствуют в целом повышению уровня конструктивного обмена данных клеток.

Следует отметить, что при увеличении доли молочной сыворотки в среде (опыт 2) эффект стимуляции физиолого-биохимической активности культуры менее заметен,

что, вероятно, связано с угнетающим влиянием на их метаболизм летучих жирных кислот сыворотки, содержание которых в данном образце было выше.

Таким образом, оптимальными параметрами для стимулирования жизнедеятельности пивных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager W-34/70 (после регидратации) на стадии подготовки инокулята является их активация молочной сывороткой в соотношении дрожжи + ПС : сыворотка – 1 : 0,5 с выдержкой в течение 60 минут.

Для оценки технологических свойств дрожжей интегральным показателем их пригодности для сбраживания питательных сред определенного состава может служить степень сбраживания. Поэтому в дальнейшей работе для изучения ферментации суслика и получения образцов молодого и готового пива использовали дрожжи, активированные молочной сывороткой в соотношении 1 : 0,5 (опыт 1) и регидратированные дрожжи без активации МС (контроль), которые были внесены в охмеленное пивное суслико с начальной экстрактивностью 12 %. Главное брожение проводили при температуре 12–13 °С в течение семи суток. Динамика сбраживания видимого экстракта в процессе ферментации суслика приведена на рисунке 2.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

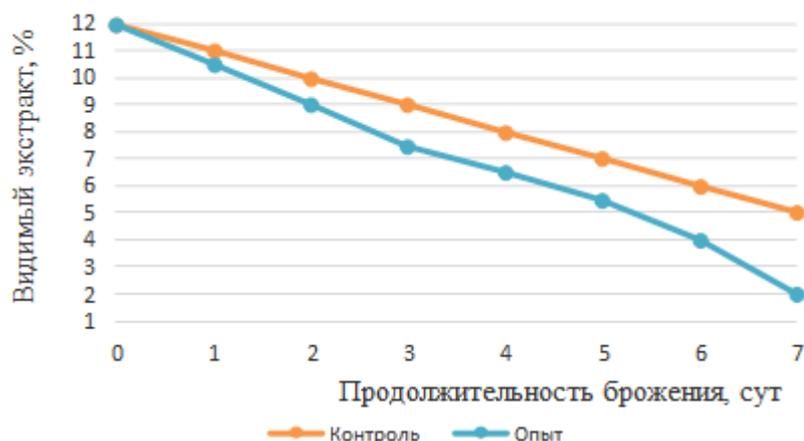


Рисунок 2 – Динамика убыли экстракта пивного сусла опытного и контрольного образцов

Figure 2 - Dynamics of the loss of beer wort extract of the experimental and control samples

Согласно расчету видимой степени сбраживания, данный показатель у опытного образца оказался на седьмые сутки выше контрольного на 25 % и составил 83 %. Поэтому за счет интенсификации процесса потребления экстрактивных веществ дрожжами в опытном образце продолжительность его брожения может быть сокращена на 1,5 суток

до содержания видимого экстракта – 4,5 % при тех же параметрах процесса. Далее по окончании главного брожения молодое пиво охлаждали до температуры 0–2 °С, снимали дрожжевой осадок и дображивали 15 суток. В полученных образцах молодого и готового пива анализировали основные качественные показатели, представленные в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества молодого и готового пива

Table 3 - Indicators of the quality of young and finished beer

| Показатели | Молодое пиво | | Готовое пиво | | ГОСТ 31711-2012 |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| | Контрольный образец | Опытный образец | Контрольный образец | Опытный образец | |
| Экстрактивность начального сусла, % | 12,0 | | 12,0 | | 12,0 |
| Объемная доля спирта, % об. | 4,34 | 4,42 | 4,58 | 4,6 | Не менее 4,5 |
| Кислотность, к. ед | 3,6 | 3,1 | 3,48 | 2,91 | Не более 3,2 |
| РН, ед | 4,3 | 4,15 | 4,2 | 4,10 | 3,8–4,8 |
| Цвет, ц. ед | 2,81 | 2,47 | 2,39 | 2,34 | 0,2–2,5 |
| Массовая доля CO ₂ , % | 0,31 | 0,45 | 0,5 | 0,64 | Не менее 0,4 |
| Ацетальдегид, мг/дм ³ | 9,0 | 7,0 | 6,47 | 5,7 | – |
| Диацетил, мг/дм ³ | 0,87 | 0,74 | 0,31 | 0,1 | – |
| Высшие спирты, мг/дм ³ | 64 | 67 | 76 | 79 | – |
| Пеностойкость, мин | – | – | 4,0 | 6,3 | Не менее 3 |
| Высота пены, мм | – | – | 35 | 44 | Не менее 40 |

Полученные данные свидетельствуют, что готовое пиво опытного образца полностью отвечало всем требованиям ГОСТ 31711-2012 по физико-химическим показате-

лям. В свою очередь, контрольный образец имел некоторое превышение кислотности и недостаточное пенообразование, которое выражалось в снижении высоты пены на 5 мм

относительно требований стандарта. Следует также отметить, что пиво, полученное с использованием дрожжей, активированных в среде с МС, характеризовалось несколько повышенной массовой долей двуокси углерода – на 0,14 % по сравнению с контрольным образцом.

На основе анализа данных хроматографического исследования установлено, что в опытном образце готового пива содержание отрицательно влияющих на вкус и аромат метаболитов, таких как диацетил и ацетальдегид, меньше, чем в контрольном на 35,5 % и 12 % соответственно, что положительно сказывалось на органолептических характеристиках напитка. При этом обработка инокулята практически не сказалась на концентрации образующихся при брожении высших спиртов, формирующих букет готового пива, их содержание, как в молодом, так и готовом пиве, находилось на уровне контрольного образца, в рамках, рекомендуемых в пивоварении, значений.

Согласно дегустационной оценке, лучшими характеристиками обладало пиво опытного образца, сброженное активированными МС дрожжами, оно имело приятный насыщенный аромат; полный, гармоничный вкус без постороннего привкуса, мягкую хмелевую горечь, а также обильную и устойчивую пену. Контрольный образец несколько уступал по насыщенности диоксидом углерода и пенообразующей способности.

ВЫВОДЫ

Изучена возможность использования молочной сыворотки для активации пивных дрожжей низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* штамма Saflager W-34/70 перед введением их в пивное сусло, а также исследовано их влияние на процесс главного брожения и качество светлого пива.

Установлена эффективность обработки пивных дрожжей штамма Saflager W-34/70 на стадии подготовки инокулята (после регидратации) путем выдержки в смеси пивного сусла с молочной сывороткой при соотношении 1 : 0,5 в течение 60 минут при температуре 5 ± 1 °С.

Показано, что использование молочной сыворотки для предферментационной обработки дрожжей при оптимальных параметрах приводит к увеличению их зимазной активности в 2,7 раза, а α -глюкозидазной – в 1,8 раза по сравнению с контролем. Кроме того, наблюдается улучшение физиологического состояния дрожжей и усиление биосинтетических процессов в клетках, что выражается в

снижении количества нежизнеспособных клеток в 1,8 раза, а также увеличении почкующихся клеток в 1,6 раза и содержащих гликоген в 1,7 раза по отношению к контролю.

Показана целесообразность использования инокулята дрожжей, активированного МС, для интенсификации процесса сбраживания пивного сусла, что позволяет сократить длительность главного брожения в среднем на 1,5 суток (до 5,5 суток) и увеличить степень сбраживания экстракта, а также получить готовое пиво высокого качества с меньшим уровнем побочных продуктов брожения, таких как диацетил и ацетальдегид.

Таким образом, представленные в ходе исследований результаты подтверждают эффективность предферментационной обработки дрожжей штамма Saflager W-34/70 молочной сывороткой для стимуляции физиолого-биохимических характеристик дрожжевой культуры и ускорения процессов метаболизма, что благоприятно отражается на процессе ферментации пивного сусла и качестве готового пива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аннемюллер Г., Мангер Г.Й., Литц П. Дрожжи в пивоварении. Санкт-Петербург : Профессия, 2015. 428 с.
2. Пермякова Л.В. Регулирование биотехнологических свойств пивных дрожжей путем корректировки состава питательной среды : монография. Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), 2017. 248 с.
3. Гагиева Л.Ч., Цугкиев Б.Г., Дзантиева Л.Б., Макиев О.Н. Технологические аспекты использования растительного сырья в качестве активаторов бродильных процессов // Пиво и напитки. 2011. № 2. С. 28–29.
4. Козлов С.Г. Исследование и разработка способов активации дрожжей с использованием молочной сыворотки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04. Кемерово : КемТИПП, 2002. 18 с.
5. Помозова В.А., Пермякова Л.В., Сафонова Е.А., Артемасов В.В. Активация пивных дрожжей // Пиво и напитки. 2002. № 2. С. 26–27.
6. Хныкин А.М., Садова А.И., Тимаев А.М. Разработка метода активации сухих пивоваренных дрожжей для заводов малой мощности // Пиво и напитки. 2012. № 2. С. 12–16.
7. Каменская Е.П., Камаева С.И., Вагнер В.А., Теплова А.А. Влияние экстракта пантокарина на метаболизм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в технологии производства пива // Биотехнология и общество в XXI веке : материалы II Международной науч.-практич. конференции. Барнаул : Изд-во АГУ. 2018. С. 207–217.
8. Храмов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки : учеб. пособие. М. : ДеЛиПринт, 2003. 768 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

9. Храмов А.Г. Феномен молочной сыворотки : монография. СПб. : Профессия, 2011. 804 с.

10. Аверьянова Е.В., Каменская Е.П. Состав и применение молочной сыворотки : метод. рекомендации. Бийск : Изд-во АлтГТУ, 2005. 41 с.

11. Базеева Е.Е., Аверьянова Е.В., Каменская Е.П. Разработка компонентного состава питательной среды на основе творожной сыворотки для культивирования штамма *Bifidobacterium longum* V379M // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. № 4 (27). С. 55–64.

12. Качмазов Г.С. Дрожжи броидильных производств. Практическое руководство. СПб. : Лань, 2012. 224 с.

13. Польшагина Г.В., Чердиченко В.С., Римарева Л.В. Определение активности ферментов. М. : Делипринт, 2003. 375 с.

14. Ермолаева Г.А. Степень сбраживания сусла и пива // Пиво и напитки. 2003. № 6. С. 14–15.

Информация об авторах

Е. П. Каменская – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии броидильных производств и виноделия Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Г. В. Сабрезынова – магистрант кафедры технологии броидильных производств и виноделия Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Annemüller, G., Munger, G.Y. & Litz, P. (2015). Yeast in brewing. Profession, P. 428. (In Russ.).

2. Permyakova, L.V. (2017). Regulation of biotechnological properties of brewer's yeast by adjusting the composition of the nutrient medium: monograph. Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University). - P. 248. (In Russ.).

3. Gagieva, L.Ch., Tsugkiev, B.G., Dzantieva, L.B. & Makiev, O.N. (2011). Technological aspects of using plant raw materials as activators of fermentation processes. *Beer and drinks*. (2), 28-29. (In Russ.).

4. Kozlov, S.G. (2002). Research and development of methods for activating yeast using milk whey: author. dis. ... Cand. tech. Sciences : 05.18.04. KemTIPP. P. 18. (In Russ.).

5. Pomozova, V.A., Permyakova, L.V., Safonova, E.A. & Artemasov, V.V. (2002). Activation of brewer's yeast. *Beer and drinks*. (2), 26-27. (In Russ.).

6. Khnykin, A.M., Sadova, A.I. & Timaev, A.M. (2012). Development of a method for activating dry brewing yeast for low-power plants. *Beer and drinks*. (2), 12-16. (In Russ.).

7. Kamenskaya, E.P., Kamaeva, S.I., Wagner, V.A. & Teplova, A.A. (2018). Influence of pantocrine extract on metabolism of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in beer production technology. Biotechnology and society in the XXI century: materials of the II International scientific and practical conference. ASU Publishing House, 207-217. (In Russ.).

8. Khramtsov, A.G. & Nesterenko, P.G. (2003). Technology of whey products : a tutorial. Delhi print. P. 768. (In Russ.).

9. Khramtsov, A.G. (2011). The phenomenon of milk whey: monograph. Professiya. P. 804.

10. Averyanova, E.V. & Kamenskaya, E.P. (2005). The composition and use of milk whey: guidelines. Publishing house Alt. state tech. University. P. 41. (In Russ.).

11. Bazeeva, E.E., Averyanova, E.V. & Kamenskaya, E.P. (2018). Development of the component composition of the nutrient medium based on curd whey for the cultivation of the *Bifidobacterium longum* B379M strain. *Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology*. (4), 55–64. (In Russ.).

12. Kachmazov, G.S. (2012). Fermentation yeast. A practical guide. Lan. P. 224. (In Russ.).

13. Polygalina, G.V., Cherednichenko, V.S. & Rimareva, L.V. (2003). Determination of enzyme activity. Delhi print. P. 375. (In Russ.).

14. Ermolaeva, G.A. (2003). The degree of fermentation of wort and beer. *Beer and drinks*. (6), 14-15. (In Russ.).

Information about the authors

E. P. Kamenskaya – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Fermentation and Winemaking, Polzunov Altai State Technical University.

G. V. Sabrezyanova – Master's Degree Student of the Department of Technology of Fermentation and Winemaking, 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 01.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья
05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 637.52
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.017

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНОГО УРОВНЯ МЯСА ИНДЕЙКИ В ФАРШЕ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ТЕСТЕ (ПЕЛЬМЕНЕЙ)

Виталий Викторович Горшков ¹, Елена Ивановна Машкина ²

^{1,2} ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный 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>

Аннотация. Изучена эффективность использования мяса индейки при приготовлении пельменей. Оценка потребительских предпочтений показала, что пельмени с включением мяса индейки в количестве 50 % в наибольшей степени отвечают предпочтениям потребителей и имели наивысшие баллы по дескрипторам интенсивность вкуса и запаха, послевкусие, чистоте вкуса и общему впечатлению от продукта. Замена части говядины и свинины на мясо индейки в количестве 50 % и 100 % способствовало увеличению содержания белка и снижению жира в готовых продуктах, а значит и калорийности. Использование 50 % мяса индейки в фарше увеличило белковую ценность на 0,7 %, и снизило жирность продукта на 5,5 %. Использование фарша на 100 % состоящего из мяса индейки увеличило содержание белка на 5,4 %, и снизило жирность продукта на 9,7 %. При замене части фарша из свинины и говядины на 50 % мясом индейки увеличило затраты на сырьё в готовом продукте на 4,5 % и за счёт полученной прибыли увеличило уровень рентабельности на 7,6 %, а при использовании в фарше мяса индейки на 100 % увеличило затраты на 14 % за счёт более высокой стоимости мяса. Изменение уровня рентабельности во второй опытной группе составило 6 %.

Ключевые слова: мясо индейки, фарш, пельмени, мясные полуфабрикаты, дескрипторы, органолептическая оценка, белок, жир, калорийность, рентабельность.

Благодарности: авторы выражают признательность респондентам Тюменцевского района, участвовавших в исследованиях, сотрудникам испытательной лаборатории КГБУ «Алтайский краевой ветеринарный центр по предупреждению и диагностике болезней животных» за помощь в проведении исследований.

Для цитирования: Горшков В. В., Машкина Е. И. Эффективность использования разного уровня мяса индейки в фарше при приготовлении полуфабрикатов в тесте (пельменей) // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 124–131. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.017.

Original article

EFFICIENCY OF USING DIFFERENT LEVELS OF TURKEY MEAT IN MINCES WHEN PREPARING SEMI-FINISHED DOUGH (DUMPLINGS)

Vitaly V. Gorshkov ¹, Elena I. Mashkina ²

^{1,2} Altai State Agrarian University, Barnaul, Russian Federation

¹ vita-gorshkov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3407-0552>

² ele.maski@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5191-8538>

© Горшков В. В., Машкина Е. И., 2021

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНОГО УРОВНЯ МЯСА ИНДЕЙКИ В ФАРШЕ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ТЕСТЕ (ПЕЛЬМЕНЕЙ)

Abstract. *The effectiveness of the use of turkey meat in the preparation of dumplings has been studied. Consumer Preference Evaluation showed that 50 % turkey dumplings were most consistent with consumer preferences and had the highest descriptor scores for flavor and aroma intensity, after-taste, purity of taste, and overall product experience. Replacing some of the beef and pork with turkey meat in the amount of 50 % and 100 % contributed to an increase in protein content and a decrease in fat in finished products, and hence calorie content. The use of 50 % turkey in minced meat increased the protein value by 0.7 %, and reduced the fat content of the product by 5.5 %. The use of 100 % turkey minced meat increased the protein content by 5.4 % and reduced the fat content of the product by 9.7 %. When replacing a part of minced pork and beef by 50 % with turkey meat, it increased the cost of raw materials in the finished product by 4.5 %, and due to the profit received, increased the level of profitability by 7.6 %, and when using turkey meat in minced meat by 100 % increased costs by 14 % due to the higher cost of meat. The change in the level of profitability in the second experimental group was 6 %.*

Keywords: *turkey meat, minced meat, dumplings, semi-finished meat products, descriptors, organoleptic evaluation, protein, fat, caloric content, profitability.*

Acknowledgments: *the authors express their gratitude to the respondents of the Tyumensevsky district who participated in the research, to the employees of the testing laboratory of the Altai Regional Veterinary Center for the ty and Diagnosis of Animal Diseases for their help in conducting research.*

For citation: Gorshkov, V. V. & Mashkina, E. I. Efficiency of using different levels of turkey meat in minces when preparing semi-finished dough (dumplings). *Polzunovskiy vestnik*, (2), 124-131. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.017.

ВВЕДЕНИЕ

Полуфабрикаты в тесте получили широкое распространение среди населения в связи с быстротой их приготовления и высокой пищевой ценностью. В последние годы при изготовлении полуфабрикатов в тесте – пельменей – производители заменяют в фарше привычные говядину и свинину на мясо птицы. Это позволяет не только расширить ассортимент изделий-полуфабрикатов, но и сделать продукт более диетическим и легко усвояемым (В.В. Гуцин, 2014; В.Г. Попов, 2019).

Мясо индейки является довольно новым продуктом на рынке Алтайского края. Оно, как и другие виды мяса (А.Т. Инербаева, 2019), богато всеми необходимыми элементами питания, в первую очередь, белками, макро- и микроэлементами (фосфором, железом, селеном, калием) и витаминами. Кроме того, мясо индейки гипоаллергенно, что позволяет использовать его в питании детей с раннего возраста (Н.А. Крылова, 2013; В.И. Криштанович, 2013; Л.Н. Семеркова, 2015; О.Н. Самченко, 2015).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению эффективности использования мяса индейки при приготовлении полуфабрикатов в тесте (пельменей) были проведены в 2019–2020 гг. в условиях предприятия ИП «Мерц Л.В.» Тюменцевского района Алтайского края.

Оценку качества и пищевой ценности полуфабрикатов проводили в условиях лаборатории кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет» и в КГБУ «Алтайский краевой ветеринарный центр по предупреждению и диагностике болезней животных» (АКВЦ).

Целью исследований являлось изучение технологии переработки мяса индейки и оценка качества готовых полуфабрикатов – пельменей с использованием мяса индейки разной дозировки.

В задачи исследования входило:

- 1) изучить путём социологического опроса предпочтения населения Тюменцевского района в потреблении мясных полуфабрикатов в тесте;
- 2) дать характеристику поступающего сырья и технологии производства пельменей на предприятии ИП «Мерц Л.В.»;
- 3) разработать рецептуры пельменей с использованием мяса индейки в условиях предприятия;
- 4) оценить качество готовых полуфабрикатов с мясом индейки по органолептическим показателям, физико-химическому составу и калорийности;
- 5) провести экономическую оценку полученных результатов.

Для исследования в качестве контроля были взяты вырабатываемые на предприятии пельмени, фарш которых состоял из свинины

и говядины с добавлением небольшого количества шпика.

Для приготовления опытных образцов пельменей было взято мясо индейки алтайского производства – предприятия АО «Алтайские луга».

С учетом рецептуры были разработаны две группы пельменей – опытные 1 и опытные 2, в которых количество фарша из индейки составило 50 % и 100 % соответственно.

На первом этапе путём социологического опроса были изучены предпочтения населения Тюменцевского района в отношении мясных полуфабрикатов в тесте методом анкетирования с использованием разработанного опросного листа.

После разработки рецептуры и получения готовых изделий была проведена дегустационная оценка представленных образцов пельменей.

Органолептически изучали внешний вид готовых изделий, консистенцию фарша, показатели цвета, вкуса, аромата и др. после тепловой обработки до кулинарной готовности (варка) построением профилограмм на основе дескрипторов.

Комиссия из 12 человек выставяла оценку по показателю, руководствуясь гедонической 5-балльной шкалой: от 5 баллов – «отличное» качество до 1 балла – «неудовлетворительное» качество на основе субъективного восприятия.

Для более детального изучения всех органолептических показателей пельменей использовался профильно-дескриптивный метод оценки продукции.

При этом дегустаторы отражали интенсивность восприятия того или иного дескриптора органолептического показателя пельменей, выставяла на дегустационном листе метку (черту), соответствующую балльной оценке от 1 (низкая интенсивность выраженности дескриптора) до 10 баллов (высокая интенсивность выраженности дескриптора).

Оценка физико-химических показателей включала определение толщины тестовой оболочки мясного полуфабриката путем измерения на поперечном разрезе; определение содержания мясного фарша путем раздельного взвешивания теста и мясной начинки (массовой доли фарша в полуфабрикате), определение хлористого натрия в пельменях и массовой доли влаги в полуфабрикатах.

На последнем этапе с учетом расчета затрат на основное сырье, материалов и отпускной цены была определена экономическая эффективность производства полуфабрикатов в тесте (пельменей) с мясом индейки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Социологический опрос среди населения Тюменцевского района (рисунок 1) проводили в целевой группе мужчин и женщин в возрасте от 19 лет до 45 среди респондентов, ведущих активную образовательную или трудовую деятельность (рисунок 2).

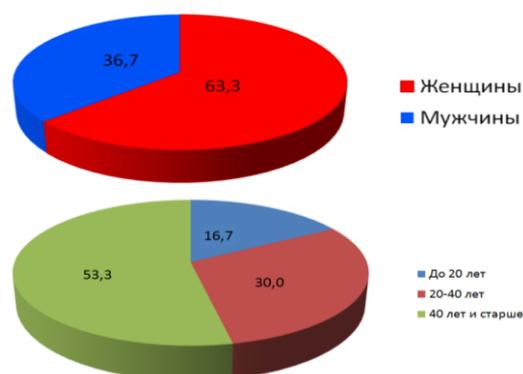


Рисунок 1 – Распределение опрашиваемого трудоспособного населения по полу и возрасту (%)

Figure 1 - Distribution of the surveyed working-age population by sex and age (%)

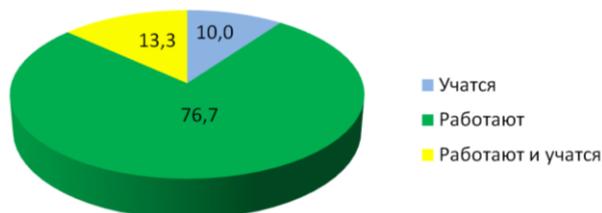


Рисунок 2 – Трудоспособное население по видам занятости (%)

Figure 2 - Able-bodied population by type of employment (%)

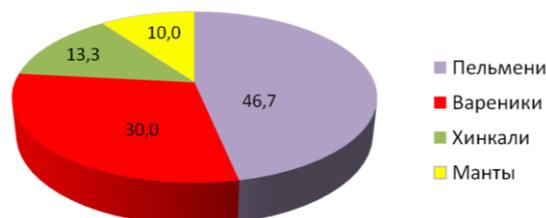


Рисунок 3 – Предпочтения потребителей при приобретении полуфабрикатов в тесте

Figure 3 - Consumer preferences when purchasing semi-finished products in dough

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНОГО УРОВНЯ МЯСА ИНДЕЙКИ В ФАРШЕ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ТЕСТЕ (ПЕЛЬМЕНЕЙ)

Как показал опрос среди активного трудоспособного населения (рисунок 3), как основной целевой группы потребителей полуфабрикатов в тесте, использующих их для экономии времени и получения максимально питательного продукта питания, опрошенные отдавали предпочтение в первую очередь пельменям, что объясняется, видимо, привычкой и развитой культурой потребления этого продукта – 46,7 %, на втором месте – вареники (30,0 %), а хинкали и манты – 13,3 и 10 % соответственно.

Опрос об активности потребления полуфабрикатов в тесте показал (рисунок 4), что значительная часть респондентов, ведущих активный образ жизни, используют мясные полуфабрикаты в тесте чаще 1 раза в неделю (36,7 %) и раз в несколько недель (30,0 %). Один раз в неделю покупали полуфабрикаты 20 % респондентов, и очень редко – раз в несколько месяцев – только 13,3 %.

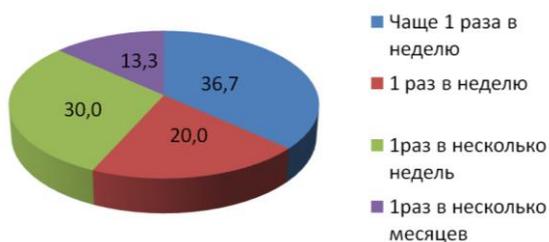


Рисунок 4 – Частота употребления респондентами мясных полуфабрикатов

Figure 4 - Frequency of respondents' consumption of semi-finished meat products

Данные об активности приобретения и потребления полуфабрикатов объясняется доступностью продукции, ее вкусовыми качествами и традициями населения при их употреблении.

Для оценки целесообразности изготовления полуфабрикатов в тесте (пельменей) с новыми характеристиками был проведен дополнительный опрос (рисунок 5).

Как показал опрос, большая часть опрошиваемых положительно (40 %) или с интересом (36,7 %) относится к продуктам-полуфабрикатам с новыми компонентами или характеристиками, с повышенными вкусовыми и питательными свойствами. Это позволяет сделать вывод о целесообразности разработки новых рецептур фарша для полуфабрикатов в тесте.

Отношение к новым продуктам

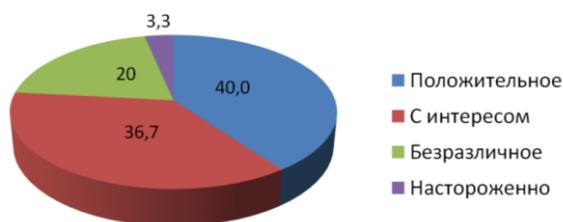


Рисунок 5 – Распределение респондентов по отношению к мясным полуфабрикатам в тесте с новыми характеристиками (%)

Figure 5 - Distribution of respondents in relation to semi-finished meat products in a test with new characteristics (%)

Приоритетность выбора респондентов при принятии решения о покупке полуфабрикатов отражена на рисунке 6, из которого следует, что, принимая решение о приобретении полуфабрикатов в тесте, опрошиваемые руководствуются, в первую очередь, составом продукции (249 баллов), мнением (впечатлением) от предыдущей покупки (239 баллов) и внешним видом продукта (209 баллов). Значительно меньшее влияние оказывает торговая марка (155 баллов) и совет продавца или знакомых (78 и 110 баллов соответственно). При этом наибольшую весомость имел показатель «состав продукта» (4,7 балла по 5-балльной шкале) и «внешний вид» (4,2 балла).

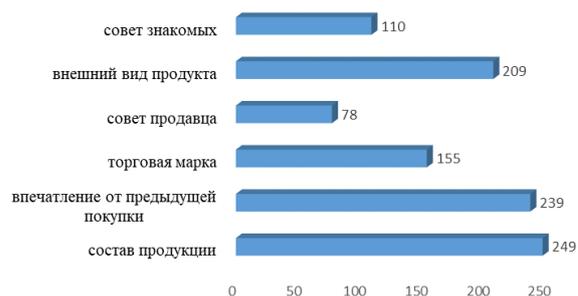


Рисунок 6 – Принимаемое решение в зависимости от факторов (по сумме баллов)

Figure 6 - Decision made depending on factors (by the sum of points)

Таким образом, результаты опроса в Тюменцевском районе показали, что полуфабрикаты в тесте – пельмени, занимают лидирующее положение среди других из-

вестных продуктов, приобретаются в среднем раз в неделю, и при выпуске нового продукта и последующем выборе потребитель руководствуется составом продукта и впечатлением от предыдущей покупки.

Для производства классических пельменей, взятых в качестве контрольного образца, в ИП «Мерц Л.В.» используется: для фарша говядина первого сорта (30 %) и свинина жирная (20 %) очищенные от жил, свиной шпик (5 %), лук репчатый (5 %), черный перец, соль, для теста – мука пшеничная хлебопекарная, куриные яйца или яичные продукты, пищевая соль и вода.

В опытные образцы пельменей включали филе бедра и грудки индейки в количестве: 1 опытная – 18 % бедра и 10 % грудки мяса индейки, 2 опытная – 35 и 20 % соответственно, вместо шпика и части говядины и свинины. Количество остальных ингредиентов не менялось.

После изготовления мясных полуфабрикатов в тесте – пельменей, была проведена их органолептическая оценка по показателям внешнего вида, аромату, вкусу, цвету, консистенции и др. (В.В. Подвалова, 2017).

Дегустационный анализ контрольного и опытных образцов пельменей, в которых содержание мяса индейки составляло 0 %, 50 и 100 % проводили комиссией 12 человек.

Анализ дескрипторов вкуса, представленный на рисунке 7, свидетельствует, что пельмени с содержанием мяса индейки 50 % имели наилучшие потребительские предпочтения с наибольшим количеством баллов по таким показателям, как интенсивность вкуса и запаха и послевкусие, в результате опередил опытный образец № 1 по чистоте вкуса и общему впечатлению от продукта.



Рисунок 7 – Сенсорный профиль качества пельменей

Figure 7 - Sensory profile of the quality of dumplings

При оценке внешнего вида пельменей комиссией дегустаторов было выбрано пять дескрипторов (рисунок 8): округлая форма пельменей, повреждение тестовой оболочки, «белый с кремовым оттенком цвет теста», «однородность фарша» и «светло-серый цвет фарша».

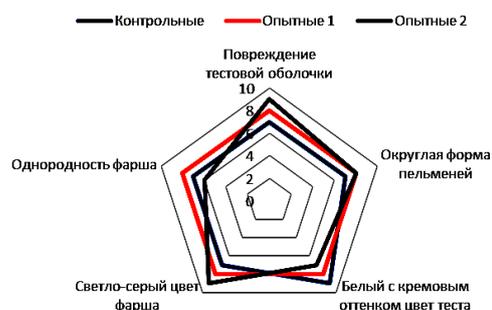


Рисунок 8 – Оценка пельменей по дескрипторам внешнего вида и цвета

Figure 8 - Evaluation of dumplings by descriptors of appearance and color

Данные дескрипторы были выбраны в связи с тем, что согласно НТД, на пельмени (ГОСТ 33394-2015) к продукту предъявляют требования по отсутствию деформированности, круглой или произвольной формы с сухой поверхностью, белый с кремовым оттенком цветом тестовой оболочки и светло-серым фаршем.

Дескриптор «однородность фарша» подразумевает равномерно перемешанную массу мясного сырья с включениями измельченного лука. Следует отметить, что по внешнему виду и цвету все представленные образцы соответствовали требованиям потребителей.

Профилограммы показателей вкуса и запаха и консистенции пельменей представлены на рисунках 9 и 10. Для оценки вкуса и запаха были использованы 7 дескрипторов: «пряный», «горький», «солёный», «посторонний», «аромат лука», «приятный» и «нежный», одни из которых имели позитивное потребительское восприятие, а другие – негативное.

По вкусу пельменей дескрипторы разделили на «желательные» – солёный и пряный, и «нежелательные» – горький или посторонний. У обоих опытных образцов дегустаторы отмечали лучшую оценку, они характеризовались выраженным солёным и умеренно пряным привкусом и нежным вкусом и не имели нежелательных характеристик. Контрольный образец без мяса индейки характеризовался менее нежным вкусом.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНОГО УРОВНЯ МЯСА ИНДЕЙКИ В ФАРШЕ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ТЕСТЕ (ПЕЛЬМЕНЕЙ)



Рисунок 9 – Оценка пельменей по дескрипторам вкуса и запаха

Figure 9 - Evaluation of dumplings by taste and smell descriptors

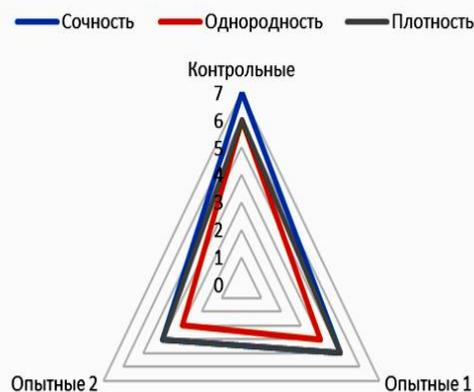


Рисунок 10 – Оценка пельменей по дескрипторам консистенции

Figure 10 - Evaluation of dumplings by consistency descriptors

Таблица 1 – Физико-химические показатели пельменей

Table 1 - Physical and chemical indicators of dumplings

| Показатель | Норма | Контроль | Опытные 1 | Опытные 2 |
|--|-------|----------|-----------|-----------|
| Массовая доля белка, % не менее | 7 | 21,3±1,7 | 22,0±1,8 | 26,7±2,1 |
| Массовая доля жира, % не более | 26 | 11,1±2,0 | 5,6±1,0 | 1,4±0,3 |
| Калорийность, ккал | – | 257,1 | 210,4 | 191,4 |
| Массовая доля влаги, % не более | 70 | 69,3±1,3 | 60,8±1,4 | 69,9±0,8 |
| Массовая доля хлорида натрия, % не более | 1,7 | 1,5±0,05 | 0,8±0,07 | 1,0±0,05 |
| Вес пельменей, г | 5–25 | 15,8±1,8 | 14,5±0,8 | 15,0±1,01 |
| Массовая доля фарша к массе пельменя, % не менее | 50 | 80±1,0 | 80±1,0 | 80±1,0 |

При определении консистенции дегустаторы выделили наиболее выраженную интенсивность восприятия желаемых дескрипторов «сочность», «однородность» и «плотность» у контрольных образцов пельменей (соответственно 7,6 и 6 баллов), тогда как опытные образцы полуфабрикатов уступали контролю по параметрам консистенции и сочности начинки. Из этого можно сделать вывод, что использование мяса индейки снижает указанные показатели.

В целом, по результатам потребительских свойств и дегустационной оценке можно отметить, что опытные образцы продукции полуфабрикатов в тесте пельменей с содержанием индейки 50 % и 100 % в составе фарша имеет положительную оценку, однако увеличение мяса птицы снижает показатели сочности и однородности консистенции.

Проведённый физико-химический анализ представлен в таблице 1.

Как следует из данных, представленных в таблице, замена части свино-говяжьего фарша на мясо индейки способствует увеличению доли белка и снижению массовой доли

жира. Использование 50 % индейки в фарше увеличило белковую ценность на 0,7 %, а замена 100 % – на 5,4 %, тогда как жирность продукта уменьшилась соответственно на 5,5 % и 9,7 %. В связи с этим и калорийность пельменей второй опытной группы была наименьшая – 191,4 ккал, что на 25,5 % меньше, чем контрольных образцов и на 9,0 % меньше, чем у продукта с 50 %-ной заменой свинины и говядины в фарше на мясо птицы.

Это позволяет сделать вывод, что повышение доли индейки в фарше делает продукт более постным и белково-насыщенным, и рекомендовать его для отдельных групп населения, ведущих активный образ жизни, например, спортсменам.

По остальным показателям все образцы соответствовали требованиям нормативной документации.

По окончании исследований был проведён расчёт экономической эффективности производства полуфабрикатов теста – пельменей в условиях ИП «Мерц Л.В.».

Введение мяса индейки увеличило затраты на сырьё в готовом продукте при 50 %-й замене – на 5,65 руб./кг (131,41 руб. против 125,76 руб./кг в контроле), а при 100 %-й замене – на 17,55 руб./кг (143,31 руб./кг опытно-

го 2 образца). Использование мяса птицы при изготовлении пельменей не оказало влияние на остальные статьи затрат.

Экономическая эффективность производства пельменей приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Экономическая эффективность исследований

Table 2 - Economic efficiency of research

| Показатель | Контроль | Опытные 1 | Опытные 2 |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|
| Выход продукции, % | 99,6 | 99,6 | 99,6 |
| Себестоимость, руб. | 125,76 | 137,41 | 143,31 |
| Общие затраты на 1 кг, руб. | 148,14 | 159,79 | 165,69 |
| Цена реализации за 1кг, руб.* | 225,00 | 254,76 | 261,55 |
| Прибыль на 1кг, руб. | 76,89 | 94,97 | 95,86 |
| Уровень рентабельности, % | 51,8 | 59,4 | 57,8 |

* за цену реализации взята опускная цена в Тюменцевском районе

Как видно из данных таблицы, наиболее рентабельно производство пельменей с содержанием мяса индейки 50 % – 59,4 % и данный продукт обладает оптимальными потребительскими, вкусовыми и пищевыми свойствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что среди активного населения Тюменцевского района Алтайского края наибольшей популярностью пользуются полуфабрикаты в тесте – пельмени. При этом потребители положительно отзываются на появление на рынке продуктов с новыми ингредиентами и вкусовыми характеристиками.

Проведенная органолептическая оценка свидетельствует, что пельмени с мясом индейки положительно характеризуются дескрипторами полезности, свежести, имеют хорошие вкусовые качества. Оценка общего сенсорного профиля указывает на преимущество данного продукта по показателям нежности начинки и общему впечатлению от употребления готового продукта.

Замена части фарша из свинины и говядины в пельменях на мясо индейки повышает содержание белка и снижает количество жира, что позволяет получить более постный продукт.

Пельмени с содержанием мяса индейки 50 % имели себестоимость производства на уровне 159,79 руб./кг, что при цене реализации 254,76 руб./кг позволяет получить прибыль от реализации 94,97 руб./кг с уровнем рентабельности 59,4 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 32951-2014. «Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия» от 03.10.2014 № 1265-ст [Электронный ресурс]. Справочно-правовая система "Консультант-Плюс" (дата обращения: 21.05.2020).
- ГОСТ 33394-2015 «Пельмени замороженные. Технические условия» от 01.01.2017 № 1950-ст [Электронный ресурс]. Справочно-правовая система "КонсультантПлюс" (дата обращения: 21.05.2020).
- Гущин В.В., Русанова Г.Е., Риза-Заде Н.И. Мировые тенденции развития техники и технологии при производстве продуктов из мяса птицы // Птица и птицепродукты. 2014. № 2. С. 20–23.
- Инербаева А.Т., Инербаев Б.О., Борисов Н.В. Оценка качества говядины в зависимости от исследуемой породы скота // Ползуновский вестник. 2019. № 3. С. 33–36.
- Криштанович В.И. Свойства ветчины на основе мяса индейки // Мясная индустрия. 2013. № 1. С. 51–55.
- Крылова, Н.А. Обзор рынка мяса птицы в России // Мясные технологии. 2013. № 5 (125). С. 24–25.
- Подвалова В.В., Колтун Г.Г., Синельникова М.А. Практикум для лабораторных и самостоятельных работ по профилю технология переработки продуктов животноводства. Уссурийск : ФГБОУ ВО ПГСХА, 2017. 98 с.
- Разработка рецептуры комплексной пищевой физиологически функциональной системы с целью получения специализированных продуктов питания для населения Арктики / В.Г. Попов [и др.] // Ползуновский вестник. 2019. С. 90–95.
- Самченко О.Н. Мясо индейки в технологиях мясопереработки // Технические науки – от теории к практике. 2015. № 9 (45). С. 67–71.
- Семеркова Л.Н., Белякова В.А., Сосновский М.С. Особенности становления и перспективы развития российского рынка мяса индейки // Вестник университета. 2015. № 3. С. 32–35.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНОГО УРОВНЯ МЯСА ИНДЕЙКИ В ФАРШЕ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ТЕСТЕ (ПЕЛЬМЕНЕЙ)

Информация об авторах

В. В. Горшков – кандидат. с.-х. наук, доцент Алтайского государственного аграрного университета, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства.

Е. И. Машкина – кандидат. с.-х. наук, Алтайский государственный аграрный университет, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства.

REFERENCES

1. Semi-finished meat and meat-containing products. General technical conditions. (2014). HOST32951-2014.from03 October 2014. Moscow: Standard Publishing House. (In Russ.).
2. Frozen dumplings. Specifications. (2017). HOST33394-2015.from01 January 2017. Moscow: Standard Publishing House. (In Russ.).
3. Gushchin, V.V., Rusanova, G.E. & Riza-Zade, N.I (2014). World trends in the development of technology and technology in the production of poultry meat products. *Poultry and poultry products*, 2, 20–23.
4. Inerbaeva, A.T., Inerbaev, B.O. & Borisov, N.V. (2019). Evaluation of the quality of beef depending on the studied breed of cattle. *Polzunovskiy Vestnik*, 3, 33-36.
5. Krishtanovich, V.I. (3013). Ham properties based on turkey meat. *Meat industry*, 1. 51-55.
6. Krylova, N.A. (2013). Review of the poultry meat market in Russia. *Meat technologies*, 5, 24-25.

7. Podvalova, V.V., Koltun, G.G. & Sinelnikov, M.A. (2017). Workshop for laboratory and independent work on the profile of technology of processing animal products. *Ussuriysk: FGBOU VO PGSKhA*.

8. Popov, V.G., Kadochnikova, G.D., Burakova, L.N., Neverov, V.Yu., Trigub, V.V., Mozhherina, I.V., Belina, S.A. (2019). Formulation development of a complex physiologically functional food system in order to obtain specialized food products for the Arctic population. *AltSTU: Polzunovsky Bulletin*.

9. Samchenko, O.N. (2015). Turkey meat in meat processing technologies. *Technical sciences – from theory to practice*. 9 (45). 67-71.

10. Semerkova, L.N., Belyakova, V.A. & Sosnovsky, M.S. (2015). Features of the formation and development prospects of the Russian market for turkey meat. *Bulletin of the University*. 3. 32-35.

Information about the authors

V. V. Gorshkov – 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.

E. I. Mashkina – the candidate of Agricultural Sciences, 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.

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

Статья поступила в редакцию 21.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 21 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья

05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки)
УДК 664

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.018

НОВЫЙ ПРОДУКТ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ ИЗ РЫБНОГО СЫРЬЯ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Ольга Николаевна Пчелинцева ¹, Зенфира Альбертовна Бочкарёва ²,
Светлана Вячеславовна Лисина ³

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

¹ pchelincevaon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3395-4586>

² bochkarijevaz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4552-8007>

³ s.lisin2011@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0925-320X>

Аннотация. Рыбные рубленые изделия являются хорошей основой для создания функциональной продукции, так как подходят для обычного и специализированного питания. Рыбные рубленые изделия просты в своем изготовлении и пользуются большим спросом на потребительском рынке, вследствие этого целесообразно расширять ассортимент рыбных рубленых изделий за счет внесения различных наполнителей и добавок.

Растительное сырье, такое как капуста брокколи и отруби экструзионной обработки, представляют собой источники пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов, могут использоваться как самостоятельные продукты, так и в качестве функциональной добавки для различных продуктов питания, в том числе и рыбных рубленых изделий.

Использование нетрадиционного функционального сырья для улучшения качественных показателей рыбных рубленых изделий является актуальным приемом для расширения ассортимента продукции. В данных исследованиях была разработана рецептура рыбных рубленых изделий функционального назначения с внесением различного процентного содержания от общей массы фарша капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей. Количество добавляемого сырья составило: в образец № 1 – 5 % и 8 %, в образец № 2 – 8 % и 10 %, в образец № 3 – 12 % и 12 % капусты брокколи и отрубей экструзионной обработки соответственно. По результатам исследований и проведенным расчетам наиболее качественным является образец № 2, так как имеет высокие показатели пищевой, энергетической и биологической ценности. Также органолептический анализ готового изделия показал, что образец № 2 не уступает по характеристикам органолептической оценки в сравнении с контрольным образцом.

Ключевые слова: рыба, рыбные рубленые изделия, минтай, капуста брокколи, экструдат пшеничных отрубей, изделия функционального назначения, пищевая ценность, энергетическая ценность, биологическая ценность, органолептическая оценка.

Для цитирования: Пчелинцева О. Н., Бочкарёва З. А., Лисина С. В. Новый продукт с функциональными свойствами из рыбного сырья с растительными компонентами // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 132–139. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.018.

Original article

A NEW PRODUCT WITH FUNCTIONAL PROPERTIES FROM FISH RAW MATERIALS WITH PLANT COMPONENTS

Olga N. Pchelintseva ¹, Zenfira A. Bochkareva ², Svetlana V. Lisina ³

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

© Пчелинцева О. Н., Бочкарёва З. А., Лисина С. В., 2021

НОВЫЙ ПРОДУКТ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ ИЗ РЫБНОГО СЫРЬЯ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

¹ pchelincevaon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3395-4586>

² bochkarievaz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4552-8007>

³ s.lisin2011@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0925-320X>

Abstract. *Fish minced products are a good basis for creating functional products, as they are suitable for conventional and specialized food. Fish minced products are easy to manufacture and are in high demand in the consumer market as a result of this it is advisable to expand the range of fish chopped products by making various fillers and additives. Vegetable raw materials such as broccoli cabbage and extrusion bran represent a failure of sources of dietary fiber, minerals and vitamins can be used as independent products as well as as functional additives for a variety of foods, including fish chopped products.*

The use of non-traditional functional raw materials to improve the quality of fish chopped products is a relevant technique for expanding the range of products. In these studies, a formulation of fish minced products of functional purpose was developed with a different percentage of the total mass of minced broccoli cabbage and wheat bran extrudate. The amount of raw materials added was: in sample No. 1 – 5 % and 8 %, in sample No. 2 – 8 % and 10 %, in sample No. 3 – 12 % and 12 % broccoli cabbage and bran extrusion treatment, respectively. According to the results of studies and calculations, the most qualitative is the sample No. 2, as it has high rates of food, energy and biological value. Also, the organoleptic analysis of the finished product showed that the sample No. 2 is not inferior in characteristics of organoleptic evaluation in comparison with the control sample.

Keywords: *fish, minced fish products, pollock, broccoli cabbage, wheat bran extrudate, functional products, nutritional value, energy value, biological value, organoleptic evaluation.*

For citation: Pchelintseva, O. N., Bochkareva, S. A. & Lisina, S. V. A new product with functional properties from fish raw materials with plant components. *Polzunovsky vestnik*, (2), 132-139. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.018.

Рыба – наиболее выгодное сырье для создания и производства продуктов функционального назначения. Рыбное сырье содержит незаменимые аминокислоты, незаменимые жирные кислоты (включая эйкозапентаеновую и докозагексаеновую), витамины и минеральные вещества [1, 2].

Белки мышечной ткани рыбы в сочетании с растительными белками способствуют повышению пищевой ценности и увеличению содержания витаминов, микро- и макроэлементов, что делает эти продукты функциональными. Применение фарша из рыбы и растительных компонентов ведет к увеличению ассортимента многокомпонентных продуктов функционального назначения [3, 4, 5].

Рыбные рубленые изделия являются хорошей основой для создания функциональной продукции, так как подходят для обычного и специализированного питания (детского, школьного, лечебного, профилактического и диетического) [6, 7]. Следовательно, разработка рыбных рубленых изделий функционального назначения повышенной пищевой ценности (в том числе для детского, диетического, специального питания и др.) является приоритетным направлением.

Рыбные рубленые изделия просты в своем изготовлении и пользуются большим спросом на потребительском рынке. Поэтому целесообразно расширять ассортимент рыб-

ных рубленых изделий за счет внесения различных наполнителей и добавок [8].

Растительное сырье, такое как капуста брокколи и отруби экструзионной обработки, представляют собой источники пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов, могут использоваться как самостоятельные продукты, так и в качестве функциональной добавки для различных продуктов питания, в том числе и рыбных рубленых изделий [9, 10].

Актуальной задачей является расширение ассортимента функциональных рыбных продуктов высокого качества за счет повышения пищевой и биологической ценности и улучшения органолептических показателей.

Цель исследования – разработка научно-обоснованной рецептуры и технологии изготовления рыбных рубленых изделий с добавлением капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей для получения продукта функционального назначения.

В соответствии с целью исследования были поставлены задачи:

1. Разработать рецептуру и технологию приготовления рыбных рубленых изделий повышенной биологической ценности путем добавления капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей.

2. Рассчитать пищевую и энергетическую ценность рыбных рубленых изделий с добавлением растительного сырья.

3. Определить биологическую ценность изделий, осуществить комплексную характеристику органолептических показателей готовых изделий.

Исследования и разработка рецептур новых функциональных продуктов из рубленой рыбы с добавлением растительного сырья проводились на базе лаборатории Пензенского государственного технологического университета в 2020 году.

Объекты исследования: биточки рыбные из минтая с добавлением капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей с различной процентной составляющей.

Рецептурными компонентами для изготовления рыбных биточков с добавлением капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей послужили [11, 12, 13]:

- рыба минтай;
- молоко;
- сухари;
- капуста брокколи;
- отруби экструзионной обработки.

Оптимальное соотношение рецептурных компонентов при производстве рыбных рубленых изделий определяет оптимизация рецептуры и технологии изготовления, оказы-

Таблица 2 – Рецепт рыба рубленых изделий (рыбных биточков), образцы для исследования

Table 2 - Recipe of fish minced products (fish chops), samples for research

| Наименование продукта | Контрольный образец | | Образец № 1 | Образец № 2 | Образец № 3 |
|------------------------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Масса брутто, г | Масса нетто, г | Масса нетто, г | Масса нетто, г | Масса нетто, г |
| Филе, выпускаемое промышленностью: | | | | | |
| Минтай | 85 | 80 | 72 | 60 | 45 |
| Хлеб пшеничный | 24 | 24 | – | – | – |
| Молоко | 32 | 32 | 28 | 35 | 43 |
| Сухари | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Капуста брокколи | – | – | 7,2 | 11,5 | 17,3 |
| Экструдат пшеничных отрубей | – | – | 11,5 | 14,4 | 17,3 |
| Масса п/ф | – | 144 | 130 | 130 | 130 |
| Масло растительное | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Масса жареных изделий | – | 125 | 115 | 115 | 115 |

Из таблицы 2 видно, что разработанные образцы являются новыми изделиями, так как рецептурный состав сильно различается. Отличительным моментом в технологии изготовления является подготовка и внесение функционального сырья.

В результате расчета пищевой ценности [15] было выявлено изменение содержания белков, жиров и углеводов в прототипе и разработанных образцах, с внесением раз-

личного процентного соотношения капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей.

За контрольный образец было принято рубленое рыбное изделие «Биточки рыбные», рецептура взята из сборника рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания, рыба треска заменена на рыбу минтай [14].

В соответствии с прототипом были разработаны образцы с различным внесением ингредиентов в фарш (таблица 1).

Таблица 1 – Количество внесения капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей

Table 1 - Amount of application of broccoli cabbage and wheat bran extrudate

| Наименование изделия | Внесение капусты брокколи, % | Внесение экструдата пшеничных отрубей, % |
|----------------------|------------------------------|--|
| Образец № 1 | 5 | 8 |
| Образец № 2 | 8 | 10 |
| Образец № 3 | 12 | 12 |

Рецептуры контрольного образца биточков рыбных и образцов с различным процентным соотношением растительных компонентов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Рецепт рыба рубленых изделий (рыбных биточков), образцы для исследования

Table 2 - Recipe of fish minced products (fish chops), samples for research

личного процентного соотношения капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей. Содержание пищевых веществ в рыбных рубленых изделиях и их изменение, зависящее от процентного содержания внесенного растительного сырья, представлены на рисунке 1.

НОВЫЙ ПРОДУКТ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ ИЗ РЫБНОГО СЫРЬЯ
С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

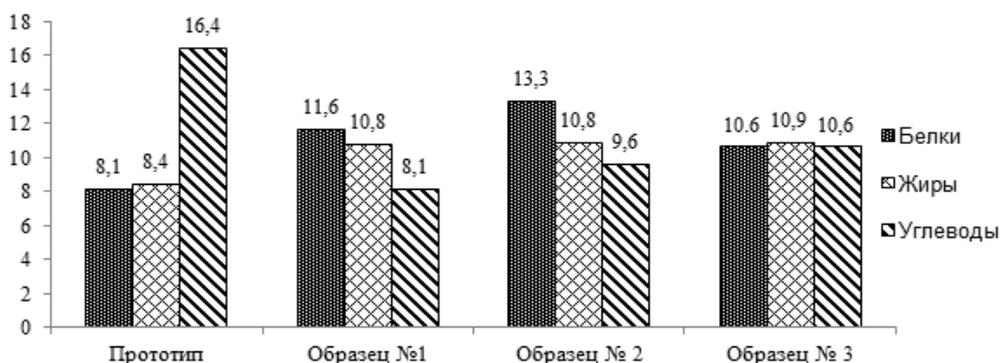


Рисунок 1 – Пищевая ценность рыбных рубленых изделий, %

Figure 1 - Nutritional value of chopped fish products, %

Из рисунка 1 видно, что во всех образцах, по сравнению с прототипом, возрастает количество белков и жиров, а количество углеводов уменьшается. Рост белка связан с заменой мяса трески на минтай и добавлением растительного белка (содержащегося в большом количестве в экструдате). Уменьшение углеводов происходит из-за полной замены хлеба пшеничного на экструдат. С повышением пищевой ценности калорийность образцов по сравнению с контролем возрастает.

Образец № 2 по сравнению с образцами № 1 и № 3 имеет самый высокий показатель белка. Количество жиров практически во всех образцах остается неизменным. Самый высокий показатель по углеводам, не считая прототипа, у образца № 3.

Оптимальным соотношением «белки : жиры : углеводы» обладает образец № 2.

Далее была подсчитана энергетическая ценность:

$$ЭЦП = \sum m \times K,$$

где m – масса белков, жиров или углеводов, г;

K – коэффициенты для расчета энергетической ценности кКал/г: белок – 4,0; жир – 9,0; углеводы (среднее значение) – 4,0 (моносахариды – 3,8; крахмал – 4,1; органические кислоты – 3,0).

Таблица 4 – Минеральный состав рыбных рубленых изделий, мг/кг

Table 4 - Mineral composition of chopped fish products, mg / kg

| Элементы | Ca | Na | Mg | Ph | K | S | Cl |
|-------------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Образец № 1 | 41,43 | 93,7 | 96,95 | 196,96 | 281,7 | 128,8 | 226,34 |
| Образец № 2 | 51,3 | 86,35 | 76,3 | 198,5 | 279,02 | 113,3 | 211,1 |
| Образец № 3 | 54,7 | 79,6 | 83,6 | 201,1 | 279,6 | 89,6 | 196,9 |
| Контроль | 32,6 | 62,7 | 31,0 | 114,1 | 515,3 | 68,7 | 128,5 |
| Элементы | Fe | I | Mn | Cu | Zn | F | Ni |
| Образец № 1 | 571,35 | 103,8 | 251,0 | 101,9 | 1007,3 | 475,9 | 5,4 |
| Образец № 2 | 538,51 | 84,8 | 273,13 | 87,1 | 916,96 | 383,4 | 4,64 |
| Образец № 3 | 502,96 | 66,1 | 299,02 | 73,2 | 835,0 | 291,1 | 4,2 |
| Контроль | 120,0 | 33,8 | 271,2 | 116,7 | 573,0 | 179,9 | 5,5 |

Результаты расчета энергетической ценности рыбных изделий представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Энергетическая ценность рыбных рубленых изделий

Table 3 – Energy value of minced fish products

| Наименование показателя | Контроль | Образец № 1 | Образец № 2 | Образец № 3 |
|-------------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| Энергетическая ценность, ккал | 168,1 | 181,9 | 186,4 | 180,62 |

Высокая энергетическая ценность у образца № 2 обусловлена увеличением содержания белка в готовом продукте.

Минеральный состав рыбных рубленых изделий (таблица 4) был определен расчетным путем [15].

Анализ минерального состава показал, что обогащение рыбных рубленых изделий растительными ингредиентами способствует повышению содержания макро- и микроэлементов по сравнению с контрольным образцом, за исключением К и Ph. Также капуста брокколи и экструдат пшеничных отрубей способствуют обогащению изделия такими элементами, как Si, Al, B, Se, Cr, Co.

Аминокислотный скор (АС) для различных аминокислот подсчитан по следующей формуле:

$$AC = \frac{\sum_{k=1}^n X_k Y_k A_{ki}}{\sum_{k=1}^n X_k Y_k D_i} \cdot 100,$$

где X_k – количество каждого компонента в рецептуре, $k = 1 \dots n$, г;

Y_k – содержание белка в каждом компоненте рецептуры, $k = 1 \dots n$, г;

A_{ki} – содержание соответствующей аминокислоты в белках каждого компонента рецептуры мг на 1 г белка компонента;

D_i – содержание соответствующей аминокислоты в эталонном белке по шкале ФАО/ВОЗ, мг на 1 г эталонного белка.

Результаты расчета аминокислотного скоры рыбных рубленых изделий контрольного и остальных образцов представлены в таблице 5 [15].

Как и контрольный образец, образцы № 1, № 2 и № 3 не имеют лимитирующих аминокислот. Белки всех образцов являются полноценными.

Таблица 5 – Аминокислотный скор рыбных рубленых изделий, %

Table 5 - Amino acid speed of minced fish products, %

| Аминокислота | Контроль | Образец № 1 | Образец № 2 | Образец № 3 |
|-----------------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| Изолейцин | 112,0 | 159,0 | 162,0 | 114,0 |
| Лейцин | 118,0 | 114,0 | 112,0 | 111,0 |
| Лизин | 177,0 | 178,0 | 167,5 | 154,0 |
| Метионин + Цистин | 131,0 | 129,0 | 125,0 | 121,0 |
| Метионин + Цистин | 131,0 | 129,0 | 125,0 | 121,0 |
| Финилаланин + Тирозин | 138,0 | 133,0 | 146,0 | 142,0 |
| Треонин | 130,0 | 115,0 | 114,0 | 113,0 |
| Триптофан | 124,0 | 131,0 | 139,0 | 128,0 |
| Валин | 121,0 | 137,0 | 136,0 | 136,0 |

Самой высокой сбалансированностью аминокислотного состава отличился белок в рыбном рубленом изделии «Образец № 2» с 8 %-ым содержанием капусты брокколи и 10 %-ым содержанием экструдата пшеничных отрубей.

Образец № 3 имеет наименьший аминокислотный скор, за счет большой замены рыбного сырья.

Проведена оценка органолептических показателей образцов № 1, № 2, № 3 (таблица 6). Оценка проведена среди студентов и преподавателей

кафедры «Пищевые производства» ПензГТУ. Всего было опрошено 30 человек. Оценка производилась по пятибалльной шкале, оценивались качественные признаки образцов. Далее были подсчитаны средние показатели оценки, результаты приведены в таблице 6.

Характеристика органолептических показателей образцов рыбных рубленых изделий по результатам органолептической оценки представлена в таблице 7.

Таблица 6 – Органолептическая оценка рыбных рубленых изделий

Table 6 - Organoleptic evaluation of minced fish products

| Качественные признаки | Контроль | Образец № 1 | Образец № 2 | Образец № 3 |
|--------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| Структура (консистенция) | 5,0 | 4,0 | 5,0 | 4,0 |
| Цвет | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 4,0 |
| Форма | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Вид в разрезе (изломе) | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 4,0 |
| Запах и вкус | 4,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Общий результат | 4,8 | 4,8 | 5,0 | 4,4 |

НОВЫЙ ПРОДУКТ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ ИЗ РЫБНОГО СЫРЬЯ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Наивысшую органолептическую оценку получил образец № 2.

По внешнему виду образцы № 1, № 2 и № 3 не имеют трещин на поверхности и сохраняют форму биточка.

По консистенции образец № 1 слишком крошливый, а образец № 3 слишком сухой и

плотный, поэтому по консистенции выигрывает образец № 2, так как он плотнее, чем образец № 1, а также сочный и мягкий.

Наиболее приятными на вкус и запах являются образцы № 1 и № 2. Образец № 3 имеет выраженный привкус и запах пшеничных отрубей.

Таблица 7 – Характеристика органолептических показателей качества рыбных рубленых изделий (рыбные биточки) контрольного образца и образцов с добавлением капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей

Table 7 - Characteristics of organoleptic indicators of the quality of fish minced products (fish chops) of the control sample and samples with the addition of broccoli cabbage and extrudate of fresh bran

| Образцы | Внешний вид | Консистенция | Цвет | Запах | Вкус |
|---------------------|--|---|--|--|--|
| Контрольный образец | Форма округло-приплюснутая, без трещин на поверхности, панировка не отслаивается | Котлеты нежные, однородные по составу фарша | Поверхность имеет золотистый, румяный цвет. На разрезе – белый | Свойственный изделиям из рыбы, без посторонних запахов | В меру соленый и перченый, свойственный используемой рыбе, сочный. Без посторонних привкусов |
| Образец № 1 | Форма: округло-приплюснутая, без трещин | Изделия имеют крошливую однородную консистенцию | Панировка: темно-золотистая; Изделие: светлого серо-коричневого цвета, с вкраплениями зеленой брокколи | Свойственный изделиям из рыбы | Свойственный рыбным изделиям, умеренно соленый |
| Образец № 2 | Форма: округло-приплюснутая, на поверхности изделия имеются незначительные трещины | Изделия имеют плотную, сочную, однородную консистенцию | Панировка: темно-золотистая; Изделие: серо-коричневое, с вкраплениями зеленой брокколи | Свойственный изделиям из рыбы | Свойственный рыбным изделиям, умеренно соленый |
| Образец № 3 | Форма: округло-приплюснутая, ровная, без трещин | Изделия имеют плотную, однородную консистенцию. Мало сочные | Панировка: темно-золотистая; Изделие: темного серо-коричневого цвета, с вкраплениями зеленой брокколи | Свойственный изделиям из рыбы, с выраженным запахом экструдата отрубей | Свойственный рыбным изделиям, умеренно соленый, с выраженным привкусом экструдата отрубей |

Таким образом, анализ пищевой и энергетической ценности показал, что функциональные рыбные рубленые изделия (образцы № 1, № 2 и № 3) содержат на 30 % больше белка и на 22 % больше жиров по сравнению с контрольным образцом. В образце № 2 количество углеводов уменьшилось в 1,7 раз, однако в новом продукте в 4 раза увеличилось количество пищевого волокна. Калорийность разрабатываемых изделий (образцов № 1, № 2 и № 3) повышается по сравнению с прототипом. Самая высокая пищевая и энергетическая ценность выявлена у образца № 2.

Функциональное рыбное рубленое изделие (образец № 2) имеет высокую пищевую и энергетическую ценность и является функци-

ональным по количеству белков, магния и фосфора, т. к. их усредненная суточная норма составляет больше 15 % от физиологической нормы.

Анализ биологической ценности показал, что все образцы имеют полноценный аминокислотный скор (более 100 %), т. к. отсутствуют лимитирующие белки, самый сбалансированный состав аминокислот у образца № 2.

Характеристика органолептических показателей показывает, что образец № 2 с внесением 8 % капусты брокколи и 10 % экструдата пшеничных отрубей не уступает по органолептическим показателям контрольному образцу, а даже его немного превосходит.

В результате проведенных исследований наиболее оптимальным по всем показателям (пищевая и энергетическая ценность, биологическая ценность, органолептические показатели) является образец № 2 (рыбное рубленое изделие с содержанием 8 % капусты брокколи и 10 % экструдата пшеничных отрубей).

Добавление капусты брокколи и экструдата пшеничных отрубей позволяет расширить ассортимент рыбных рубленых изделий функционального назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипова Л.В., Батищев В.В., Головина И.Н. Кулинарные рыбные изделия // Рыбное хозяйство. 2001. № 2. С. 19–23.
2. Антипова Л.В., Толпыгина И.Н., Батищев В.В. Функциональные продукты на основе рыбного фарша и овощей // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 1. С. 3–6.
3. Бобренева И.В. Функциональные продукты питания : учеб. пособие. Санкт-Петербург, 2013. 258 с.
4. Кацерикова Н.В. Технология продуктов функционального питания : учеб. пособие. Кемерово : КемТИПП, 2004. 146 с.
5. Нечаев А.П. Пищевая химия : учеб. пособие / 2-е издание, перераб. и испр. СПб. : ГИОРД, 2003. 640 с.
6. Рыбное кулинарное изделие для питания детей школьного возраста и способ его производства: пат. 2333691 Российская Федерация : МПК А 23 L 1/325 А 23 L 1/29 / Н.Т. Шамкова, Г.М. Зайко, О.Б. Лизунова ; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный технологический университет. № 2006141969/13, заявл. 27.11.2006; опубл. 20.09.2008, Бюл. № 10. 3 с.
7. Линич Е.П., Сафонова Э.Э. Функциональное питание : учеб. пособие. Лань, 2017. 180 с.
8. Родина Т.Г. Товароведение и экспертиза рыбных товаров и морепродуктов : учеб. для вузов. М. : Издательский центр «Академия», 2007. 400 с.
9. Теплов В.И., Боряев В.Е. Физиология питания : учеб. пособие. М. : Дашков и К, 2006. 452 с.
10. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами : научные принципы и практические решения // Пищевая промышленность. 2010. № 4. С. 20–24.
11. ГОСТ 32366-2013 Рыба мороженая. Технические условия. Введ. 2015-01-01. М. : Стандартинформ, 2014. 25 с.
12. ГОСТ 33854-2016 Капуста брокколи свежая. Технические условия. Введ. 2017-01-01. М. : Стандартинформ, 2016. 18 с.
13. ТУ 9295-052-11995782-05 Отруби пшеничные «Лито» с изм. № 1, 2.
14. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. М. : Экономика, 1982. 812 с.
15. Скурихина И.М. Химический состав пищевых продуктов : изд. второе, перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1987. 361 с.

Информация об авторах

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

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

С. В. Лисина – магистрант факультета биотехнологий Пензенского государственного технологического университета.

REFERENCES

1. Antipova, L.V., Batishchev, V.V. & Golovina, I.N. (2001). Culinary Fish products. *Fisheries*, (2), 19-23. (In Russ.).
2. Antipova, L.V., Tolpygina, I.N. & Batishchev, V.V. (2003). Functional products based on minced fish and vegetables. *News of higher educational institutions. Food technology*, (1), 3-6. (In Russ.).
3. Bobreneva, I.V. (2013). *Functional food products: textbook. stipend*. Saint-Petersburg. (In Russ.).
4. Katserikova, N.V. (2004). Technology of functional food products: textbook. stipend. Kemerovo: Technological Institute of Food Industry. (In Russ.).
5. Nechaev, A.P. (2003). *Food chemistry: textbook. post-bie*. SPb. : GIORД. (In Russ.).
6. Shamkova, N.T., Zaiko, G.M. & Lizunova, O.B. (2008). Fish culinary product for feeding school-age children and the method of its production. *pat. 2333691 Russian Federation*. applicant and patent holder Kuban State Technological University. pub. 20.09.2008, Byul. 10. (In Russ.).
7. Linich, E.P. & Safonova, E.E. (2017). *Functional nutrition: textbook. stipend*. Lan. (In Russ.).
8. Rodina, T.G. (2007). *Commodity science and expertise of fish products and seafood: textbook for universities*. Moscow: Publishing Center "Academy". (In Russ.).
9. Teplov, V.I. & Boryaev, V.E. (2006). *Physiology of nutrition: textbook. manual*. M. : Dashkov and K. (In Russ.).
10. Spirichev, V.B. & Shatnyuk, L.N. (2010). *Fortification of food products with micronutrients: scientific principles and practical solutions. Food industry*, (4), 20-24. (In Russ.).
11. *Frozen fish. Technical conditions. Introduction*. (2015). *HOST 32366-2013 from 2015-01-01*. Moscow: Standartinform. (In Russ.).
12. *Fresh broccoli. Technical conditions. Introduction*. (2017). *HOST 33854-2016 from 2017-01-01*. Moscow: Standartinform. (In Russ.).
13. *Wheat bran "Lito" with ed. TU 9295-052-11995782-0, (1, 2)*. (In Russ.).
14. *Collection of recipes of dishes and culinary products for public catering enterprises*. (1982). Moscow: Ekonomika. (In Russ.).

НОВЫЙ ПРОДУКТ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ ИЗ РЫБНОГО СЫРЬЯ
С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

15. Skurikhina, I.M. (1987). Chemical composition of food products: second edition, reprint. and add. M. : Agropromizdat. (In Russ.).

Information about the authors

O. N. Pchelintseva – candidate of technical sciences, associate professor of the department «Food Production».

Z. A. Bochkareva – candidate of technical sciences, associate professor of the department «Food Production».

S. V. Lisina – Master's student of the Faculty of Biotechnology of the Penza State Technological University.

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

Статья поступила в редакцию 01.05.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 May 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья

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

УДК 378.147

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.019

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ СПЕЦИАЛИСТА ДЛЯ ОТРАСЛИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ В СИСТЕМЫ «ШКОЛА–ВУЗ»

Николай Викторович Горников¹, Сергей Владимирович Новоселов²,
Лариса Александровна Маюрникова³, Анна Юрьевна Зирка⁴,
Анна Сергеевна Роткина⁵

^{1, 3, 4, 5} Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

² Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ nikolay_77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8718-9576>

² novoselov_sv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8247-2356>

³ nir30@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4592-8382>

⁴ zirka.anna05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3441-4351>

⁵ anneta.rotkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7675-4413>

Аннотация. Анализ научно-технической литературы показывает разрыв между объемом и уровнем научно-технологических достижений в сфере питания и применением результатов в практической деятельности предприятий. Это вызывает необходимость пересмотра традиционных подходов к процессу подготовки специалистов для отраслей сферы питания. Развитие предприятий / отрасли основывается на специалистах, способных и готовых к принятию управленческих решений на основе глубокого понимания проблем, творчества при выборе путей их решения. Многоступенчатость системы образования в России дает возможность подготовки таких специалистов путем формирования компетенций, начиная с первой ступени в системе «Школа–Вуз». Общественное питание – специфичная отрасль, отличающаяся многочисленностью предприятий, характерной для каждого региона России, что, в свою очередь, вызывает необходимость подготовки достаточно большого количества специалистов – руководителей. Наличие профессиональных стандартов, являющихся обязательным документом при формировании компетенций специалиста в период обучения в университете, позволяет профильным кафедрам развивать компетенции на этапах от «простого к сложному» в рамках профориентационной работы. Разработан механизм профориентационной работы для профильной кафедры при формировании специалиста отрасли общественного питания в системе «Школа–Вуз». Сущность механизма заключается в постановке и ответах на вопросы «Кто?», «Что?», «Зачем?», «Как?». Элементы и цели механизма могут строиться на основе принципа статичности, а инструментарии механизма разрабатываться с учетом принципа динамичности, в зависимости от новых достижений в когнитивных и коммуникативных технологиях, цифровизации, маркетинге и т. д.

Ключевые слова: индустрия питания, школа, университет, специалисты, профориентация, компетенции, инструменты.

Для цитирования: Формирование компетенций специалиста для отрасли общественного питания в системы «Школа–ВУЗ» / Л. А. Маюрникова [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 140–145. doi: 10.25712/ ASTU.2072-8921.2021.02.019.

Original article

FORMATION OF SPECIALIST'S COMPETENCES FOR THE PUBLIC FOOD INDUSTRY IN THE "SCHOOL-UNIVERSITY" SYSTEM

Nikolay V. Gornikov ¹, Sergey V. Novoselov ²,
Larisa A. Mayurnikova ³, Anna Yu. Zirka ⁴, Anna S. Rotkina ⁵.

^{1, 3, 4, 5} Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

² Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ nikolay_77@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8718-9576>

² novoselov_sv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8247-2356>

³ nir30@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4592-8382>

⁴ zirka.anna05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3441-4351>

⁵ anneta.rotkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7675-4413>

Annotation. Analysis of scientific and technical literature shows a gap between the volume and level of scientific and technological advances in the field of nutrition and the application of the results in the practical activities of enterprises. This necessitates a revision of the traditional approaches to the process of training specialists for the food industry. The development of enterprises / industry is based on specialists who are capable and ready to make managerial decisions based on a deep understanding of problems, creativity in choosing ways to solve them. The multistage nature of the education system in Russia makes it possible to train such specialists through the formation of competencies starting from the first stage in the "School-University" system. Public catering is a specific industry, characterized by a large number of enterprises, typical for each region of Russia, which in turn necessitates the training of a sufficiently large number of specialists - managers. The presence of professional standards, which are a mandatory document in the formation of specialist competencies during the period of study at the university, allows specialized departments to develop competencies at the stages from "simple to complex" in the framework of career guidance work. The mechanism of vocational guidance work for the specialized department in the formation of a specialist in the public catering industry in the "School - University" system has been developed. The essence of the mechanism lies in the formulation and answers to the questions "Who?", "What?", "Why?", "How?" The elements and goals of the mechanism can be built on the basis of the principle of staticity, and the toolkits of the mechanism can be developed taking into account the principle of dynamism, depending on new advances in cognitive and communication technologies, digitalization, marketing, etc.

Keywords: Food industry, school, university, specialists, career guidance, competencies, tools.

For citation: Gornikov, N. V., Novoselov, S. V., Mayurnikova, L. A., Zirka, A. Yu. & Rotkina, A. S. (2021). Formation of specialist's competences for the public food industry in the "School-University" system. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 140-145. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.019.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия научно-технологического развития РФ определяет приоритеты для инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке [1]. Сформированы и функционируют комплексные научно-технические программы и проекты, включающие в себя все этапы инновационного цикла от получения новых фундаментальных знаний до их практического использования, создания технологий, продуктов и услуг и их выхода на рынок. Для достижения поставленных задач «сегодня важнейшим конкурентным преимуществом являются знания, технологии, компетенции. Это

ключ к настоящему прорыву, к повышению качества жизни» (В. В. Путин). В этой связи актуальными являются вопросы подготовки специалистов нового формата, способных к научно-инновационной деятельности в соответствии с выбранным профилем работы.

Целью исследований явилось изыскание современных методов профориентации как элемента подготовки специалистов для отрасли общественного питания с учетом общепринятых принципов в системе «школа–вуз».

Интеграция науки и производства с учетом интересов рынка выражается в совместном участии в формировании национальной системы квалификации

Образование в России представляет собой многоступенчатую систему, включающую в себя начальное образование, среднеспециальное и высшее (бакалавриат, магистратуру, подготовку кадров высшей квалификации). Отсюда логична взаимосвязь элементов системы образования для подготовки высококвалифицированных специалистов «будущего». Однако запущенный 2018 году проект «Билет в будущее» показал, что большинство обучающихся 6–11 классов при выборе профессии демонстрируют неосознанную некомпетентность – то есть не просто отсутствие

подготовленности к адекватному выбору своего профессионального пути, но непонимание самой необходимости совершать выбор и удовлетворенность своим текущим положением [2]. Таким образом, традиционные подходы к организации с обучающимися, не учитывающие низкий уровень их осознанности, требуют обновления. Цель проекта – формирование осознанности и способности к выбору обучающимися профессиональной траектории. Процесс формирования специалистов для различных отраслей жизнедеятельности на основе совокупности профориентационных задач имеет вид, представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – Процесс формирования специалистов отраслей промышленности

Figure 1 - The process of forming industry specialists

Профориентационная работа в школе призвана решать задачу формирования личности специалиста «нового поколения», способного выбирать сферу профессиональной деятельности, оптимальную соответствующую личностным особенностям и запросам рынка труда.

МЕТОДЫ

В процессе исследования применялись методы анализа, обобщения и систематизации, синтеза, информации по изучаемой теме.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В процессе обучения потенциальных абитуриентов в старших классах у представителей высшей школы нет возможности непосредственно влиять на процесс обучения, на данном этапе существует потребность не только в агитации старшеклассников выбрать определенную специальность, но и более точной оценки сформированных компетенций в процессе обучения для более таргетированной программы привлечения абитуриентов.

Общественное питание – отрасль, относящаяся к малому бизнесу, отличающаяся децентрализацией в управлении, многочисленностью и многоформатностью предприятий, низким уровнем престижа профессии. При этом историческое название отрасли «общественное питание» свидетельствует о том, то

потребителями слуг этой отрасли являются массы населения всех возрастов, профессий и социального статуса. Это доказывает перспективность развития отрасли как составляющей социально-экономического развития регионов (страны).

При условии, что наиболее осознанная связь прослеживается между университетом и школой, актуальна разработка концепции взаимодействия «Школа–Вуз–Предприятие общественного питания».

Важно при организации профориентационной работы в университете придерживаться общеметодических и общепедагогических принципов, трансформированных под профессии, связанные со сферой питания (таблицы 1, 2).

Профориентация в высших учебных заведениях – это деятельность, направленная на помощь выпускнику школы в выборе профессии, которая в дальнейшем даст возможность успешному развитию профессиональной деятельности. Для того чтобы профориентация была проведена качественно, важно разработать эффективный механизм, учитывающий все особенности направления и условия проведения профориентации.

При самых различных взглядах на профессиональную ориентацию, необходимо понимать её не как отдельные разрозненные мероприятия, а как совокупность всех взаимосвязанных элементов.

**ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ СПЕЦИАЛИСТА ДЛЯ ОТРАСЛИ
ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ В СИСТЕМЫ «ШКОЛА–ВУЗ»**

Таблица 1 – Общеметодические и общепедагогические принципы профориентации и их характеристика

Table 1 - General methodological and general pedagogical principles of vocational guidance and their characteristics

| Принцип профориентации | Характеристика |
|--|---|
| Общеметодические принципы | |
| Сознательности | Стремление удовлетворить своим выбором как личностные потребности в трудовой деятельности, так и пользу обществу |
| Соответствия выбираемой профессии интересам личности и потребностям в кадрах профессии | Выражает связь личного и общественного аспектов выбора профессии. По аналогии с известной мыслью нельзя жить в обществе и быть свободным от общества |
| Активности в выборе профессии | Характеризует тип деятельности личности в процессе профессионального самоопределения. Профессию надо активно искать самому. Важны практическая проба сил самих учащихся в процессе трудовой и профессиональной подготовки, работа во время практики и многое другое |
| Развития | Отражает идею выбора профессии, дающей возможность повышения квалификации, карьерного роста, профессионального мастерства, удовлетворения культурных потребностей личности |
| Общепедагогические принципы | |
| Связь профориентации с жизнью, трудом, практикой | Предусматривает оказание помощи в выборе будущей профессии в органичном единстве научно-технологического развития страны (региона) с потребностями рынка труда в квалифицированных кадрах с учетом профессий будущего |
| Связь профориентации с трудовой подготовкой школьников | Предусматривает хорошую постановку трудового воспитания и обучения, уважения к профессии, формирования престижа профессии |

Механизм – это система элементов, совершающих под действием внешних сил заданные движения. Цель механизма профориентационной деятельности профильной кафедры университета, осуществляющей подготовку специалистов – это формирование компетенций, позволяющих подготовить специалиста с перспективной карьерой до руководителя предприятия питания. Это обусловлено тем, что в отрасли достаточно специалистов среднего звена и дефицит специалистов – управленцев [3].

Выявлены элементы профориентационной работы и разработан механизм взаимодействия этих элементов. Описание действия механизма профориентации профильной кафедры представлено в таблице 3. Сущность механизма заключается в ответах на вопросы:

- «Кто?» – осуществляет профориентационную деятельность;
- «Что?» – элементы механизма на данном этапе профориентации;
- «Зачем?» – цель каждого этапа;

«Как?» – инструменты в достижении поставленной цели.

Ответ на первый вопрос должен быть изложен в программе проведения профориентационной работы в разделе «исполнители», к которой могут быть привлечены преподавательский состав университета, учебно-вспомогательный персонал, студенты, родители, представители предприятий общественного питания, представители профильных департаментов и других структур управления отраслью в региональных условиях.

Составляющими компонентами механизма (ответ на вопрос «что?») являются информационный (маркетинг); диагностико-консультационный (тестирование для выявления профессиональных намерений); развивающий (кафедральное мероприятие).

Стремительное научно-технологическое и социально-экономическое развитие общества вызывает необходимость постоянного пересмотра и дополнения инструментариев профориентационной работы с учетом изменений, которые происходят на рынке труда.

Таблица 2 – Принципы профориентационной деятельности при подготовке специалистов для отрасли общественного питания в системе «Школа–Вуз»

Table 2 - Principles of career guidance in training specialists for the catering industry in the "School-University" system

| Принципы профориентации в системе «Школа–Вуз» | |
|--|---|
| Школа | Университет |
| Принцип преемственности | |
| Взаимодействие: школа, семья, вуз, инфраструктура профориентации (технопарк, кванториум и др.) | Школа, вуз, вузовские элементы инфраструктуры (кафедра, МИП, кружки и т. д.), профильные предприятия, ассоциации, инновационная инфраструктура города, области |
| Принцип активности в выборе профессии | |
| Педагогические технологии обучения, формирующие ценностно-смысловых компетенции, личностные характеристик школьника | Разработка инструментов профориентации в соответствии с профилем выбираемой профессии: мастер-классы для школьников; научные конференции, олимпиады, конкурсы и т. д.; анализ возможностей и умений учащихся в процессе профессиональной подготовки, стажировка на профильных предприятиях и другое |
| Принцип формирования престижа работы в выбранной профессии | |
| Знакомство школьника с особенностями разных профессий | Участие успешных представителей предприятий в мероприятиях для школьников; экскурсии на ведущие предприятия по профилю выбранной профессии; создание детских творческих студий на предприятиях совместно с преподавателями вуза |
| Принцип развития личности и профессиональной карьеры | |
| Формирование у школьников хобби, совмещенного с выбором будущей профессии; стремление совершенствовать свои навыки в области будущей профессии | Знакомство школьников в университете с профессиями будущего путем показа фильмов; формирование у школьника идеи выбора такой профессии, которая давала бы личности возможность повышения квалификации, увеличение заработка по мере роста опыта и профессионального мастерства, возможности активно участвовать в общественной работе |

Таблица 3 – Механизм профориентационной работы для формирования специалиста отрасли общественного питания

Table 3 - Mechanism of career guidance for the formation of a specialist in the catering industry

| Механизм профориентационной работы в университете | | |
|---|--|---|
| Элементы | Цель | Инструментарий |
| Информационный | Обеспечение школьников достоверной, достаточной и доступной информацией о профессии. Правило трех Д. | Реклама в СМИ, литература, видеоматериалы; дни открытых дверей, образовательные выставки, ярмарки вакансий, встречи со специалистами, семинары, посвященные профессиональной деятельности; организация профориентационной бригады для выезда в другие населенные пункты и города; сайты, содержащие информацию об учебных заведениях, описания профессий, рейтинги образовательных организаций и специальностей |
| Диагностическо-консультационный | Оценка сформированных в процессе обучения в школе компетенций потенциальных абитуриентов | Психологическое и профориентационное консультирование; интервью-собеседование и анкетирование; профориентационные тесты, оценивающие компетенции |
| Развивающий | Формирование профессиональных компетенций | Проведение мастер-классов для демонстрации современного оборудования в лабораториях и его работы; тренинги и мастер-классы, развивающие отдельные компетенции, необходимые для успешного освоения профессии; проведение обучающих занятий со школьниками по профессии; привлечение школьников к совместному выполнению проектов |

Целесообразность введения новых инструментов может базироваться на результатах SWOT анализа профориентационной деятельности профильных кафедр. Они дают понимание путей решения проблем, для

создания эффективной профессиональной ориентации, направленной на формирование профессиональных компетенций.

С целью повышения качества сформиро-

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ СПЕЦИАЛИСТА ДЛЯ ОТРАСЛИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ В СИСТЕМЫ «ШКОЛА–ВУЗ»

ванных компетенций в период подготовки специалиста для дальнейшего роста на руководящую должность предприятия питания необходимо сконцентрировать внимание во время проведения профориентационной работы на тех абитуриентах, которые имеют высокий уровень заинтересованности в профессии, творческие способности, амбициозные планы построения личной жизни.

Для увеличения количества заинтересованных абитуриентов предлагается следующий комплекс агитационных мероприятий:

- лаконичная презентация специальности, ВУЗа и кафедры;
- проведение анкетирования, содержащие свободные решения профессиональных для общественного питания задач, с целью изучения уже сформированных компетенций и повышения интереса к специальности;
- изучение результатов анкетирования и отбор наиболее заинтересованных абитуриентов для приглашения на кафедральное мероприятие;
- проведение мероприятий на кафедре: абитуриенты знакомятся с основными сферами деятельности кафедры и выполняют соответствующие задания;
- проведение повторного анкетирования с целью оценки полученных знаний.

Таким образом, вышеназванные подходы профессиональной ориентации являются звеньями единого механизма, способствующие поэтапному формированию компетенций будущего специалиста сферы общественного питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента РФ от 01.12.2016 г. № 642. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Программа профориентации «Билет в будущее» : официальный сайт. URL : <http://bilet-help.worldskills.ru/>. (дата обращения : 19.01.2021).
3. Научно-инновационная деятельность на основе инновационной среды : монография / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова, М.Н. Клишина, А.С. Новоселов; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет). Кемерово, 2016. 230 с.

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

Статья поступила в редакцию 22.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 22 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.

Информация об авторах

Н. В. Горников – кандидат технических наук, докторант кафедры «Технология и организация общественного питания» Кемеровского государственного университета.

С. В. Новоселов – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Механика и инноватика» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Л. А. Маюрникова – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология и организация общественного питания» Кемеровского государственного университета.

А. Ю. Зирка – аспирант кафедры «Технология и организация общественного питания» Кемеровского государственного университета.

А. С. Роткина – магистрант кафедры «Технология и организация общественного питания» Кемеровского государственного университета.

REFERENCES

1. Strategy of scientific and technological development of Russia. (2016). *Ukaz Prezidenta RF ot 01.12.2016, № 642.* (In Russ.).
2. Career guidance program "Ticket to the Future". (2021). Retrieved from <http://bilet-help.worldskills.ru.> (In Russ.).
3. Novoselov, S.V., Mayurnikova, L.A., Klishina, M.N. & Novoselov, A.S. (2016). *Scientific and innovative activity based on an innovative environment: monograph.* Кемерово : Кемерово Technological Institute of Food Industry (University). (In Russ.).

Information about the authors

N. V. Gornikov – candidate of technical sciences, doctoral student of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University.

S. V. Novoselov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mechanics and Innovation, Altai State Technical University.

L. A. Mayurnikova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University.

A. Yu. Zirka – post-graduate student of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University.

A. S. Rotkina – Master's student of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University.



Научная статья

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

УДК 004.82:663

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.020

ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ПИВОВАРЕНИЯ В РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Андрей Иванович Орлов ¹, Ирина Юрьевна Резниченко ²

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

¹ kskom.akk1604.01@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3478-6745>

² Irina.reznichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

Аннотация. В статье представлены данные по комплексной переработке производственных отходов пивоварения как актуального направления ресурсосберегающих технологий в отраслях пищевой и комбикормовой промышленности. Обобщены основные направления применения отходов пивоварения, также освещена интеграция пивной дробины в пищевые продукты для употребления в пищу и добавки в корм для животных. Новизной исследования является систематизация результатов научных исследований отечественных и зарубежных ученых, обобщение экспериментальных данных по применению пивной дробины в производстве комбикормов и пищевых продуктов для обоснования ее применения в нанотехнологиях. Ресурсосберегающее обращение с вторичными материальными ресурсами позволяет предприятию не только внедрить «чистые технологии», снизить вредное воздействие на окружающую среду, повысить экологические преимущества, но и увеличить рентабельность. В работе применяли методы анализа, систематизации и обобщения научной отечественной и зарубежной литературы за последние десять лет. Оперировали научными поисковыми базами данных (Elibrary.ru, Scimago Journal Country Rank, Scopus, Scielo, Publisher Site, Google Scholar). Показано, что пивная дробина на сегодняшний день используется как источник углерода для микроорганизмов при производстве амилаз, как сырье для производства биоэтанола, как добавка в комбикорма сельскохозяйственных животных, птиц и промысловых рыб, как органический стимулятор в производстве солодовых напитков, как сырьевой ингредиент в рецептурах пищевых продуктов повышенной пищевой ценности. Полученные результаты могут быть полезны производителям и разработчикам пищевых продуктов на основе пивной дробины как обоснование целесообразности ее применения в инновационных биотехнологиях.

Ключевые слова: пивная дробина, состав, биологическая ценность, биотехнологии переработки, применение в пищевых продуктах.

Для цитирования: Орлов А. И., Резниченко И. Ю. Применение отходов пивоварения в ресурсосберегающих технологиях // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 146–152. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.020.

Original article

APPLICATION OF BREWING WASTE IN RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

Andrey I. Orlov ¹, Irina Yu. Reznichenko ²

^{1,2} Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

¹ kskom.akk1604.01@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3478-6745>

² Irina.reznichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

© Орлов А. И., Резниченко И. Ю., 2021

Abstract. *The article presents data on the complex processing of industrial waste from brewing, as an important area of resource-saving technologies in the food and feed industries. The main directions of the use of brewing wastes are summarized, and the integration of brewer's grains into food products for consumption and additives to animal feed is also highlighted. The novelty of the research is the systematization of the results of scientific research of domestic and foreign scientists, the generalization of experimental data on the use of brewer's grains in the production of feed and food products to substantiate its use in nanotechnology. Resource-saving handling of secondary material resources allows the company not only to introduce "clean technologies", reduce the harmful impact on the environment, increase environmental benefits, but also increase profitability. The work used methods of analysis, systematization and generalization of scientific domestic and foreign literature over the past ten years. Operated with scientific search databases (Elibrary.ru, Scimago Journal Country Rank, Scopus, Scielo, Publisher Site, Google Scholar). It has been shown that brewer grains are currently used as a source of carbon for microorganisms in the production of amylases, as a raw material for the production of bioethanol, as an additive in feed for farm animals, birds and commercial fish, as an organic stimulant in the production of malt drinks, as a raw material. Ingredient in food formulations with increased nutritional value. The results obtained can be useful for manufacturers and developers of food products based on brewer's grain as a justification for the expediency of its use in innovative biotechnologies.*

Keywords: *brewer's grain, composition, biological value, processing biotechnology, application in food products.*

For citation: Orlov, A. I. & Reznichenko, I. Yu. (2021). Application of brewing waste in resource-saving technologies. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 146-152. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.020.

На протяжении многих лет пиво всегда было популярным напитком. С каждым годом объёмы производства пива увеличиваются. При интенсивном росте объемов производства растёт и спрос на данную продукцию. Только лишь за 2019 год во всем мире было произведено более 25 миллиардов дал (250 миллиардов литров) пива и пивной продукции [1].

В России же за 2019 год было выработано почти 768 млн. дал или 7,68 млрд. литров всей пивной продукции. Потребление пива на душу населения за тот же год составило 65,3 литра. Исходя из данных статистики и многолетних наблюдений потребителей и экспертов, можно с уверенностью сказать, что пиво, безусловно, является самым популярным напитком не только на территории России, но и во всем мире [2].

Как и на любом производственном предприятии, так и на пивзаводах, имеется проблема с утилизацией производственных отходов, а именно огромного количества пивной дробины. На каждую 1000 тонн произведенной продукции приходится порядка 170 тонн твердых отходов в виде дробины и переработанных дрожжей, которые относятся к вторичным материальным ресурсам (ГОСТ Р 57702-2017 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Требования к малоотходным технологиям»). Согласно ГОСТ Р 53358-2009

«Продукты пивоварения. Термины и определения», пивная дробина – вторичный продукт пивоварения, состоящий из дробленых зернопродуктов и солода, оставшихся после фильтрования затора.

Экологичное пивоварение сегодня – это умение получать выгоду из отходов производства. Переработать дробину и дрожжи несложно, а значит этим могут (и обязаны) заниматься даже небольшие крафтовые пивоварни. Анализ и систематизация данных результатов исследований по применению отходов пивоваренной промышленности свидетельствуют о широком практическом их использовании [3, 4].

Отходы пивоварения, в частности пивную дробину, на современном этапе применяют как в свежем, так и в сушеном виде для приготовления корма для животных, корма для рыб, для отчистки почв при загрязнении нефтепродуктами, для производства биогаза, как пищевую добавку в производстве продуктов питания (рисунок 1).

В регионе Кузбасс действует 16 пивзаводов, наиболее известные «Бавария», «Пикем», «Золотая сова», «Славянка», более 20 пивоварен, 5 минипивоварен. За 2019 год индекс производства пищевых продуктов составил 107,9 процента; производства напитков – 114,1 процента [5].

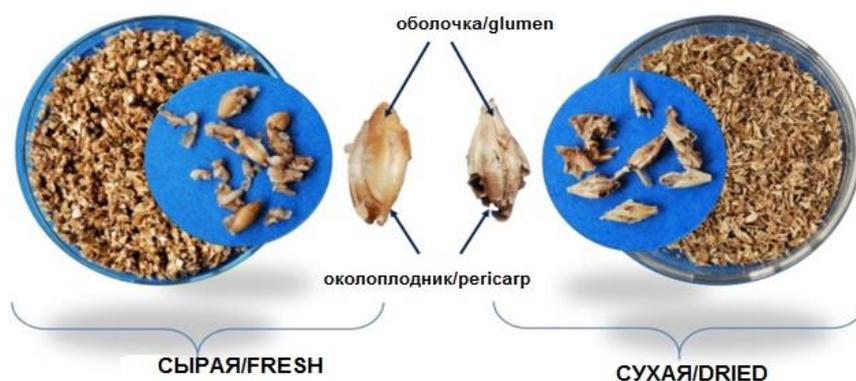


Рисунок 1 – Пивная дробина

Figure 1 - Beergrain

В связи с вышеизложенным определена **цель исследования** – анализ и обобщение данных по основным направлениям использования отходов пивоварения, обоснование применения пивной дробины в технологиях пищевых продуктов на предприятиях региона.

Новизной исследования является систематизация научных данных отечественных и зарубежных ученых, обобщение экспериментальных сведений по применению пивной дробины в производстве комбикормов и пищевых продуктов.

В качестве материалов использовали научные статьи ученых по теме исследования за последние десять лет, нормативные и законодательные документы. В качестве методов применяли методы анализа, систематизации и обобщения. Оперировали научными поисковиками (Elibrary.ru, Scimago Journal Country Rank, Scopus, Scielo, Publisher, Google Scholar).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В России проблема утилизации отходов производства пищеперерабатывающих предприятий, наряду с другими проблемами загрязнения окружающей среды, является весьма актуальной. Задача утилизации отходов в рамках ресурсосбережения стоит и перед предприятиями пивоварения. Большая часть отходов пивоварения сливается в канализацию. Количество отработанных дрожжей и дробины, а также качество вод в точках сброса зачастую не подлежит контролю. При этом многие пивные предприятия на территории России очень тщательно относятся к проблемам окружающей среды и подходят к их решению с большой ответственностью.

Например, компания «Heineken», в распоряжении которой находится 7 заводов по всей стране и общий объем выпускаемой продукции в год составляет около 21 млн. гигалитров, почти все свои отходы (97 %) либо перерабатывает, либо повторно использует. Она ведет тщательный экологический мониторинг уровня загрязнения сточных вод, куда сбрасывает уже очищенные производственные отходы. Почти 93 % сточных вод после очистки возвращается на предприятия. Компания «Балтика» выпускает около 40 миллионов гигалитров пива в год, отработанные дрожжи с заводов направляются организациям для использования в качестве корма для животных. Глобальная цель «Балтики» – уход от утилизации и переход к вторичному использованию всего объема побочных продуктов пивоварения.

Установлено, что пивная дробина (ПД) и отработанный кизельгур (отход пивоварения) ускоряют очистку почвы, загрязненной сырой нефтью. Их применение уменьшает концентрацию полициклических углеводородов, стимулирует их удаление, способствует очистке нефтезагрязненной черноземной почвы [3]. Обоснована и экспериментально доказана возможность использования для очистки высококонцентрированных буровых сточных вод, содержащих полисахариды, пивной дробины как источника микроорганизмов, провоцирующих гидролиз полисахаридов [6].

Разработана энергоэффективная технологическая схема получения биогаза из дробины путем сбраживания ее веществ метанобактериями с одновременной обработкой ультразвуком с целью повышения выхода биогаза и метана до 65 % [7].

В рамках концепции биопереработки исследованы процессы дегидратации и регенерации отработанного масла, биоэтанола и

биогаза из ПД. На основе их анализа созданы технологии производства биодизеля, биоэтанола и биогаза. Показано, что ПД может обеспечить производство «зеленой» энергии в диапазоне 4,5–7,0 млн МДж / год, если европейский потенциал ПД будет полностью задействован, она может внести существенный вклад в энергетическую стратегию биотоплива [8].

Пивная дробина нашла широкое практическое применение в производстве кормовых рационов для животных. Получены положительные результаты при добавлении сухой гранулированной пивной дробины (20 %) как источника протеина и энергии в рацион бычков. Установлен среднесуточный прирост живой массы молодняка бычков на 14,3 %. По энергетической ценности сухая пивная дробина почти эквивалентна зерну кукурузы, способствует утилизации мочевины и служит профилактическим средством против кератоза рубца и абсцессов печени [9]. Показано, что включение сухой ПД в рацион молодняка коз вместо части овса и льняного жмыха повышает обменные процессы в организме животных [10]. Установлено, что частичная замена рыбной муки и соевого шрота экстрактом ПД в рационе свиней на откорме увеличила скорость роста, улучшила конверсию корма и не повлияла на качество туши [11, 12]. Показано, что применение гранулированной кормовой добавки на основе сухой ПД в количестве 1000 г на 1 лактирующую корову в сутки позволяет увеличить надои и повысить рентабельность производства на 0,96 % [12]. Добавление ПД в корм для животных приводит к увеличению надоев, более высокому содержанию жира в молоке и является хорошим источником незаменимых аминокислот [13, 14].

Предложены технологии производства кормовой добавки для сельскохозяйственных животных и птиц из ПД, микроорганизмов рода азотобактер и пропионовокислых микроорганизмов, приведены данные анализа совместного и отдельного культивирования и добавления заквасок различных штаммов микроорганизмов: пропионовокислых, азотобактера и их смеси в побочный субстрат [15]. Отмечено, что продукты биоконверсии ПД базидиальными дереворазрушающими грибами относятся к числу наиболее доступных источников кормового белка и биологически активных веществ (БАВ). Твердофазная ферментация пивной дробины мицелием гриба *Pleurotostreatus* позволила произвести грибную биомассу с высоким содержанием БАВ. По содержанию протеина, сырого жира, клетчатки и БАВ новый продукт приближа-

ется к требованиям, предъявляемым к кормам для карпа. Добавление биологически-активных экстрактов, полученных из грибной биомассы, в воду содержания рыбы карпа стимулировало пищевое поведение молоди рыбы карпа, обеспечило 15–20 % увеличение выживаемости и 11–15 % прибавку живого веса молоди рыбы по отношению к контролю [16].

Проведены исследования по применению пивной дробины в технологиях пищевых продуктов, в том числе функционального назначения. Показано, что ПД является хорошим источником водорастворимых витаминов, протеина, клетчатки, фенольных соединений [17, 18]. Обосновано применение ПД в технологиях рубленых полуфабрикатов, диетических колбасных изделиях [19]. Разработаны рецептуры колбасного изделия из мяса индейки и телятины с добавлением пивной дробины, проведена оценка органолептических и физико-химических показателей изделия. Установлено соответствие требованиям нормативных документов [20].

В рамках решения задачи по применению сырьевых отходов и безотходных технологий разработаны образцы хлебобулочных изделий с ПД. Установлены оптимальные количественные соотношения рецептурных компонентов. Предложена рецептура хлеба ржаного диабетического формового с внесением 20 % порошка из сухой пивной дробины от массы пшеничных отрубей. На новые изделия разработана вся необходимая технологическая документация [21].

Исследована возможность введения в рецептуру пряничных изделий тонкоизмельченной путем механоактивации до размеров частиц 60–70 мкм пивной дробины. Предложенная технология позволила повысить пищевую ценность готовых изделий [22].

Предложена инновационная технология сушки пивной дробины для дальнейшего ее применения в запеченных чипсах. Изучена кинетика обезвоживания ПД и влияние трех различных методов сушки: сушки в печи (OD), сублимационной сушки (FD) и вакуумной микроволновой сушки (VMD) на содержание белка и функциональность ПД. Анализ качественных характеристик чипсов показал, что микроволновая сушка наиболее приемлема с точки зрения сенсорных характеристик продукта [23].

Пивная дробина на сегодняшний день используется как источник углерода для микроорганизмов при производстве амилаз, источник углерода для промышленного производства молочной кислоты, естественный продуцент каротиноидов, как сырье для про-

изводства биоэтанола, как добавка в комбикорма сельскохозяйственных животных, птиц и промысловых рыб, как органический стимулятор в производстве солодовых напитков,

как сырьевой ингредиент в рецептурах пищевых продуктов повышенной пищевой ценности (рисунок 2) [24–30].



Рисунок 2 – Применение пивной дробины

Figure 2 - Application of brewer's grains

Наряду с достоинствами применения пивной дробины существуют и ограничения, связанные с ее недостатками как сырья. Например, среди недостатков по применению ПД в технологиях кормов для животных отмечены:

- хранение сырого продукта невозможно из-за развития нежелательных микроорганизмов;
- недостаток белка;
- избыток клетчатки;
- незначительный уровень жира, фосфора и кальция.

В рамках устранения данных недостатков ведутся экспериментальные исследования. В ходе исследований по хранению пивной дробины в ворохах было обнаружено быстрое, а именно в течение 3–7 суток развитие патогенных микромицетов – продуцентов микотоксинов (афлатоксин, дезоксиниваленон, Т-2 токсин и др.) и гнилостной бактериальной микрофлоры. Дынные процессы препятствуют эффективной переработке дробины на нужды животноводства [24].

По результатам лабораторных экспериментов отобран штамм молочнокислых бактерий *Streptococcus faecium* 50, эффективно подавляющий патогенную микрофлору и способствующий сохранению кормового продукта на основе пивной дробины на уровне исходного сырья в течение 3 месяцев. На основе штамма, не подвергавшегося генно-инженерным модификациям, изготовлен опытный образец биоконсерванта для пивной дробины.

Проведены испытания кормового продукта на основе консервированной пивной дробины, установлен срок годности не менее 3-х месяцев. Показано отсутствие токсичности. Молочнокислые бактерии эффективно препятствовали развитию гнилостной микрофлоры и грибов – продуцентов микотоксинов [21, 24, 30].

В заключение можно отметить, что использование отходов пивоварения – важное направление не только с точки зрения сбережения сырьевых органических ресурсов и обеспечения экологической безопасности, но и одно из направлений ресурсосбережения. Пивная дробина – интересное сырье, богатое ценными соединениями и питательными веществами, а также доступное для его стабилизации. Это ключевые факторы для разработки различных вариантов: от биотехнологического производства товаров с добавленной стоимостью, функциональных пищевых продуктов и кормов для животных до производства других товаров, представляющих интерес для фармацевтического и сельскохозяйственного секторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекбаев К.С., Төлеуғазықызы А. Перспективные пути переработки пивной дробины и спиртовой барды // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. 2019. С. 607–611.
2. Рынок пива в России. 2020. Показатели и прогнозы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://marketing.rbc.ru/research/36366/>. (дата обращения 02.02.2021).
3. Руденко Е.Ю. Применение отходов пивоварения для очистки почв, загрязненных нефтью // Экология и промышленность России. 2012. № 10. С. 32–34.
4. Скрипина В.В., Павлов И.Н. Экологические аспекты отходов пивоваренной промышленности с практическим применением в качестве пищевой добавки // Ползуновский альманах. – 2020. – № 1. – С. 189–193.
5. Пивзаводы Кемеровской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://allbrewery.ru/places/rossija/kemerovskaja-oblast>. (дата обращения 02.02.2021).
6. Масленникова Е.В., Ермаков В.В. Интенсификация очистки высококонцентрированных буровых сточных вод с использованием биохими-

ческих стимуляторов // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 9. С. 1274–1284.

7. Житков В.В., Ермолаев С.В. Энергоэффективная переработка пивной дробины в биогаз // Пиво и напитки. 2020. № 4. С. 25–28.

8. Kavalopoulos M., Stoumpou V., Christofi A., Mai S., Barampouti E.M. Moustakas Sustainable valorisation pathways mitigating environmental pollution from brewers' spent grains // Environmental Pollution. 2021. Т. 270. С. 116069.

9. Жетписбаева Х.Ш., Чернигов Ю.В. Гранулированная пивная дробина в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2018. № 4. С. 29–37.

10. Рационы молодняка коз с сухой пивной дробинкой / В. Зотеев [и др.] // Сфера : Технологии. Корма. Ветеринария. 2018. № 1. С. 28–30.

11. Effects of replacement of fish meal and soybean meal by brewers' yeast extract on growth and feed conversion of Landrace x Yorkshire pigs / Во H.X. [et al.] // Liv. Res. Rur. Dev. 2020. Т. 32. № 6. С. 85.

12. Киреева К.В., Владимиров Н. Эффективность использования гранулированной смеси на основе сухой пивной дробины в рационах лактирующих коров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (175). С. 92–95.

13. Negash D. Use of Brewery by-Products as Animal Feeds // J Nutr Food Sci 4: 027. Henry Publishing Groups Negash D. 2021. Т. 4. № 1. С. 100027.

14. Ikram S. [et al.]. Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain // Journal of food science. 2017. Т. 82. № 10. С. 2232–2242.

15. Волобуева Е.С., Анискина М.В. Технология выработки кормовой добавки из пивной дробины // Новости науки в АПК. 2018. № 2–1. С. 48–50.

16. Терещенко Н.Н., Кравец А.В., Минаева О.М. Биоконверсия отходов пивоваренной промышленности в кормовое сырье – перспективный путь повышения эффективности аквакультуры // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2020. № 4 (171). С. 47–59.

17. Composition and functional profiling of the microbiota in the casts of Eiseniafetida during vermicomposting of brewers' spent grains / Budroni M. [et al.] // Biotechnology Reports. 2020. Т. 25. С. e00439.

18. Ikram S. Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain // Journal of food science. 2017. Т. 82. № 10. С. 2232–2242.

19. Цикин С.С. Использование пивной дробины при производстве мясных продуктов // Фундаментальные научные исследования : теоретические и практические аспекты. 2017. С. 395–398.

20. Разработка технологии диетического колбасного изделия с использованием отходов пивоваренного производства / Е.А. Горнич [и др.] // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 3 (32). С. 65–71.

21. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий за счет использования вторичных сырьевых ресурсов / Ю.С. Рыбаков [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2016. № 7 (149). С. 51–56.

22. Лесникова Н.А., Лаврова Л.Ю., Борцова Е.Л. Использование пивной дробины в произ-

водстве пряничных изделий // Хлебопродукты. 2015. № 7. С. 44–46.

23. Hejna A., Marć M., Kowalkowska-Zedler D., Pladzyk A., Barczewski M. Insights into the Thermo-Mechanical Treatment of Brewers' Spent Grain as a Potential Filler for Polymer Composites // Polymers. 2021. Т. 13. № 6. С. 879.

24. Bougrier C., Dognin D., Laroche C. Use of trace elements addition for anaerobic digestion of brewer's spent grains // Journal of environmental management. 2018. Т. 223. С. 101–107.

25. Исследование возможности применения органического стимулятора в производстве нетрадиционных солодов / Т.Ф. Киселева [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. № 10. С. 32–36.

26. Резниченко И.Ю., Орлов А.И. Инструменты управления качеством в пивоварении // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020. № 3 (62). С. 113–118.

27. Микробиология для животных. [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://biotrof.ru/isledovaniya/tehnologiya_pererabotki_pivnoj_drobiny_v_korma/ (дата обращения 02.02.2021).

28. Cooray S.T., Chen W.N. (2018). Valorization of brewer's spent grain using fungi solid-state fermentation to enhance nutritional value. J Funct Foods 42: 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.027>.

29. Mussatto Sl. (2014). Brewers' spent grain: a valuable feedstock for industrial applications. J Sci Food Agric 94 (7) : 1264–1275.

30. Короткова Т.Г., Данильченко А.С., Истошина Н.Ю. Исследование кинетики сушки пивной дробины // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 4. С. 80–83.

Информация об авторах

А. И. Орлов – аспирант кафедры управления качеством Кемеровского государственного университета.

И. Ю. Резниченко – д.т.н., профессор, зав. кафедрой управления качеством Кемеровского государственного университета.

REFERENCES

1. Bekbaev, K.S. & Tuleuryazykyzy, A. (2019). Promising ways of processing brewer's grain and alcohol stillage. *Modern aspects of production and processing of agricultural products*. P. 607-611. (In Russ.).

2. The beer market in Russia. (2020). *Indicators and forecasts*. Retrieved from <https://marketing.rbc.ru/research/36366/>. (In Russ.).

3. Rudenko, E.Yu. (2012). The use of beer brewing waste for cleaning soils contaminated with oil. *Ecology and Industry of Russia*, (10), 32-34. (In Russ.).

4. Skripina, V.V. & Pavlov, I.N. (2020). Environmental aspects of wastes from the brewing industry with practica, 189-193. (In Russ.).

5. Breweries of the Kemerovo region. (2020). Retrieved from <https://allbrewery.ru/places/rossija/kemerovskajaoblast>. (In Russ.).

6. Maslennikova, E.V. & Ermakov, V.V. (2020). Intensification of highly concentrated drilling

- wastewater treatment using biochemical. *Bulletin of MGSU*, 15(9), 1274-1284. (In Russ.).
7. Zhitkov, V.V. & Ermolaev, S.V. (2020). Energy efficient processing of brewer's grain into biogas. *Beer and drinks*, (4), 25-28. (In Russ.).
 8. Kavalopoulos, M. Stoumpou, V., Christofi, A., Mai, S. & Barampouti, E.M. (2021). Moustakas Sustainable valorisation pathways mitigating environmental pollution from brewers' spent grains. *Environmental Pollution*, (270), 116069.
 9. Zhetpisbaeva, Kh.Sh. & Chernigov Yu.V. (2018). Granulated brewer's grain in feeding young cattle. *Feeding farm animals and fodder production*, (4), 29-37. (In Russ.).
 10. Zoteev, V., Simonov, G., Zoteev, S. & Zakhrova, D. (2018). Rations of young goats with dry brewer's grain. *Sphere: Technologies. Stern. Veterinary medicine*, (1), 28-30. (In Russ.).
 11. Bo, H.X. & al. (2020). Effects of replacement of fish meal and soybean meal by brewers' yeast extract on growth and feed conversion of Landrace x Yorkshire pigs. *Liv. Res. Rur. Dev*, 32 (6), 85.
 12. Kireeva, K.V. & Vladimirov, N. (2019). Efficiency of using a granular mixture based on dry brewer's grain in the diets of lactating cows. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 5 (175), 92-95. (In Russ.).
 13. Negash, D. (2021). Use of Brewery by-Products as Animal Feeds. *J Nutr Food Sci* 4. 027. *Henry Publishing Groups Negash D*, 4(1), 100027.
 14. Ikram, S. & [et al.] (2017). Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain. *Journal of food science*, 82 (10), 2232-2242.
 15. Volobueva, E.S. & Aniskina, M.V. (2018). Technology of production of feed additive from brewer's pellet. *Science news in the agro-industrial complex*, (2-1), 48-50. (In Russ.).
 16. Tereshchenko, N.N., Kravets, A.V. & Minaeva, O.M. (2020). Bioconversion of wastes from the brewing industry into feed raw materials - a promising way to increase the efficiency of aquaculture. *Fish farming and fish farming*, 4 (171), 47-59. (In Russ.).
 17. Budroni, M. & [et al.] (2020). Composition and functional profiling of the microbiota in the casts of Eiseniafetida during vermicomposting of brewers' spent grains. *Biotechnology Reports*, (25), e00439.
 18. Ikram, S. (2017). Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain. *Journal of food science*, 82 (10), 2232-2242.
 19. Tsikin, S.S. (2017). Use of beer drobina in the production of meat products. *Fundamental scientific research: theoretical and practical aspects*, pp. 395-398.
 20. Housekeeper, E.A., Melnikova, L.E., Soldatkina, N.T. & Kosterin, D.Yu. (2020). Development of technology for a dietetic sausage product using brewing waste. *Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region*. 3 (32), 65-71. (In Russ.).
 21. Rybakov, Yu.S., Lavrova, L.Yu., Bortsova, E.L. & Lesnikova, N.A. (2016). Expansion of the range of bakery products through the use of secondary raw materials. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 7 (149), 51-56. (In Russ.).
 22. Lesnikova, N.A., Lavrova, L.Yu. & Bortsova, E.L. (2015). The use of brewer's grain in the production of gingerbread. *Bread products*, (7), 44-46 (In Russ.).
 23. Hejna, A. Marć, M., Kowalkowska-Zedler, D., Pladzyk, A., & Barczewski, M. (2021). Insights into the Thermo-Mechanical Treatment of Brewers' Spent Grain as a Potential Filler for Polymer Composites. *Polymers*, 13(6), 879.
 24. Bougrier, C., Dognin, D. & Laroche, C. (2018). Use of trace elements addition for anaerobic digestion of brewer's spent grains. *Journal of environmental management*, (223), 101-107.
 25. Kiseleva, T.F., Grebennikova, Yu.V., Reznichenko, I.Yu., Miller, Yu.Yu. & Vereshchagin, A.L. (2019). Research of the possibility of using an organic stimulant in the production of non-traditional malts. *Food industry*, (10), 32-36. (In Russ.).
 26. Reznichenko, I.Yu. & Orlov, A.I. (2020). Quality management tools in brewing. *Technology and commodity science of innovative food products*, 3 (62), 113-118. (In Russ.).
 27. Microbiology for animals. Retrieved from https://biotrof.ru/issledovaniya/tehnologiya_pererabotki_pivnoj_drobiny_v_korma/. (In Russ.).
 28. Cooray, S.T. & Chen, W.N. (2018). Valorization of brewer's spent grain using fungi solid-state fermentation to enhance nutritional value. *J Funct Foods*, (42), 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.027>.
 29. Mussatto, S.I. (2014). Brewers' spent grain: a valuable feedstock for industrial applications. *J Sci Food Agric*, 94 (7), 1264-1275.
 30. Korotkova, T.G., Danilchenko, A.S. & Istoshina, N.Yu. (2020). Study of the kinetics of drying brewer's pellet. *News of higher educational institutions. Food technology*, (4), 80-83. (In Russ.).

Information about the authors

A. I. Orlov – post-graduate student of the Department of Quality Management, Kemerovo State University.

I. Yu. Reznichenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. Department of Quality Management, Kemerovo State University.

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

Статья поступила в редакцию 04.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 04 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья

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

УДК 664.38:641.56

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.021

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЛКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Екатерина Анатольевна Красноселова¹, Альбина Алексеевна Варивода²

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

¹ ekrasnoselova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1554-4740>

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

Аннотация. В статье исследована возможность использования нетрадиционных источников белка для получения белковых композиций с целью внесения их в продукты питания, в том числе и диетические. На основе данных литературы подобраны виды сырья, которые целесообразно использовать для получения белковых добавок и дано обоснование целесообразности проведения исследований в этом направлении. Проведены теоретические исследования по подбору белковых композиций и нетрадиционных источников белка для создания лечебно-профилактических продуктов питания функционального назначения. Заготовлены образцы различных источников белка и проведен сравнительный анализ их по аминокислотному составу, технологическим, медико-биологическим и другим свойствам. Установлено, что разработанные белковые композиции могут применяться в виде порошков или паст и в зависимости от вида конечного продукта разработаны технологические параметры подготовки ингредиентов смеси. Разработаны операторные модели технологических систем производства белковых композиций. Теоретически обоснована область применения их для создания продуктов питания диетического назначения. Анализ источников патентной информации показал, что нет аналогов разработанным белковым композициям. Эффективность работы определяется использованием в качестве нетрадиционных источников белка отходов пищевых производств и зеленых растений. Обоснована целесообразность полученных белковых смесей растительного происхождения для создания диетических продуктов лечебно-профилактического назначения.

Ключевые слова: белковые композиции, пищевая ценность, сбалансированный аминокислотный состав, производство белковых композиций, технологические приемы, операторные модели технологических систем, область применения.

Для цитирования: Красноселова, Е. А., Варивода, А. А. Разработка технологии белковых композиций с возможностью их использования в диетических продуктах // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 153–159. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.021.

Original article

DEVELOPMENT OF PROTEIN COMPOSITION TECHNOLOGY WITH THE POSSIBILITY OF USING THEM IN DIETARY FOOD PRODUCTS

Ekaterina A. Krasnoselova¹, Albina A. Varivoda²

^{1,2} Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

¹ ekrasnoselova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1554-4740>

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

© Красноселова Е. А., Варивода А. А., 2021

Abstract. The article examines the possibility of using non-traditional protein sources to obtain protein compositions for the purpose of introducing them into food products, including dietary ones. On the basis of the literature data, the types of raw materials that are advisable to use for the production of protein additives are selected and the rationale for conducting research in this direction is given. Theoretical studies on the selection of protein compositions and non-traditional sources of protein for the creation of therapeutic and preventive food products for functional purposes were carried out. Samples of various protein sources were prepared and a comparative analysis of their amino acid composition, technological, biomedical and other properties was carried out. It is established that the developed protein compositions can be used in the form of powders or pastes and, depending on the type of final product, technological parameters for preparing the ingredients of the mixture have been developed. Operator models of technological systems for the production of protein compositions have been developed. The scope of their application for the creation of dietary food products is theoretically justified. The analysis of patent information sources showed that there are no analogues of the developed protein compositions. The efficiency of the work is determined by the use of waste from food production and green plants as non-traditional sources of protein. The expediency of the obtained protein mixtures of plant origin for the creation of dietary products for therapeutic and preventive purposes is justified.

Keywords: protein compositions, nutritional value, balanced amino-acid composition, production of protein compositions, technological techniques, operational models of technological systems, scope of application.

For citation: Krasnoselova, E. A. & Varivoda, A. A. (2021). Development of protein composition technology with the possibility of using them in dietary food products. *Polzunovskiy vestnik*, 2, 153-159. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.021.

ВВЕДЕНИЕ

В XXI веке все больше внимания человечество уделяет качеству жизни, подразумевающему здоровое долголетие. Человек состоит из белковых клеток, которые каждые две недели должны обновляться.

В современном мире наблюдается глобальная проблема, связанная с недостаточным поступлением белка, дефицит которого составляет порядка 30–35 %. Многими учеными ведутся разработки в этом направлении. Однако они ориентированы в основном на использование соевых и молочных ингредиентов. Привлекательность вызывает возможное применение для функциональных продуктов диетической направленности нетрадиционных видов растительного белка [2, 3].

В соответствии с выбранным направлением исследований проведены теоретические разработки по подбору сырья для белковых композиций с целью их использования в составе диетических продуктов.

В результате проведенного поиска был установлен перечень растительных источников белка.

Это, прежде всего, соевые белковые препараты, выпускаемые промышленностью:

- соевый белковый изолят, содержащий 90–92 % белка;
- соевый белковый концентрат – 69 % белков;
- соевый текстурированный белок TVP-165 – до 70 % белков и др.;
- обезжиренная соевая мука – 54 % белка.

А также высокобелковые смеси (ВБС) – 30–35 % белка, в состав которых входят молочные продукты (сухая пахта, обезжиренное молоко, сывороточные белки) и соевые белки [2–6].

К нетрадиционным источникам белка относятся: пшеничные отруби, шрот подсолнечный пищевой (46,5 % белка), белок подсолнечный пищевой (85 % белка), жмых кукурузный (25,0–27,0 % белка), зародыши гречихи (до 50 % белка) [2, 6, 8].

Также при обзоре выявлен большой спектр растительных объектов, которые могут быть использованы для повышения белковой составляющей нашего рациона питания.

На нашей планете произрастает более 75 тысяч видов растений, потенциально пригодных для потребления в пищу. Однако за всю историю человечество «попробовало» только около 3 тысяч, причем культивировалось в разное время всего 150. Таким образом, есть еще множество неиспользуемых видов растений, в том числе с высоким содержанием белка – так называемый «пищевой резерв человечества».

Из растительных источников полноценного белка наиболее перспективным можно считать клеточный сок зеленых растений. Ведь в зеленых растениях его содержание 75–80 %, а биомасса флоры – это более 90 % всей биомассы планеты. Таким образом, травы – самый обильный источник белка.

Исследования по выделению белка из зеленых растений проводились еще в 30-х

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЛКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

годах в Англии, но внедрения не получили, так как чиновники не захотели слышать о «беконе из люцерны».

Но именно в нашей стране впервые был осуществлен опыт производства пищевого белка из зеленых растений.

В начале войны на нескольких заводах было организовано производство зеленой пасты, которую применяли в госпиталях в пищевых и лечебных целях.

В 70-х годах в Венгрии был пущен первый в мире завод, изготавливающий концентраты из зеленого сока трав.

Проведенный институтом питания РАМН анализ концентратов из люцерны показал, что качество ее белка близко к качеству стандартного белка, утвержденного ФАО ООН в качестве всемирного эквивалента [1].

Содержание белка в люцерне колеблется от 19 до 27 % в зависимости от вида, по результатам наших анализов в люцерне содержится 20,5 % белка.

Кроме люцерны к этой группе источников белка можно отнести:

- клевер луговой, содержащий 16–24 % белка, по нашим данным – 14,5 %;
- крапиву, содержащую 31,2 % белка;
- амарант – 15,5–23,0 % белка;
- расторопшу – 17,0–18,0 % белка;
- молодую ботву зеленого горошка, молодые листья свеклы, винограда и другие источники [2, 3, 8].

Все рассматриваемые белковые композиции и источники белка оценивали по их аминокислотному составу для определения их пищевой ценности.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по проектированию рецептур биологических композиций, их сенсорной оценке и технологическим приемам подготовки.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Компьютерное моделирование белковых композиций, их сенсорная оценка, исследование их биологической ценности.

В качестве объекта исследований использовали пять белковых композиций, сбалансированных по содержанию незаменимых аминокислот.

Технологические параметры подготовки отдельных ингредиентов белковых композиций, в частности сушки зеленых растений – клевера, люцерны, амаранта, крапивы, обрабатывали на сушилке лабораторного типа и распылительной сушильной установке с

вибрирующим слоем, а также методом естественной сушки.

Показатели пищевой ценности определяли аналитическим путем по стандартным методикам.

Содержание сухих веществ определяли по ГОСТ 29031, белка – колориметрическим методом, пищевых волокон (клетчатки, гемицеллюлозы, лигнина, аминокислотный состав белков – на инфракрасном спектральном анализаторе типа ИК-4500, минеральный состав – атомно-адсорбционным методом на спектрофотометре ААС-1N (Германия): железо – ГОСТ 26928, цинк – ГОСТ 26934, медь – ГОСТ 26931, свинец – ГОСТ 26932, натрий, калий, кальций – по модифицированным методикам. Для листового протеина определяли содержание каротина по ГОСТ ISO 6558-2, аскорбиновой кислоты – ГОСТ 24556. Данные по содержанию витаминов группы В, Е, К взяты из литературных источников [8, 10].

Нормы потребления разработанных нами белковых композиций на основе нетрадиционных источников растительного белка определяли в соответствии с нормами физиологической потребности здорового человека в пищевых веществах (по формуле сбалансированного питания А.А. Покровского) [5–8].

Операторные модели технологических систем производства биологически активных белковых добавок разрабатывали в соответствии с рекомендациями В.А. Панфилова.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате моделирования были получены оптимальные рецептуры белковых композиций, сбалансированных по содержанию незаменимых аминокислот в соответствии с идеальным белком (таблица 1).

Таблица 1 – Рецептуры белковых композиций

Table 1 - Formulations of protein compositions

| Наименование ингредиентов | Рецептуры белковых композиций | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|
| | № 1 | № 2 | № 3 | № 4 | № 5 |
| Соевый изолят | 20,1 | 20,2 | 20,0 | – | 3,3 |
| Жмых кукурузный | 20,0 | – | 20,0 | – | – |
| Шрот подсолнечный | – | 19,9 | – | – | – |
| Отруби пшеничные | – | 19,9 | – | 22,7 | 33,2 |
| Крупа гречневая | 20,1 | – | – | 31,7 | 2,0 |
| Крапива | 20,0 | 20,0 | 23,1 | 22,8 | – |
| Клевер | 19,8 | – | – | 22,8 | – |
| Люцерна | – | 20,0 | 23,1 | – | – |
| Амарант | – | – | – | – | 33,3 |
| Жмых семян томатов | – | – | 13,8 | – | – |

Сенсорная оценка исследуемых белковых композиций выявила, что по органолептическим показателям они имеют нейтральные вкус и аромат, которые при добавлении в функциональные диетические продукты не смогут негативно повлиять на их конечные качества и, следовательно, появляется возможность их широкого применения.

Исследования были направлены на изучение биологической ценности сбалансированных по аминокислотному составу белковых композиций, разработку технологических схем их производства и теоретическое обос-

нование области применения белковых композиций для создания продуктов питания функционального назначения.

По результатам исследований (таблица 2) установлено, что исследуемые белковые композиции обладают высокой биологической ценностью по качественному и количественному составу незаменимых аминокислот, а также характеризуются высоким содержанием пищевых волокон, особенно рецептуры № 1 и № 3, содержащие в своем составе крапиву и люцерну.

Таблица 2 – Пищевая ценность белковых композиций

Table 2 - Nutritional value of protein compositions

| Показатели | Белковые композиции | | | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------|
| | № 1 | № 2 | № 3 | № 4 | № 5 |
| Сухие вещества, % | 91,15 | 92,00 | 92,60 | 91,40 | 85,78 |
| Белок общий, % | 31,50 | 30,20 | 31,50 | 29,60 | 31,00 |
| Пищевые волокна, % | 31,02 | 27,60 | 33,92 | 25,10 | 16,88 |
| Калорийность, ккал/100 г | 126,00 | 120,80 | 126,00 | 118,40 | 124,00 |
| Аминокислотный состав, г/100 г белка | | | | | |
| Лейцин | 7,50 | 6,78 | 7,00 | 7,22 | 7,25 |
| Изолейцин | 4,39 | 4,15 | 3,90 | 4,21 | 4,46 |
| Лизин | 5,64 | 5,02 | 5,58 | 4,99 | 5,71 |
| Метионин+цистин | 2,55 | 2,21 | 2,96 | 2,80 | 2,77 |
| Фенилаланин+тирозин | 5,35 | 5,01 | 5,13 | 5,05 | 5,35 |
| Треонин | 4,12 | 3,66 | 3,94 | 3,98 | 3,67 |
| Триптофан | 0,90 | 0,82 | 1,21 | 0,82 | 1,02 |
| Валин | 5,06 | 4,80 | 4,44 | 5,04 | 4,95 |
| Витаминный состав, мг/100 г | | | | | |
| Аскорбиновая кислота | 12,00 | 13,00 | 15,00 | 13,00 | 10,00 |
| Каротин | 11,30 | 14,70 | 17,00 | 12,80 | 2,70 |
| Тиамин (В ₁) | 0,30 | 0,54 | 0,28 | 0,36 | 0,58 |
| Рибофлавин (В ₂) | 0,17 | 0,20 | 0,16 | 0,14 | 0,21 |
| Витамин РР | 2,51 | 9,00 | 2,07 | 5,86 | 7,01 |
| Витамин К | 1,22 | 1,26 | 1,40 | 1,39 | 0,03 |
| Витамин Е | 3,66 | 2,10 | 1,74 | 5,40 | 1,00 |
| Минеральный состав, мг/100 г | | | | | |
| Кальций | 865,00 | 1032,0 | 1108,00 | 936,00 | 209,60 |
| Калий | 1684,50 | 1471,80 | 1662,70 | 1768,50 | 779,70 |
| Натрий | 125,20 | 152,90 | 158,00 | 135,80 | 68,00 |
| Цинк | 2,90 | 4,70 | 2,60 | 3,80 | 4,80 |
| Медь | 1,20 | 1,80 | 1,20 | 1,50 | 0,80 |
| Железо | 13,70 | 25,20 | 17,40 | 18,20 | 10,90 |

Пищевые волокна зеленых растений наряду с их основными функциональными свойствами, связанными с работой желудочно-кишечного тракта, очень хорошо поглощают токсины и выводят их из организма.

По содержанию кальция отличаются рецептуры № 2 и № 3, в состав которых входят богатые кальцием сушеные крапива и люцерна, железом богата рецептура № 2, имеющая в своем составе отруби пшеничные и

жмых подсолнечный, высоким содержанием калия характеризуются все рецептуры, кроме пятой, так как в их состав входят зеленые растения, соевый изолят и отруби пшеничные.

Содержание витамина Е характерно для рецептуры № 4, содержащей такие источники витамина Е, как крапива, клевер, отруби пшеничные, зерно гречихи.

Данные по удовлетворению потребностей организма в незаменимых веществах

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЛКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

при употреблении белковых смесей (на примере рецептуры № 1) приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы, суточная потребность взрослого человека в незаменимых аминокислотах удовлетворяется на 27–55 %, в белке – на 90 %. Полностью удовлетворяется потребность в пищевых волокнах, каротине, витамине К, кальции, железе. Положительным также является очень низкая кало-

рийность белковых композиций, всего 4,5 % от суточной потребности.

Помимо количества аминокислот, определяющих биологическую ценность для организма человека, важно, насколько они усвоятся и принесут пользу. Усвоение зависит от ряда факторов: активности ферментов, вида предварительной обработки.

Таблица 3 – Процентная доля пищевых веществ от суточной потребности взрослого человека в 100 г белковых композиций (на примере композиции № 1)

Table 3 - Percentage of dietary substances from the daily requirement of an adult in 100 g of protein compositions (for example, composition No. 1)

| Наименование пищевых веществ | Суточная потребность взрослого человека (по таблице А. А. Покровского) | Содержание в 100 г продукта | Доля суточной потребности в 100 г продукта, % |
|------------------------------|--|-----------------------------|---|
| Белки, г | 80,00 | 31,50 | 39,40 |
| в том числе растительные, г | 35,00 | 31,50 | 90,00 |
| Пищевые волокна, г | 25,00 | 31,00 | 124,00 |
| Незаменимые аминокислоты, г: | | | |
| лейцин | 4,00–6,00 | 2,36 | 47,20 |
| изолейцин | 3,00–4,00 | 1,37 | 39,10 |
| лизин | 3,00–5,00 | 1,76 | 44,00 |
| метионин + цистин | 2,00–4,00 | 0,82 | 27,30 |
| фенилаланин + тирозин | 2,00–4,00 | 1,67 | 55,70 |
| треонин | 2,00–3,00 | 1,29 | 51,60 |
| триптофан | 1,00 | 0,28 | 28,00 |
| валин | 3,00–4,00 | 1,57 | 44,80 |
| Минеральные вещества, мг: | | | |
| кальций | 900,00 | 865,00 | 96,10 |
| калий | 3700,00 | 1685,00 | 45,50 |
| натрий | 5000,00 | 125,00 | 2,50 |
| цинк | 12,00 | 3,00 | 25,00 |
| медь | 2,00 | 1,20 | 60,00 |
| железо | 14,00 | 14,00 | 100,00 |
| Калорийность, ккал | 2775,00 | 126,00 | 4,50 |

Белки растительного происхождения уступают белкам животного происхождения, и их усвояемость равна 60–80 % против более 90 % соответственно. Такая разница объясняется взаимодействием растительных белков с полисахаридами, затрудняющими поступление пищеварительных ферментов к полипептидам.

Для установления оптимальных сроков хранения белковых композиций изготовлены опытные образцы, заложены на хранение, исходные данные по основным показателям пищевой ценности композиций приведены выше в таблице 2.

При производстве белковых композиций в виде порошков основным технологическим процессом, определяющим качество готового продукта, является сушка зеленых растений.

Основное условие получения высококачественного порошка является влажность

готового продукта, которая не должна быть ниже 9–12 %. При пересушивании (до влажности 5–6 %) на 30 % снижается содержание перевариваемого протеина, каротин разрушается на 10–15 %.

Технология получения порошков зависит от применяемого способа сушки.

В условиях небольших производств можно применять метод естественной сушки зеленых растений.

Для этого собранные растения сортируют (т. е. удаляют посторонние примеси), моют, измельчают на отрезки 2–3 см и сушат на стеллажах в тени без попадания прямых солнечных лучей. При высоте слоя 2–3 см и температуре окружающего воздуха 25–30 °С продолжительность сушки составляет около 3 сут.

Высушенные растения измельчают в порошок, смешивают с остальными подготов-

ленными ингредиентами композиции в соответствии с рецептурой и подвергают более тонкому измельчению и последующему фасованию или после добавления в композицию загустителя пектина подавали в пресс-гранулятор для получения таблеток.

Более эффективным способом получения порошков в потоке является быстрое высушивание горячим воздухом при температуре 100–120 °С, что позволяет максимально (до 90 %) сохранить каротин, минеральные вещества, витамины и особенно протеин.

Зеленые растения после сортировки и мойки подвергают крупному измельчению и расстилают тонким слоем (не более 3 см) на стеллажи камерной сушилки. Сушат при температуре 40–65 °С. Продолжительность сушки составляет 2–3 ч в зависимости от того, бланшированное или небланшированное сырье подается на операцию. При сушке предварительно бланшированного сырья продолжительность процесса увеличивается, но, с другой стороны, повышается качество готового продукта за счет инактивации ферментов и обеспечивается более тонкий помол порошка.

Была исследована возможность получения порошкообразных белковых композиций с использованием распылительной сушильной установки с вибрационным слоем. Суть способа сушки в распылительной сушильной установке заключается в том, что продукт, предварительно подготовленный в виде пюреобразной тонкой, гомогенной массы, подается насосом через распылительное сетчатое сопло в сушильную камеру. В потоке горячего воздуха (при температуре 105–120 °С), подаваемого компрессором, распыленные частицы продукта в считанные секунды теряют влагу и потоком горячего воздуха уносятся, охлаждаются и выходят из аппарата в виде тонкоизмельченного сухого порошка.

Способ распылительной сушки позволяет получить высококачественный порошок при максимальной интенсивности сушки и сохранении биологически активных веществ.

Использование предложенных белковых композиций может вестись по двум направлениям:

- реконструирование известных продуктов путем включения в их рецептуры сбалансированных белковых композиций, заменяя ими частично или полностью некоторые компоненты пищи;
- конструирование или моделирование новых видов пищевых продуктов диетического направления на основе сбалансированных белковых композиций.

Установлено, что белковые композиции могут применяться в виде порошков или паст,

разработаны технологические параметры подготовки ингредиентов смеси и операторные модели технологических систем производства белковых композиций.

ВЫВОДЫ

Данные композиции способны помимо пользы в поступлении белка за счет наличия в них клетчатки влиять на работу ЖКТ, регулировать уровень холестерина в крови, тем самым воздействовать на организм в качестве диетического питания в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний (очистка капилляров от налипания холестериновых бляшек), борьба с ожирением (нормализация работы ЖКТ) и улучшения общего состояния организма вследствие устранения сопутствующих заболеваний.

Мировое население стремится к качественной долгой жизни, и все больше внимания уделяется замене животных белков растительными. Поэтому предлагаемые нами сбалансированные белковые композиции должны быть востребованы с точки зрения рационального питания и здоровья населения России и необходимо найти широкое применение им как в различных отраслях пищевой промышленности, так и общественном питании, домашней кулинарии [9].

Помимо высокой биологической ценности, белковые композиции отвечают и другим требованиям, предъявляемым к пищевым добавкам: натуральны, так как получают без применения ферментов и различных химических реагентов, имеют оптимально сбалансированный состав по природной формуле, способны увеличивать физиологические ценности пищевых ресурсов, пригодны в качестве самостоятельных продуктов, а также в сочетании с различными пищевыми и лекарственными субстратами.

Анализ патентной информации показал, что нет аналогов предлагаемым белковым композициям, сбалансированным по аминокислотному составу. Подготовлены материалы заявки.

В дальнейшем работа будет направлена на разработку нормативной документации по производству композиций, проведение клинических и медико-биологических испытаний и разработку ассортимента пищевых продуктов нового поколения с их применением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабенко П.П., Кремер А.И., Немковский И.Б. Полноценная белковая композиция для функционального питания // Пиво и напитки. Москва. 2006. № 2. С. 52–54.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЛКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

2. Зобнина Л.С., Прошко Л.А., Машанов А.И. Белкодерживающие добавки и белковые препараты // Вестник КрасГАУ. 2009. № 10 (37). С. 129–132.

3. Киреева В.В. Технология комплексной переработки растительного сырья с получением пищевых белковых добавок // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. Краснодар : КубГТУ, 2004. № 5–6 (282-283). С. 50–52.

4. Куцакова В.Е., Шкотова Т.В., Ефимова С.В., Чичина Т.В. Способ получения белковой пищевой и кормовой добавки // Актуальная биотехнология. Воронеж: Биоактуаль, 2013. № 1 (4). С. 19–21.

5. Милорадова Е.В., Иванушкин П.А., Вяльцева И.В. Получение кормовой белковой добавки на основе продуктов переработки сои // Хранение и переработка сельхозсырья. Москва : МГУПП. 2010. № 4. С. 20–23.

6. Сидоренко Т.А. Полноценная белковая композиция для функционального питания из растительного сырья // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. Москва, 2007. № 2. С. 599.

7. Шульвинская И.В., Доля О.А., Широкоядова О.В. Композиционные белковые добавки из семян масличных и бахчевых растений // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. Краснодар : КубГТУ, 2007. № 5–6 (300–301). С. 40–42.

8. Шульвинская И.В., Минакова А.Д., Мацакова Н.В., Дроздова Ю., Ефименко Н. Белковые и полисахаридные продукты из растительного сырья как компоненты традиционных и функциональных продуктов питания // Сборник : Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности: Электронный сборник материалов I Международной научно-практической конференции, 20–22 ноября 2012 г. Краснодар : Изд-во КубГТУ, 2013. С. 61–64.

9. Doi T., Matsuo T., Sugawara M., Matsumoto K., Minehira K., Hamada K., Okamura K., Suzuki M. New approach for weight reduction by a combination of diet, light resistance exercise and the timing of ingesting a protein supplement // *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2001. Т. 10. № 3. С. 226–232.

10. Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Korotayeva A.A., Orinicheva A.A., Pribytkov A.V. Study of feed protein supplement with the properties of phytobiotics // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. 2020. С. 012086.

Информация об авторах

Е. А. Красноселова – канд. техн. наук, доцент Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина.

А. А. Варивода – канд. техн. наук, доцент Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина.

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

Статья поступила в редакцию 01.03.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 Mar 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.

REFERENCES

1. Babenko, P.P., Kremer, A.I. & Nemkovsky, I.B. (2006). Full-fledged protein composition for functional nutrition. *Beer and beverages*, (2), 52-54. (In Russ.).

2. Zobnina, L.S., Proshko, L.A. & Mashanov, A.I. (2009). Protein-containing additives and protein preparations. *Bulletin of KrasGAU*, 10(37), 129-132. (In Russ.).

3. Kireeva, V.V. (2004). Technology of complex processing of plant raw materials with the production of food protein additives. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Food technology*, 5-6 (282-283), 50-52. (In Russ.).

4. Kutsakova, V.E., Shkotova, T.V., Efimova, S.V. & Chichina, T.V. (2013). Method for obtaining protein food and feed additives. *Current biotechnology*, 1 (4), 19-21. (In Russ.).

5. Miloradova, E.V., Ivanushkin, P.A. & Vyal'tseva, I.V. (2010). Obuchenie komovoy belkovoy additve na osnove produktov pererabotki soi. *Preparation of feed protein additives based on soy processing products*, (4), 20-23. (In Russ.).

6. Sidorenko, T.A. Full-fledged protein composition for functional nutrition from vegetable raw materials // Food and processing industry. Abstract journal. – Moscow, 2007. – No. 2. – p. 599.

7. Shulvinskaya, I.V., Dolya, O.A., Shirokoryadova, O.V. (2007). Composite protein additives from seeds of oilseeds and melons. *News of higher educational institutions. Food technology*, 5-6 (300-301), 40-42. (In Russ.).

8. Shulvinskaya, I.V., Minakova, A.D., Matsakova, N.V., Drozdova, Yu. & Efimenko, N. (2013). Protein and polysaccharide products from plant raw materials as components of traditional and functional food products. *Collection: Innovative technologies in the food and processing industry: Electronic collection of materials of the International Scientific and Practical Conference, November 20-22, 2012-Krasnodar: KubSTU Publishing House*, pp. 61-64. (In Russ.).

9. Doi, T., Matsuo, T., Sugawara, M., Matsumoto, K., Minehira, K., Hamada, K., Okamura, K., Suzuki, M. (2001). New approach for weight reduction by a combination of diet, light resistance exercise and the timing of ingesting a protein supplement. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 10(3), 226-232. (In Russ.).

10. Drannikov, A.V., Derkanosova, A.A., Korotayeva, A.A., Orinicheva, A.A. & Pribytkov, A.V. (2020). Study of feed protein supplement with the properties of phytobiotics // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, P. 012086.

Information about the authors

E. A. Krasnoselova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.

A. A. Varivoda – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.



Научная статья

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

УДК 642.5:339.13

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.022

АНАЛИЗ ИНДУСТРИИ ПИТАНИЯ ГОРОДА УЛАН-УДЭ

Инга Вячеславовна Хамаганова ¹, Ирина Ильинична Бадмаева ²,
Светлана Владимировна Цырендоржиева ³,
Зоригма Мункоевна Намсараева ⁴, Валентина Аркадьевна Аникина ⁵

1, 2, 3, 4, 5 Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия

¹ xiv2609@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9953-7654>

² bii75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7819-9617>

³ ts-svetlana1971@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9941-5174>

⁴ zorigma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8373-0428>

⁵ valentina-vs@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7716-7018>

Аннотация. Общественное питание является одной из наиболее важных сфер экономической деятельности. Помимо удовлетворения населения в услуге питания, данный сегмент является фактором, формирующим туристский потенциал с представлением национальной кухни и традиций гостеприимства, обеспечивает население рабочими местами и участвует в формировании бюджета города как индикатор деятельности предпринимательства. Цель работы заключалась в комплексном анализе состояния индустрии общественного питания в городе Улан-Удэ Республики Бурятия. В качестве объектов исследуемого сегмента выбраны предприятия питания общедоступной сети города Улан-Удэ. При выполнении работ применялись методы структурирования, классификации, сравнения, анализа и обобщения. Результаты долгосрочного мониторинга индустрии питания города Улан-Удэ показывают динамично изменяющуюся структуру под влиянием различных факторов. Анализ численности предприятий общественного питания позволил определить факторы, оказывающие влияние в формировании внутренней политики предприятия (концепция, меню, интерьер, дополнительные услуги). Сравнение данных по отдельным годам в десятилетний период подтверждает зависимость индустрии питания как сектора экономической деятельности и от внешних факторов: экономическая ситуация в целом по Российской Федерации и в отдельном городе региона, благосостояние населения, благоприятные условия для предпринимательской деятельности. Результаты проведенного анализа общедоступной сети общественного питания города Улан-Удэ за последнее десятилетие позволило определить основные положения для формирования программы социально-экономического развития города Улан-Удэ на следующий период.

Ключевые слова: индустрия питания, предприятия общественного питания, услуга питания, национальная кухня, кадры, инвестиции.

Для цитирования: Анализ индустрии питания города Улан-Удэ / И. В. Хамаганова [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 160–167. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.022.

Original article

ANALYSIS OF THE FOOD INDUSTRY IN ULAN-UDE

Inga V. Khamaganova ¹, Irina I. Badmaeva ², Svetlana V. Tsyrendorzhieva ³,
Zorigma M. Namsaraeva ⁴, Valentina A. Anikina ⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

¹ xiv2609@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9953-7654>

² bii75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7819-9617>

³ ts-svetlana1971@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9941-5174>

⁴ zorigma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8373-0428>

⁵ valentina-vs@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7716-7018>

Abstract. *Catering is one of the most important spheres of economic activity. In addition to satisfying the population in the food service, this segment is a factor that forms the tourist potential with the presentation of national cuisine and traditions of hospitality, provides the population with jobs and participates in the formation of the city budget as an indicator of entrepreneurship. The purpose of the work was to comprehensively analyze the state of the catering industry in the city of Ulan-Ude in the Republic of Buryatia. As the objects of the studied segment, catering enterprises of the public network of the city of Ulan-Ude were selected. When performing the work, the methods of structuring, classification, comparison, analysis and generalization were used. The results of long-term monitoring of the food industry in Ulan-Ude show a dynamically changing structure under the influence of various factors. The analysis of the number of catering establishments made it possible to determine the factors that influence the formation of the internal policy of the enterprise (concept, menu, interior, additional services). Comparison of data for individual years in a ten-year period confirms the dependence of the food industry as a sector of economic activity and on external factors: the economic situation in the Russian Federation as a whole and in a separate city of the region, the well-being of the population, favorable conditions for entrepreneurial activity. The results of the analysis of the public catering network of the city of Ulan-Ude over the past decade made it possible to determine the main provisions for the formation of a program for the socio-economic development of the city of Ulan-Ude for the next period.*

Keywords: *food industry, public catering enterprises, catering service, national cuisine, personnel, investments.*

For citation: Khamaganova, I. V., Badmaeva, I. I., Tsyrendorzhieva, S. V., Namsaraeva, Z. M. & Anikina, V. A. (2021). Analysis of the food industry in Ulan-Ude. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 160-167. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.022.

Индустрия питания остается одной из самых востребованных сфер оказания услуг населению. Основная задача общественного питания – это производство кулинарной продукции, её реализация и организация потребления. Структура индустрии питания включает предприятия различных форм собственности и типов. Помимо основной услуги питания, предприятия предоставляют населению различный спектр дополнительных услуг. При этом одной из главных задач является обеспечение безопасности гостей, в том числе в пищевом плане. До 2011 г. на предприятиях общественного питания контроль безопасности осуществлялся внутренними мероприятиями, например, проведением бракеража, а также лабораторными исследованиями готовой продукции и санитарным контролем производства, руководствуясь

программой производственного контроля. Следующее десятилетие в Российской Федерации отмечено принятием для предприятий пищевой промышленности и общественного питания программы на принципах HACCP, которая включает мероприятия регулярного контроля [1].

Республика Бурятия является одним из субъектов Дальневосточного федерального округа Российской Федерации. Административно-хозяйственным и культурным центром является город Улан-Удэ.

Сфера общественного питания в городе Улан-Удэ является стабильно функционирующим сегментом экономики, выполняющим социальную задачу в удовлетворении физиологических потребностей людей и обеспечении рабочими местами население. Для жителей и гостей города функционируют рестора-

ны, бары и кафе, в том числе концептуальные и специализированные, а повседневную потребность в питании удовлетворяют столовые и закусочные.

В последние годы на состояние индустрии общественного питания существенное влияние оказывают различные внешние факторы. Особо остро почувствовалось влияние экономического кризиса, который повлек снижение доходов населения и, как следствие, – отток гостей в предприятиях питания, особенно с высокой ценовой политикой. Рост себестоимости продукции общественного питания, отсутствие возможности приобретения импортного технологического оборудования из-за введенных санкций ряда стран к Российской Федерации, а также ограничительные меры, связанные с эпидемиологической обстановкой, также оказали не лучшее влияние на состояние индустрии питания.

Целью работы явилось изучение и анализ состояния сферы общественного питания в городе Улан-Удэ. Объектами исследования выбраны предприятия общественного питания общедоступной сети города.

В городе Улан-Удэ функционируют

предприятия общественного питания различного типа, специализации и ценовой политики. Однако стоит отметить, что соответствие предприятия питания к какому-либо типу скорее условное. В налоговой системе деятельность общественного питания представлена как индивидуальное предпринимательство, либо как общество с ограниченной ответственностью. К сожалению, для налоговых органов соотношение предприятия общественного питания к тому или иному типу не важно. В результате имеет место несоответствие заявленному типу предприятия. Иногда в названии предприятие заявляется одним типом, а по совокупности признаков больше соответствует более «высокому». Так, например, в городе Улан-Удэ кафе «Эфир», «Эмпатии Эфир», «Релакс», «Золотая корона» по уровню предоставляемых услуг, реализуемому ассортименту, оформленному интерьеру, перечню дополнительных услуг могут соответствовать типу ресторана.

Количество хозяйствующих субъектов общественного питания по состоянию на 01.09.2020 г. за последнее десятилетие представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Количество предприятий общественного питания в г. Улан-Удэ

Table 1 - The number of catering establishments in Ulan-Ude

| Тип субъекта общественного питания | год | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020* |
| Рестораны | 30 | 33 | 38 | 43 | 52 | 52 | 50 | 49 | 45 | 42 | 37 |
| Бары | 69 | 71 | 75 | 79 | 84 | 80 | 80 | 78 | 77 | 50 | 39 |
| Кафе | 179 | 212 | 234 | 269 | 296 | 296 | 300 | 302 | 291 | 276 | 262 |
| Столовые | 20 | 24 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 | 29 | 31 | 28 | 21 |
| Закусочные | 164 | 184 | 182 | 192 | 195 | 200 | 180 | 168 | 142 | 162 | 138 |
| Кофейни | 9 | 10 | 12 | 12 | 14 | 12 | 12 | 12 | 10 | 7 | 7 |
| Прочие | 9 | 9 | 9 | 6 | 8 | 10 | 10 | 9 | 8 | 6 | 6 |
| Итого: | 480 | 543 | 577 | 628 | 676 | 678 | 660 | 647 | 604 | 571 | 510 |

Примечание: * - предварительные данные за 9 месяцев 2020 г.

По результатам ежегодного мониторинга сферы общественного питания города Улан-Удэ прослеживается растущая динамика по общей численности заведений общественного питания до 2015 г [2]. При этом наблюдается открытие предприятий с большим количеством посадочных мест. Ввод в эксплуатацию таких предприятий требует значительных финансовых затрат, и, чтобы вложения окупились, предприниматели для привлечения потребителя вынуждены были решать вопросы оформления и дизайна интерьера, приобретение современного оборудования, внедрение новых технологий, привлечение квалифицированных поваров из других регионов и др.

Как показывает анализ, самым распространенным типом предприятия питания является кафе. Это объясняется тем, что дан-

ные заведения имеют, как правило, стильно оформленный интерьер, но в меню в большей степени представлены традиционные блюда лишь с включением некоторого количества фирменных блюд и изделий. Для привлечения большего числа гостей, кафе работают в формате самообслуживания в дневное время и обслуживание официантами – вечером. Стоит отметить, что вторым типом у населения по популярности являются закусочные, специфика которых заключается в их специализации. Большая часть закусочных – это так называемые «Буузные». По сути, основным блюдом в таких заведениях является блюдо бурятской кухни – буузы, которые представляют собой рубленое мясо в тестовой оболочке, сваренное на пару, при этом в процессе варки из мясного сока получается

АНАЛИЗ ИНДУСТРИИ ПИТАНИЯ ГОРОДА УЛАН-УДЭ

ароматный бульон [3]. Популярность и постоянный спрос на такие заведения объясняются национальными пищевыми привычками. Именно в данный период на предприятиях общественного питания предприятий общественного питания города Улан-Удэ, как и во всем мире [4], вводятся инновации – заказ на

столе с помощью планшетов, бесконтактные и мобильные платежи, программное обеспечение управления запасами, производства с системой отображения заказа на кухне, специализированные системы управления для различных типов предприятий питания.

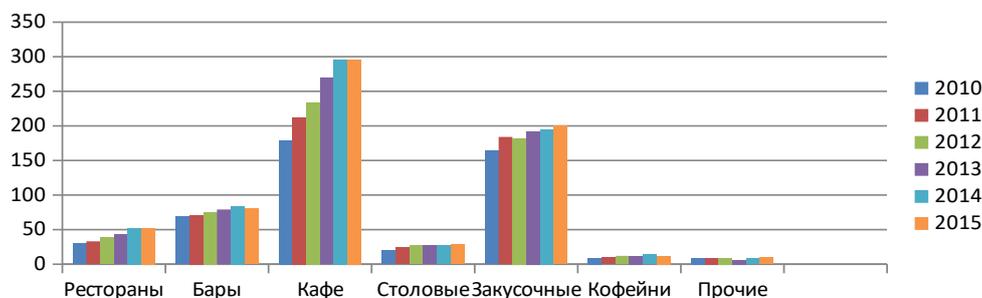


Рисунок 1 – Динамика изменения количества предприятий общественного питания на период 2010–2015 гг. в городе Улан-Удэ

Figure 1 - Dynamics of changes in the number of catering establishments for the period 2010–2015 in Ulan-Ude

В период 2013–2015 гг. в Республике Бурятия возникла идея развития гастрономического туризма. Как показывает мировая практика, гастрономический туризм востребован и является перспективным и экономически обоснованным в туристических направлениях [5, 6]. Для создания целостного предложения в области гастрономии Республика Бурятия имеет ряд преимуществ: национальная бурятская кухня, местное сырье – баранина, омуль, дикоросы. В период 2016–2020 гг. проводились гастрономические событийные мероприятия: фестиваль «Бузын Баяр» (праздник бууз) в рамках национального праздника Сагаалган, ежегодный фестиваль ресторанного искусства, включающий профессиональные конкурсы «Маэстро кухни», «Виртуоз пе-

карни», «Кондитерское искусство», «Серебряный поднос», «Байкал коктейль», международный чемпионат профессиональных поваров «Золотой черпак». В 2020 г. национальное бурятское блюдо «Буузы» победило во Всероссийском конкурсе гастрономических брендов «Вкусы России». Помимо этого, были заявлены на конкурс травяные чаи, боргойская баранина, облепиха, байкальская смолка. Гастрономический интерес туристов свидетельствует о перспективном развитии данного направления для индустрии питания.

Последствия экономического кризиса сказались и на сфере общественного питания города Улан-Удэ. Так, начиная с 2016 г., можно наблюдать сокращение количества предприятий (рисунок 2).

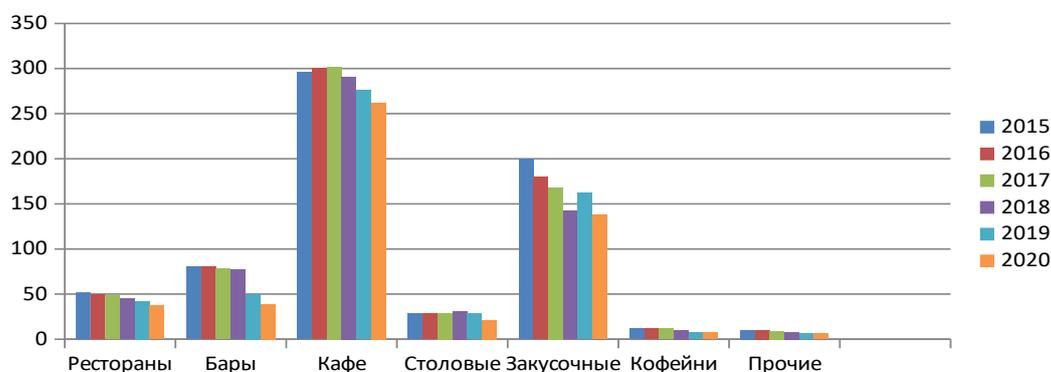


Рисунок 2 – Динамика изменения количества предприятий общественного питания на период 2015–2020 гг. в городе Улан-Удэ

Figure 2 - Dynamics of changes in the number of catering establishments for the period 2015-2020 in Ulan-Ude

Как видно, за данный период наблюдается сокращение количества заведений. Это связано с уходом неконкурентоспособных предпринимателей, сокращением филиалов одного бренда, а также закрытием предприятий с длительным жизненным циклом. Именно в это время закрылись такие рестораны, как «Индиго», «Ургы», «Баргузин», которые были открыты еще в 80–90-х гг. На этом фоне выделяются закусочные, численность которых также сокращалась, но в 2019 году наблюдалось увеличение их количества. Предварительные данные по 2020 году показывают об общем резком сокращении количества предприятий общественного питания. Вероятнее всего, в данном случае имеет место, в первую очередь, эпидемиологическая ситуация. Длительное вынужденное закрытие и ограничительные меры в индустрии питания создали неблагоприятные условия для деятельности заведений.

Стоит отметить, что в Республике Бурятия и в её столице в частности имеется новый формат заведений общественного питания, такие как банкетные залы, которые работают только по предварительному заказу для обслуживания каких-либо мероприятий. В силу национальных традиций у местного населения принято проводить семейные торжества, например, свадьбы, юбилеи, миланы (день рождения на первый год жизни ребенка) с приглашением до 300 гостей и более.

Именно вторая половина исследуемого десятилетия характеризуется использованием мировых тенденций и в индустрии питания города Улан-Удэ [7–9]. В предприятиях общественного питания гостям представляется более полная информация о сырьевом составе блюд, особенностях приготовления, наличии или отсутствии пищевых добавок. Повара в своей практике используют знания физико-химических изменений пищевых веществ продуктов, приемы молекулярной кухни и миксологии.

Другим важным показателем сферы об-

щественного питания являются объемы инвестиций в индустрию и оборота, получаемого в результате предоставления услуги питания. В первой половине изучаемого периода ресторанный бизнес был привлекателен для инвесторов из самых разных сфер бизнеса. Предприниматели охотно открывали предприятия питания как дополнительный вид деятельности помимо основного. Примером сочетания таких бизнесов может являться группа компаний «Титан», основными видами деятельности которых является торговля продуктами питания и пищевая перерабатывающая промышленность, но имеющая в своей структуре ресторан «Ковбой». Еще один пример – это ИП Матханова Д.Г., чей бизнес в основном ориентирован на гостиничный сервис, имеющий в своей структуре рестораны «Тэнгис», «Бурятия», «Voyage», кофе-бар «Лобби», шашлык-бар «Али-баба». Это связано с экономической привлекательностью сочетания, в некоторой степени родственных сфер деятельности, а также с возможностями получения стабильной прибыли сопутствующего вида бизнеса.

Однако не стоит забывать, что при видимой лёгкости предоставления услуги питания она требует постоянных и иногда значительных затрат. Исследуемый период характеризовался стабильным ростом цен на пищевое сырье, необходимое для приготовления блюд, технологическое оборудование, посуду и столовый текстиль. Стоит прибавить на разработку и внедрение программы НАССР, обязательной с 2013 г., затраты на повышение квалификации персонала, рост налоговой базы, коммунальных платежей, арендной платы, маркетинговую политику. И в результате ресторанный бизнес уже не является стабильно привлекательным в плане получения прибыли. На рисунке 3 наглядно приводится соотношение объема инвестиций и оборота в общественном питании за период 2010–2019 гг. в городе Улан-Удэ.

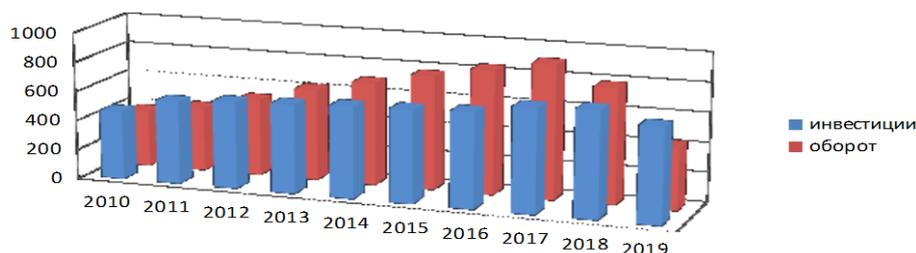


Рисунок 3 – Объем инвестиций и оборота (млн. руб) в общественном питании на период 2010–2019 гг. в городе Улан-Удэ

Figure 3 - The volume of investments and turnover (million rubles) in public catering for the period 2010-2019 in Ulan-Ude

Анализ соотношения уровня инвестиций и оборота в индустрии общественного питания в городе Улан-Удэ за прошедшее десятилетие показывает рост этих показателей до 2017 г., что говорит об экономической эффективности и даже получения чистой прибыли предприятиями с 2013 по 2017 гг., а, следовательно, и окупаемость вложений. Однако в последние два года наблюдается достаточно резкое снижение получения дивидендов [10]. Сказывается сокращение количества заведений и снижение уровня дохода населения, и, как следствие, уменьшение потребности в услуге общественного питания. Люди все чаще стали делать выбор в пользу домашнего питания, даже на работе пользоваться принесенными обедами из дома. В предшествующие годы наметилась тенденция на стабилизацию и увеличение оборота общественного питания. Необходимо отметить, что, несмотря на возникающие трудности за последние годы, многие рестораторы подстроились под новую экономическую реальность через обращение к продукции местных производителей, изменения в меню в сторону удешевления, для привлечения посетителей предлагаются разные форматы обслуживания. Многие предприятия питания города Улан-Удэ стали уделять особое внимание корпоративному обучению обслуживающего персонала с целью формирования положительных впечатлений у посетителей и создания благоприятного имиджа в ресторанной индустрии. Получили развитие современные форматы заведений, такие как фудмаркеты и фуд-корты в торговых центрах, которые представлены несколькими предприятиями питания в одном месте, с узким ассортиментом блюд, демократичной формой обслуживания (самообслуживание), использование одноразовой посуды и упаковки блюд и изделий. Рестораны и кафе привлекают посетителей уже не только возможностью покушать, но и ориентируются на семейный формат посещения. Для этого организованы детские комнаты, работают аниматоры. Например, ресторан «Чайхона Сахар», кафе «Эфир». Помимо организации детского досуга в этих заведениях предусмотрены проведение детских праздников, повара проводят мастер-классы для детей.

Текущий 2020 г. провел проверку на способность выживания. Так, вполне стабильный период – начало года (январь–февраль) отмечен самыми разноплановыми событиями в индустрии питания города – празднование новогодних дней и праздника Сагаалган, сменился полным закрытием предприятий питания для населения (апрель–май). Этот

фактор показал негативные стороны ресторанного бизнеса. Многие сотрудники предприятий не были трудоустроены официально, соответственно они не состояли на учете в Центре занятости и не смогли в период самоизоляции воспользоваться выплатами, гарантированными государством, а руководство некоторых предприятий не сочли необходимым поддержать своих сотрудников. И здесь имеет место быть, не столько нежелание оказать финансовую поддержку, столько отсутствие возможностей. У предпринимателей не оказалось «свободных» денежных средств для выплат. Однако в некоторых предприятиях всё-таки нашли способ поддержки своих сотрудников в натуральном виде – продуктами. В летнее время возможность начала своей деятельности представилась в основном более крупным заведениям города с доставки блюд по заказу. Последующее открытие предприятий питания связывалось с введением новых правил санитарного надзора, которые требовали новых вложений. А одновременное снижение спроса услуги питания не всегда оправдывает общую деятельность предприятия. Многие предприниматели либо закрывают свой ресторанный бизнес, либо сокращают сотрудников. Как результат, в настоящее время наблюдается достаточно медленное оживление в сфере общественного питания в городе Улан-Удэ.

Таким образом, можно сделать вывод, что сфера общественного питания города Улан-Удэ находится в прямой зависимости от таких факторов, как экономическая ситуация государства и региона; благосостояния населения; конкурентоспособной политики самого предприятия; квалификации персонала. На основании проведенного анализа индустрии питания города Улан-Удэ за долгосрочный период позволило сформулировать основные положения по данной сфере для программы социально-экономического развития города Улан-Удэ, на следующее десятилетие заключающиеся в следующем:

- разработка региональных мероприятий поддержки предпринимателей в сфере общественного питания;
- проведение санитарно-гигиенического обучения персонала;
- проведение мероприятий повышающих квалификацию работников индустрии питания (мастер-классы, семинары, курсы и др.);
- создание методологического консультационного центра индустрии питания города Улан-Удэ;
- развитие логистической системы това-

родвижения, создающей благоприятные возможности для местных товаропроизводителей (предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, фермеров, сельхозтоваропроизводителей).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rocha Lamprini Zamioudi, Rita Pacheco // *Food Control*. 2014. Vol. 39. P. 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.10.035>.
2. Бадмаева И.И., Хамаганова И.В. Состояние сферы общественного питания г. Улан-Удэ // *Вестник ВСГУТУ*. 2016. № 6 (63). С. 5–12.
3. Национальная кухня Бурятии. Блюда из баранины : учеб. пособие / И.В. Хамаганова [и др.]. Улан-Удэ : ВСГУТУ, 2020. 72 с.
4. Tuomi A. Tussyadiyah Lis P. Building the sociomateriality of food service / Aarni Tuomi. *International Journal of Hospitality Management*. 2020. Vol. 89. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102553>.
5. Gastronomic festivals: attitude, motivation and satisfaction of the tourist / T. López-Guzmán & all. // *British Food Journal*. 2017. Vol. 119. P. 267–283. <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2016-0246>.
6. Bukharov I. Berezka S. The role of tourist gastronomy experiences in regional tourism in Russia // *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*. 2018. Vol. 10. P. 449–457. <https://doi.org/10.1108/WHATT-03-2018-0019>.
7. Kraak Vivica I. Food service and restaurant sectors // *Healthy and Sustainable Food Systems*. 2019. P. 103–113. DOI: 10.4324/9781351189033-9.
8. Spence C. On the changing colour of food & drink // *International Journal of Gastronomy and Food Science* 17:100161. 2019. DOI:10.1016/j.ijgfs.2019.100161.
9. Kuo Su-Hui, Lin Hung-Chou. Effects of Food Environments and Eating Environments on Consumers Food Consumption // *Journal of Food Quality*. 2019. Vol. 2019. P. 1–7. <https://doi.org/10.1155/2019/7237602>.
10. Сандакова Н.Ю., Вайрах Т.А. Анализ рынка общественного питания Республики Бурятия на современном этапе: проблемы и перспективы развития. Материалы 23 Международной научно-практической конференции «Экономика и управление: современные вызовы, тенденции и перспективы развития» // *Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления*. Улан-Удэ: ВСГУТУ. 2019. С. 298–303.

Информация об авторах

И. В. Хамаганова – д.т.н., доцент, заведующая кафедрой «Технология продуктов общественного питания», *Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления*.

И. И. Бадмаева – к.т.н., доцент кафедры «Технология продуктов общественного питания», *Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления*.

С. В. Цырендоржиева – к.т.н., доцент кафедры «Технология продуктов общественного питания», *Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления*.

З. М. Намсараева – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Технология продуктов общественного питания», *Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления*.

В. А. Аникина – к.т.н., ассистент кафедры «Технология продуктов общественного питания», *Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления*.

REFERENCES

1. Rocha, Lamprini Zamioudi, Rita Pacheco (2014). *Food Control*, (39), 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.10.035>.
2. Badmaeva, I.I. & Khamaganova, I.V. (2016). The state of the public catering sector in Ulan-Ude. *Bulletin of VSGUTU*, 6 (63), 5-12. (In Russ.).
3. Khamaganova, I.V., Tsyrendorzhieva, S.V., Badmaeva, I.I., Khaidapov, B.A., Namsaraeva, Z. M. & Khanturgaeva, V.A. (2020). *National cuisine of Buryatia. Lamb dishes: textbook. allowance*. Ulan-Ude: VSGUTU.
4. Tuomi, A., Tuomi, Aarni & Tussyadiyah, Lis P. (2020). Building the sociomateriality of food service. *International Journal of Hospitality Management*, (89). (In Russ.). <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102553>.
5. López-Guzmán, T., Uribe, C.P., Lotero, Pérez Gálvez, J.C. & Ríos, I. (2017). Rivera Gastronomic festivals: attitude, motivation and satisfaction of the tourist. *British Food Journal*, (119), 267-283. <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2016-0246>.
6. Bukharov, I. & Berezka, S. (2018). The role of tourist gastronomy experiences in regional tourism in Russia. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, (10), 449-457. <https://doi.org/10.1108/WHATT-03-2018-0019>.
7. Kraak, Vivica I. (2019). Food service and restaurant sectors. *Healthy and Sustainable Food Systems*, 103-113. DOI: 10.4324 / 9781351189033-9.
8. Spence, C. (2019). On the changing color of food & drink. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, (17), 100161. DOI: 10.1016 / j.ijgfs.2019.100161.
9. Kuo, Su-Hui & Lin, Hung-Chou. (2019). Effects of Food Environments and Eating Environments on Consumers Food Consumption. *Journal of Food Quality*, (2019), 1-7. <https://doi.org/10.1155/2019/7237602>.
10. Sandakova, N.Yu. & Vairakh, T.A. (2019). Analysis of the public catering market of the Republic of Buryatia at the current stage: problems and development prospects. *Materials of the 23rd International Scientific and Practical Conference "Economy and management: modern challenges, trends and development prospects"*. East Siberian State University of Technologies and Management. Ulan-Ude: VSGUTU, P. 298-303. (In Russ.)

Information about the authors

I. V. Khamaganova – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Technology of Public Catering Products", East Siberian State University of Technology and Management.

I. I. Badmaeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technology of Public Catering Products", East Siberian State University of Technology and Management.

S. V. Tsyrendorzhieva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the

Department of Technology of Public Catering Products, East Siberian State University of Technology and Management.

Z. M. Namsaraeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Public Food Products, East Siberian State University of Technology and Management.

V. A. Anikina – Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department of Technology of Public Catering Products, East Siberian State University of Technology and Management.

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

Статья поступила в редакцию 17.02.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 27.05.2021.

The article was received by the editorial board on 17 Feb 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 27 May 21.



Научная статья

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

УДК 613.292

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.023

РАЗРАБОТКА ПРОДУКТОВ ГЕРОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

Ирина Валерьевна Соболев¹, Людмила Яковлевна Родионова²,

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

¹ v-sobol@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1051-4016>

² rodionova-z@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4159-0794>

Аннотация. Повышение продолжительности жизни населения в мире является двойственным процессом. С одной стороны, это свидетельствует об улучшении качества жизни, с другой стороны, изменения, происходящие в организме, требуют более тщательного отношения к образу жизни, физическим нагрузкам, питанию. Замедление общего обмена веществ в организме влечет за собой снижение активности процессов синтеза и превращений белков, углеводов, жиров, поступающих с пищей. Усиливается реакция организма на негативное воздействие внешней среды. Специалисты-диетологи обращают внимание на качество и количество потребляемой пищи. Она должна быть богата белками, сложными углеводами, витаминами и минеральными веществами. Особенно это относится к плодово-овощной продукции. Одними из ценных продуктов, которые могут использоваться в геронтологическом питании, являются цветная капуста и топинамбур. В своем составе эти овощи содержат белки, витамины, пищевые волокна, минеральные вещества. Разработанный продукт для геронтологического питания содержит цветную капусту и топинамбур, а также свекловичный пектиновый экстракт. При разработке рецептуры нового продукта учитывали особенности организма пожилых людей, снижение потребления овощной продукции, общий недостаток в потреблении белков, витаминов, пищевых волокон. В готовом продукте содержится не менее 15 % от суточной нормы потребления витамина С и пектиновых веществ. Разработанный продукт рекомендуется для потребления лицам пожилого возраста, а также людям, следящим за своим здоровьем и ведущим активный образ жизни.

Ключевые слова: геронтологическое питание, повышенная пищевая ценность, цветная капуста, топинамбур, пектиновый экстракт.

Благодарности: авторы выражают признательность коллегам за помощь.

Для цитирования: Соболев И. В., Родионова Л. Я. Разработка продуктов геронтологического питания повышенной пищевой ценности // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 168–174. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.023.

Original article

DEVELOPMENT OF GERONTOLOGICAL FOOD OF INCREASED NUTRITIONAL VALUE

Irina V. Sobol¹, Ludmila Ya. Rodionova²

^{1,2} Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

¹ v-sobol@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1051-4016>

² rodionova-z@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4159-0794>

© Соболев И. В., Родионова Л. Я., 2021

РАЗРАБОТКА ПРОДУКТОВ ГЕРОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

Abstract. *The increase in the life expectancy of the world's population is a dual process. On the one hand, this indicates an improvement in the quality of life, on the other hand, changes in the body require a more careful attitude to lifestyle, physical activity, nutrition. The slowdown of the general metabolism in the body entails a decrease in the activity of the processes of synthesis and conversion of proteins, carbohydrates, and fats from food. The body's reaction to the negative effects of the external environment is increasing. Nutritionists pay attention to the quality and quantity of food consumed. It should be rich in proteins, complex carbohydrates, vitamins and minerals. This is especially true for fruits and vegetables. Some of the valuable foods that can be used in gerontological nutrition are cauliflower and Jerusalem artichoke. In their composition, these vegetables contain proteins, vitamins, dietary fiber, minerals. The developed product for gerontological nutrition contains cauliflower and Jerusalem artichoke, as well as beet pectin extract. When developing the formulation of a new product, the characteristics of the body of the elderly, a decrease in the consumption of vegetable products, a general lack of consumption of proteins, vitamins, and dietary fiber were taken into account. The finished product contains at least 15 % of the daily intake of vitamin C and pectin substances. The developed product is recommended for consumption by elderly people, as well as people who take care of their health and lead an active lifestyle.*

Keywords: *gerontological nutrition, increased nutritional value, cauliflower, Jerusalem artichoke, pectin extract.*

Acknowledgements: *the author expresses gratitude to his colleagues for their help.*

For citation: Sobol, I. V. & Rodionova, L. Ya. (2021). Development of gerontological food of increased nutritional value. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 168-174. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.023.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отмечено существенное старение населения в России и в мире. Доля пожилых людей старше 65 лет в разных странах Европы в последние годы возросла до 20 % и выше. Так, например, в Болгарии и Греции эта цифра составляет 20,6 %, Португалии, Финляндии и Германии – 21,5 %, Италии – 23 %, Японии – 27 % [8, 13, 17].

Продолжительность жизни россиян в 2018 году также преодолела 70-летний барьер и составляет в настоящее время в среднем 72,5 года. Общее количество пожилых людей – более 14 % всего населения России. Это явилось одним из факторов развития науки геронтологии, которая занимается исследованием факторов и механизмов старения организма человека, изучением влияния различных причин на продолжительность жизни.

Старение организма обусловлено протеканием множества процессов, формирующих морфологические изменения. Прежде всего эти изменения связаны с замедлением метаболических процессов организма и снижением его адаптивных возможностей. Замедление обменных процессов влечет за собой снижение процессов синтеза таких необходимых организму веществ, как белки, ферменты, гормоны и др. Замедление превращений поступающих в организм сахаров и жиров, замедление различных ферментативных реакций. Изменение метаболизма неразрывно связано и с функционированием таких

важнейших органов, как сердце, печень, почки, желудочно-кишечный тракт. Замедление выведения продуктов распада органических веществ приводит к их накоплению в организме и появлению различных возрастных заболеваний. Эти процессы могут усиливаться на фоне снижения физической активности. В результате наблюдается общее старение клеток, снижение восстановления ресурсов клетки, изменение работы пищеварительной системы [7, 9, 12].

У лиц пожилого возраста чаще наблюдается изменения системы питания, связанные с недостаточным потреблением белков, сложных углеводов, минеральных веществ и витаминов. Усиливается восприимчивость всех органов к накапливающимся в желудочно-кишечном тракте токсичным соединениям. Возникает необходимость использования легкоусвояемых продуктов. Однако при этом рацион пожилых людей обязательно должен включать улучшающие и стимулирующие обмен веществ продукты, содержащие в своем составе витамины, макро- и микроэлементы, ненасыщенные жирные кислоты, полноценные белки, пищевые волокна и т. п.

Таким образом, при разработке геронтологических продуктов питания необходимо учитывать все вышеприведенные условия: замедленный обмен веществ организма, поступление обязательных макро- и микронутриентов, возможные сопутствующие заболевания [20, 21, 22].

Следует отметить, что при построении и разработке рациона питания для пожилых людей особую значимость играет принцип энергетического баланса поступающей пищи и имеющихся фактических энергозатрат.

Предпочтение следует отдавать нежирным сортам мяса, морской рыбе, плодам, овощам, зерновым и зернобобовым продуктам. Мясные и рыбные продукты поставляют в организм полноценные белки и жирорастворимые витамины, растительные продукты улучшают моторику кишечника, обогащают организм витаминами и минералами, выводят из организма токсичные вещества [10, 15, 19, 25]. Диетологи рекомендуют ежедневно употреблять овощи и фрукты в свежем или переработанном виде. Овощи в числе других продуктов диетологи относят к геропротекторам – продуктам, замедляющим процесс старения.

Таким образом, целью исследования стала разработка новых продуктов для геродиетического питания повышенной пищевой ценности на основе овощей.

МЕТОДЫ

Объектами исследования были выбраны цветная капуста сорта Бора и топинамбур сорта Скороспелка.

Цветная капуста сорта Бора имеет округлые головки, плотные, с грубой бугристой поверхностью белого цвета, средняя масса 800–1000 г. Сорт Бора районирован для южных регионов, отличается ранним сроком созревания, высокой урожайностью и устойчивостью к микробиологическим заболеваниям.

Топинамбур сорта Скороспелка относится к сортам раннего срока созревания. Имеет клубни средней величины, округлой формы. Кожица клубней светло-коричневого цвета. Сорт отличается высокой устойчивостью к низким температурам и болезням. Районирован для центральных и южных районов.

Определение органолептических показателей разработанного продукта проводилось в соответствии с ГОСТ 8756, определение содержания пектиновых веществ – кальций-пектатным методом [26], массовую долю белков определяли по ГОСТ 32217-2013, содержание сахаров – по ГОСТ 8756.13-76, содержание кислот – по ГОСТ ISO 750-2013, содержание сухих веществ – по ГОСТ ISO 2173-2013, витамина С – по ГОСТ 24556, витаминов группы В и минеральных веществ по стандартным методикам [5, 26], содержание железа – по ГОСТ 26928-86, меди – по ГОСТ 33824-16, фосфора – по ГОСТ 30615-99.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Необходимость белков для организма человека доказана давно и не вызывает сомнений. Эта важнейшая группа веществ является строительным материалом, который формирует все органы и системы организма, регулируя и происходящие обменные процессы. Недостаток белков может вызывать нарушения в работе нервной системы, сердечно-сосудистой, работе желез внутренней секреции, снижается сопротивляемость организма к инфекциям.

В пожилом возрасте снижается усвояемость белков. Однако потребление белка должно оставаться на уровне 1,0–1,5 г на 1 кг массы тела. При этом предпочтение следует отдавать белкам растительного происхождения.

Ценными видами сырья, содержащими в своем составе белки, являются такие овощи, как цветная капуста и топинамбур.

Пищевые волокна, содержащиеся в цветной капусте, способствуют нормализации работы желудочно-кишечного тракта. В соцветиях цветной капусты содержится глюкорафинин. Он защищает желудок, снижает риск развития гастрита и язвенной болезни. Вещества цветной капусты способствуют профилактике раковых заболеваний. Высокое содержание калия (до 210 мг) улучшает работу сердечно-сосудистой системы. В цветной капусте содержится целый комплекс органических кислот: лимонная, тартроновая, яблочная; а также высокое количество пищевых волокон [6, 10, 19].

Цветная капуста отличается низкой калорийностью. Энергетическая ценность цветной капусты очень низкая, всего 30 ккал на 100 г.

В клубнях топинамбура находится большое количество важных соединений, поддерживающих работу эндокринной системы. Клубни спелого топинамбура содержат белки; углеводы; инулин; фруктозу; микроэлементы; азотистые вещества; витамины [1, 2, 16, 18].

Топинамбур может использоваться в качестве продукта для профилактики многих заболеваний. Микроэлементы (железо) улучшают структуру крови и повышают уровень гемоглобина в крови.

Соли калия, содержащиеся в составе клубней, улучшают водно-солевой баланс организма, препятствуют развитию болезней опорно-двигательного аппарата, снижают возможность отложения солей в суставах. Незаменимые аминокислоты и микроэлементы усиливают синтез коллагена, способствуют улучшению состояния кожи.

**РАЗРАБОТКА ПРОДУКТОВ ГЕРОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ
ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ**

Таблица 1 – Витамины и минеральные вещества

Table 1 - Vitamins and minerals substances

| Наименование | Содержание | |
|----------------------|-----------------|--------------|
| | Цветная капуста | Топинамбур |
| 1 | 2 | 3 |
| Витамины | | |
| В1, мг | 0,12± 0,02 | 0,14± 0,01 |
| В4, мг | 42,22± 0,02 | 25,73± 0,04 |
| В5, мг | 0,81± 0,05 | 0,27± 0,04 |
| В9, мкг | 21,24± 0,01 | 11,71± 0,02 |
| С, мг | 50,09± 0,03 | 4,32± 0,03 |
| К, мг | 13,55± 0,02 | 0,13± 0,01 |
| РР, мг | 1,40± 0,04 | 1,17± 0,03 |
| Минеральные вещества | | |
| Калий, мг | 198,14± 0,03 | 410,37± 0,04 |
| Магний, мг | 15,36± 0,03 | 15,22± 0,03 |

Продолжение таблицы 1 / Continuation of table

| 1 | 2 | 3 |
|-------------|-------------|--------------|
| Кальций, мг | 24,44± 0,02 | 12,65± 0,01 |
| Фосфор, мг | 47,81± 0,04 | 72,10± 0,02 |
| Железо, мг | 3,15± 0,01 | 3,23± 0,04 |
| Медь, мкг | 39,11± 0,02 | 128,14± 0,03 |

Содержание витаминов и микроэлементов в свежем сырье представлено в таблице 1.

Топинамбур рекомендуется специалистами как один из продуктов, применяемых в профилактике онкологических заболеваний и для улучшения метаболизма при разных стадиях ожирения [2, 6, 22].

Для разработки нового продукта питания проводили определение показателей качества исследуемых овощей. Полученные данные представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2 – Органолептическая характеристика исследуемых овощей

Table 2 - Organoleptic characteristics of the studied vegetables

| Показатель | Описание | |
|--|---|--|
| Внешний вид | Цветная капуста целая, свежая, чистая, механические повреждения и повреждения вредителями отсутствуют | Клубни топинамбура целые, не поврежденные, удлиненной формы, без излишней влажности |
| Цвет и форма | Головки капусты округлой формы, белого цвета | Цвет клубней светло-коричневый, цвет мякоти при разрезе – светло-желтый, форма клубней – удлиненная |
| Запах и вкус | Свойственный свежей цветной капусте, без постороннего запаха | Свойственный свежему топинамбуру, без постороннего запаха, вкус – сладковатый, без постороннего привкуса |
| Наличие сельскохозяйственных вредителей головок капусты, поврежденных сельскохозяйственными вредителями гнилых и испорченных | отсутствуют | отсутствуют |

Таблица 3 – Показатели физико-химического состава свежих овощей

Table 3 - Indicators of the physical and chemical composition of fresh vegetables

| Показатель | Цветная капуста | Топинамбур |
|----------------------------|-----------------|-------------|
| М.Д. * сухих веществ, % | 4,0 ± 0,01 | 20,2 ± 0,03 |
| М.Д. общих кислот, % | 0,1 ± 0,03 | 0,12 ± 0,01 |
| М.Д. белков, % | 1,98 ± 0,02 | 2,3 ± 0,02 |
| М.Д. витамина С, мг/100г | 43,34 ± 0,01 | 6,27 ± 0,04 |
| М.Д. сахаров, % | 2,26 ± 0,04 | 4,56 ± 0,04 |
| М.Д. пектиновых веществ, % | 1,5 ± 0,03 | 7,88 ± 0,02 |

* М.Д. – массовая доля

Полученные данные свидетельствуют о высоком содержании белков в цветной капусте и топинамбуре – 1,98 и 2,3 % (соответственно), пектиновых веществ – 1,5 и 7,88 % и витамина С – 43,34 и 6,27 мг/100 г.

Таким образом, в результате определения показателей качества исследуемых образцов сырья: капусты цветной и топинамбура, –

установлено, что образцы соответствуют требованиям действующих нормативных документов, обладают высокой пищевой ценностью и могут быть использованы для разработки продуктов для геродиетического питания.

Для получения нового продукта головки цветной капусты осматривали на наличие повреждений и вредителей, мыли, очищали от

листьев, разрезали на соцветия небольшого размера и бланшировали в кипящей воде в течение 10 мин. Клубни топинамбура осматривали, мыли, очищали от кожицы, резали на кружки толщиной 0,5 см и бланшировали в кипящей воде в течение 15 мин. Затем подготовленные овощи укладывали в стеклянные банки объемом 500 мл, заливали заранее подготовленной заливкой, укупоривали и стерилизовали. В состав заливки вводили свекловичный пектиновый экстракт, соль, сахар, лавровый лист, перец душистый, корицу, гвоздику.

Свекловичный пектиновый экстракт представляет собой полупрозрачную жидкость со слабой опалесценцией с содержанием пектиновых веществ 1,23 %. Пектиновые

вещества в экстракте находятся в растворимой форме и поэтому лучше усваиваются организмом человека. Комплексообразующая способность пектинового экстракта составляет 112 мг Pv^{2+} /мл. Комплексообразующая способность – это свойство пектиновых веществ образовывать нерастворимые комплексы с тяжелыми металлами, радионуклидами, токсинами и выводить их из организма человека [3, 4, 11, 14, 23, 24].

Полученный продукт выдерживали в течение 1 месяца и затем оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям. Полученные результаты представлены в таблицах 4, 5.

Таблица 4 – Описание разработанного продукта «Долголетие»

Table 4 - Description of the developed product "Longevity"

| Показатель | Описание |
|------------------|---|
| Внешний вид | Нарезанные соцветия цветной капусты и кружки топинамбура однородные по размерам, не разваренные |
| Вкус и запах | Приятный, сладковато-кислый |
| Цвет | Цвет овощей характерный для свежих продуктов |
| Консистенция | Овощи плотные, но не жесткие, не разваренные |
| Качество заливки | Заливка прозрачная, с желтоватым оттенком |

Результаты физико-химических исследований показывают высокое содержание в готовом продукте белков (1,99 %), пектиновых веществ (1,14 %) и витамина С (18,24 мг%).

Рассчитанная энергетическая ценность разработанного продукта составила 124 ккал.

Срок хранения нового продукта 12 месяцев, при температуре 0–25 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %.

Таблица 5 – Физико-химические показатели разработанного продукта «Долголетие»

Table 5 - Physical and chemical indicators of the developed product "Longevity"

| Показатель | Описание |
|--|--------------|
| М.Д. * овощей от массы нетто консервов, % | 55,0 ± 0,03 |
| М.Д. сухих веществ, % | 6,2 ± 0,03 |
| М.Д. общих кислот, % | 0,3 ± 0,02 |
| М.Д. белков, % | 1,99 ± 0,04 |
| М.Д. сахаров, % | 0,69 ± 0,02 |
| М.Д. пектиновых веществ, % | 1,14 ± 0,05 |
| М.Д. хлоридов, % | 0,26 ± 0,02 |
| М.Д. витамина С, мг % | 18,64 ± 0,02 |
| Комплексообразующая способность, мг Pv^{2+} /г пектина | 135,7 ± 0,01 |

*МД – массовая доля

ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований был разработан новый пищевой продукт повышенной пищевой ценности, рекомендуемый для геронтологического питания. Продукт содержит повышенное количество белков, витамина С и пектиновых веществ. Потребление разработанного продукта людьми пожилого возраста поможет восполнить для

организма недостаток витамина С как необходимого антиоксиданта, повысить потребление пищевых волокон и улучшить функции желудочно-кишечного тракта, дополнить ежедневный рацион дополнительным количеством белков.

Разработанный продукт может использоваться в качестве гарнира к мясным и рыбным блюдам, а также как ингредиент для приготовления разнообразных салатов и закусок.

РАЗРАБОТКА ПРОДУКТОВ ГЕРОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена оценка исследуемого овощного сырья с целью получения нового продукта для геродиетического питания. Определена высокая пищевая ценность свежей цветной капусты и топинамбура и возможность их использования при разработке нового продукта. Описаны основные технологические процессы производства продукта, изучены его органолептические и физико-химические показатели. Подтверждено высокое содержание белков и пектиновых веществ в готовом продукте, установлена высокая комплексобразующая способность продукта, что позволяет рекомендовать разработанный продукт для геронтологического питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наумова Н.Л., Каменева К.С., Щевьева К.В. Об эффективности применения порошка из клубней топинамбура в рецептуре зернового хлеба // Ползуновский вестник. 2019. № 1. С. 71–75. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.01.013.
2. Шаненко Е.Ф., Силаева М.А., Ермолаева Г.А. Топинамбур – сырье профилактического питания // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 52. С. 219–220.
3. Пищевые волокна и заболевания желудочно-кишечного тракта / Д.О. Боков [и др.] // Вопросы питания. 2015. Т. 84. № 52. С. 19–20.
4. Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. М.: ДеЛи принт, 2007. 276 с.
5. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Ленинград: Колос, 1972. 456 с.
6. Научно-практические возможности использования овощного сырья в технологии пищевых продуктов диетического назначения / Е. А. Молибога [и др.] // Ползуновский вестник, 2019. № 4. С. 43–46. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.010.
7. Пузин С.Н., Погожева А.В., Потапов В.Н. Оптимизация питания пожилых людей как средство профилактики преждевременного старения // Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 4. С. 69–77.
8. Изучение состояния пищевого и энергетического статуса в возрастном аспекте / А.В. Погожева [и др.] // Вопросы питания. 2015. № 3. С. 156–157.
9. Изучение питания и пищевого статуса у лиц пожилого возраста / А.В. Погожева [и др.] // Клиническая геронтология. 2017. Т. 23. № 9–10. С. 99.
10. Bauer J., Biolo G., Cederholm T., Bauer J. Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people: a position paper from the PROT-AGE Study Group // J. Am. Med. Dir. Assoc. 2013. Vol. 14. P. 542–559.
11. Тутельян В.А., Байгарин Е.К., Погожева А.В. Пищевые волокна: гигиеническая характеристика и оценка эффективности. М.: СВР-АРГУС, 2012. 244 с.
12. Погожева А.В. Ешь, пей, молодежь. Уникальные принципы геродиетии – здорового питания в пожилом возрасте. М.: АСТ, 2015. 350 с.
13. Beasley, J.M. The Role of Dietary Protein Intake in the Prevention of Sarcopenia of Aging / J.M. Beasley, J.M. Shikany, C.A. Thomson // Nutrition in Clinical Practice. 2013. Vol. 28. I. 6. P. 684–690.
14. Gariballa S., Forster S. Effects of dietary supplements on depressive symptoms in older patients: a randomized doubleblind placebo-controlled trial // Clinical Nutrition. 2007. 26 (5). P. 545–551.
15. Петров А.Н., Григорьев Ю.Г., Козловская С.Г. Геродиетические продукты функционального назначения. М.: Колос, Пресс, 2001. 95 с.
16. Разработка концентратов для новых витаминизированных диетических и профилактических напитков на основе топинамбура / Е.Ф. Шаненко [и др.] // Пищевая промышленность. 2018. № 3. С. 86–89.
17. Кудревич Ю.В. Современные теории старения организма // Южно-уральский медицинский журнал. 2014. № 4. С. 43–47.
18. Изучение влияния продуктов переработки топинамбура на гликемический индекс хлеба из пшеничной муки / О.С. Восканян [и др.] // Пищевая промышленность. 2018. № 6. С. 44–46.
19. Кайшев В.Г., Серегин С.Н. Функциональные продукты питания: основа для профилактики заболеваний, укрепления здоровья и активного долголетия // Пищевая промышленность. 2017. № 7. С. 8–14.
20. Harman D. Aging a theory based on free radicals and radiation chemistry // Journal of gerontology. 1956. V. 11. № 3. P. 298–300.
21. Асланова М.А., Деревицкая О.К., Солдатов Н.Е. Функциональный напиток для людей пожилого возраста // Пищевая промышленность. 2019. № 9. С. 62–65.
22. Продукты геродиетического питания. Перспективные исследования / С.В. Фелик [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. № 4. С. 43–48.
23. Комплексная переработка свеколочного жомы с использованием методов биотехнологии / И.В. Соболев [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123. С. 79–89.
24. Соболев И.В., Родионова Л.Я., Барышева И.Н. Изучение возможности получения пектиновых экстрактов высокой чистоты // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123. С. 917–929.
25. INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR COMPLEX PROCESSING OF PLANTS OF DIFFERENT CUCURBITS SPECIES / L.V. Donchenko & all. // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness, TSIA, 2019–2020. C.012009.
26. Методы контроля в пектиновом производстве / В. В. Нелина [и др.]. Киев, 1992. 114 с.

Информация об авторах

И. В. Соболев – к.т.н., доцент, зав. кафедрой технологии хранения и переработки растениеводческой продукции Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина.

Л. Я. Родионова – д.т.н., профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина.

REFERENCES

1. Naumova, N.L., Kameneva, K.S. & Schevieva, K.V. (2019). On the effectiveness of the application of powder from Jerusalem artichoke tubers in the recipe of grain bread. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 71-75 (in Russ). doi: 10.25712 / ASTU.2072-8921.2019.01.013.
2. Shanenko, E.F., Silaeva, M.A. & Ermolaeva, G.A. (2016) Jerusalem artichoke - raw material for preventive nutrition. *Questions of nutrition*, (85), (52), 219-220 (in Russ).
3. Bokov, D.O., Malinkin, A.D., Bessonov, V.V. & Baigarin, E.K. (2015). Dietary fibers and diseases of the gastrointestinal tract. *Questions of nutrition*, v. (84), No. 52, 19-20. (in Russ).
4. Donchenko, L.V. & Firsov, G.G. (2007). Pectin: basic properties, production and application. Moscow: DeLi print (in Russ).
5. Ermakov, A.I. (1972). Methods of biochemical research of plants. Leningrad: Kolos. (in Russ).
6. Moliboga, E.A., Pogorelova, N.A., Zinich, A.V., Grishina, E.S. & Shchetinina, I.M. (2019). Scientific and practical possibilities of using vegetable raw materials in the technology of food products for dietary purposes. *Polzunovskiy vestnik*, (4), 43-46. (in Russ). doi: 10.25712 / ASTU.2072-8921.2019.04.010.
7. Puzin, S.N., Pogozheva, A.V. & Potapov, V.N. (2018). Optimization of nutrition in residential people as a means of preventing premature aging. *Nutrition issues*, T.87, (4), 69-77. (in Russ).
8. Pogozheva, A.V. [et al.]. (2015). Studying the state of food and energy status in the age aspect. *Nutrition issues*, (3), 156-157. (in Russ).
9. Pogozheva, A.V. [et al.]. (2017). Study of nutrition and nutritional status in the elderly. *Clinical gerontology*, T.23, (9-10), 99. (in Russ).
10. Bauer, J., Biolo, G., Cederholm, T. & Bauer, J. (2013). Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people: a position paper from the PROT-AGE Study Group. *J. Am. Med. Dir. Assoc.*, (14), 542-559.
11. Tutelyan, V.A. Baigarin, E.K. & Pogozheva, A.V. (2012). Dietary fibers: hygienic characteristics and efficiency assessment/ Moscow: SvR-ARGUS. (in Russ).
12. Pogozheva, A.V. (2015). Eat, drink, younger. Unique principles of gerodietics - healthy nutrition in old age. Moscow: AST. (in Russ).
13. Beasley, J.M., Shikany, J.M. & Thomson, C.A. (2013). The Role of Dietary Protein Intake in the Prevention of Sarcopenia of Aging. *Nutrition in Clinical Practice*, Vol. 28, (6), 684-690.
14. Gariballa, S. & Forster, S. Effects of dietary supplements on depressive symptoms in older patients: a randomized doubleblind placebo-controlled trial. *Clinical Nutrition*. 2007. 26 (5). P. 545-551.
15. Petrov, A.N., Grigoriev, Yu.G. & Kozlovskaya, S.G. (2001). Herodietic products for functional purposes. Moscow: Kolos. (in Russ).
16. Shanenko, E.F. [et al.]. (2018). Development of concentrates for new fortified dietary and preventive drinks based on Jerusalem artichoke (2018). *Food industry*, (3), 86-89. (in Russ).
17. Kudrevich, Yu.V. (2014). Modern theories of the aging of the body. *South Ural Medical Journal*, (4), 43-47. (in Russ).
18. Voskanyan, O.S., Nikitin, I.A. & Semenikina, N.G. (2018). Study of the effect of Jerusalem artichoke processing products on the glycemic index of bread from wheat flour. *Food industry*, (6), 44-46. (in Russ).
19. Kaishev, V.G. & Seregin, S.N. (2017). Functional food products: the basis for the prevention of diseases, health promotion and active longevity. *Food industry*, (7), 8-14. (in Russ).
20. Harman, D. Aging a theory based on free radicals and radiation chemistry / D. Harman // *Journal of gerontology*. 1956. V.11. No. 3. P. 298-300.
21. Aslanova, M.A., Derevitskaya, O.K. & Soldatova, N.E. (2019). Functional drink for the elderly. *Food industry*, (9), 62-65. (in Russ).
22. Felik, S.V., Antipova, T.A., Simonenko, S.V. & Sidorova, E.V. (2019). Products of the dietary food. Perspective research. *Food industry*, (4), 43-48. (in Russ).
23. Sobol, I.V., Belogorets, A.N., Gneush, A.N. & Petenko, A.I. (2016). Complex processing of beet pulp using biotechnology methods. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, (123), 79-89. (in Russ).
24. Sobol, I.V., Rodionova, L.Ya. & Barysheva, I.N. (2016). Study of the possibility of obtaining pectin extracts of high purity. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, (123), 917-929. (in Russ).
25. Donchenko, L.V. Sobol, I.V., Rodionova, L.Y., Vlaschik, L.G. & Vnukova, T.N. (2019). INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR COMPLEX PROCESSING OF PLANTS OF DIFFERENT CUCURBITS SPECIES. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science. Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness*, TSIA, 2019. 2020. C.012009.
26. Nelina, V.V., Donchenko, L.V., Karpovich, N.S. & Ignatieva, G.N. (1992). Control methods in pectin production. Kiev. (in Russ).

Information about the authors

I. V. Sobol – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head. Department of technology for storage and processing of crop products of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.

L. Ya. Rodionova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Storage Technology and Processing Plant Products of the 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 16.02.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 27.05.2021.

The article was received by the editorial board on 16 Feb 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 27 May 21.



РАЗДЕЛ 2. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Научная статья

05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)

УДК 678

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.024

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ АРМИРОВАННЫХ БАЗАЛЬТОВОЙ ТКАНЬЮ

Афанасий Алексеевич Дьяконов¹, Сандал Степанович Аммосов²,
Прасковья Николаевна Тарасова³, Айталипа Алексеевна Охлопкова⁴,
Сардана Афанасьевна Слепцова⁵, Наталия Николаевна Петрова⁶,
Анатолий Константинович Кычкин⁷, Айсен Анатольевич Кычкин⁸,
Алексей Геннадьевич Туисов⁹

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия

^{1, 7} Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, Якутск, Россия,

^{3, 8, 9} Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН», Якутск, Россия

¹ afonya71185@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6959-368X>

² kakos.ykt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6538-7419>

³ pn.tarasova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8382-9735>

⁴ okhlopko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0691-7066>

⁵ ssard@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2396-3267>

⁶ pnn2002@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7699-7511>

⁷ kychkinplasma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5276-5713>

⁸ icen.kychkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1540-8140>

⁹ tuisovag@gmail.com

Аннотация. В настоящее время активно разрабатываются и изучаются гибридные композиционные материалы, усиленные базальтовой тканью, которые обладают высокой прочностью и легкостью. В работе приведены технологические процессы изготовления гибридных композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, политетрафторэтилена и бутадиен-нитрильного эластомера со слоем базальтовой ткани. По результатам исследования установлено, что введение армирующего слоя базальтовой ткани в сверхвысокомолекулярный полиэтилен и эластомер приводит к повышению прочностных свойств в ~2–2,5 раза, но также приводит к снижению упруго-деформационных свойств. Увеличение прочности композитов происходит за счет усиливающего эффекта базальтовой ткани. На микрофотографиях гибридных композитов, полученных методом сканирующей электронной микроскопии, наблюдается крепление макромолекул сверхвысокомолекулярного полиэтилена и эластомера к поверхности базальтовых волокон на границе «полимер–волокно» в процессе горячего прессования. Но при этом не происходит затекания полимеров во внутрь базальтовой ткани, что не раскрывает полный потенциал гибридных материалов на основе данных связующих. При добавлении армирующего слоя в матрицу на основе политетрафторэтилена наблюдается снижение прочностных показателей композиционного материала, которое происходит за счет низкой адгезии между полимерной матрицей и базальтовой тканью. В процессе свободного спекания полимера совместно с базальтовой тканью не происходит плотного взаимодействия макромолекул политетрафторэтилена с армирующим наполнителем. Анализ топографии низкотемпературных сколов хрупкого разрушения показал, что базальтовая ткань не образует плотного контакта с политетрафторэтиленом.

Ключевые слова: базальтовая ткань, эластомер, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, политетрафторэтилен, полимерный композиционный материал, волокно, связующее.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке МОН РФ по Государственному заданию № FSRG -2020-0017.

Для цитирования: Исследование композиционных полимерных материалов армированных базальтовой тканью / А. А. Дьяконов [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 175–181. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.024.

Original article

RESEARCH OF COMPOSITE POLYMER MATERIALS REINFORCED WITH BASALT FABRIC

Afanasii A. Dyakonov ¹, Sandal S. Ammosov ², Praskovia N. Tarasova ³,
Aitalina A. Okhlopkova ⁴, Sardana A. Sleptsova ⁵, Nataliia N. Petrova ⁶,
Anatolii K. Kychkin ⁷, Aisen A. Kychkin ⁸, Aleksei G. Tuisov ⁹

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

^{1, 7} V.P. Larionov Institute of the Physical-Technical Problems of the North, Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russia

^{8, 9} Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the RAS", Yakutsk, Russia

¹ afonya71185@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6959-368X>

² kakos.ykt@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6538-7419>

³ pn.tarasova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8382-9735>

⁴ okhlopkova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0691-7066>

⁵ ssard@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2396-3267>

⁶ pnn2002@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7699-7511>

⁷ kychkinplasma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5276-5713>

⁸ icen.kychkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1540-8140>

⁹ tuisovag@gmail.com

Abstract. Currently, hybrid composite materials reinforced with basalt fabric, which have high strength and ease, are actively being developed and studied. The paper presents technological processes of making hybrid composite materials based on ultra-high molecular weight polyethylene, polytetrafluoroethylene and butadiene-nitrile elastomer with a layer of basalt fabric. According to the results of the study, it was found that the introduction of a reinforcing layer of basalt fabric into ultra-high molecular polyethylene and elastomer leads to an increase in strength properties of ~ 2-2.5 times, but also leads to a decrease in elastic deformation properties. The increase in the strength of composites is due to the strengthening effect of basalt fabric. On micrographs of hybrid composites obtained by scanning electron microscopy, macromolecules of ultra-high molecular weight polyethylene and elastomer are fixed to the surface of basalt fibers at the polymer-fiber interface during hot pressing. However, polymers do not flow into the interior of the basalt fabric, which does not reveal the full potential of hybrid materials based on these binders. When the reinforcing layer is preadded to the polytetrafluoroethylene matrix, the strength properties of the composite material are reduced due to the low adhesion between the polymer matrix and the basalt fabric. In the process of free sintering of the polymer together with the basalt fabric, there is no strong interaction of polytetrafluoroethylene macromolecules with the reinforcing filler. Analysis of the topography of low-temperature chips of brittle fracture showed that basalt fabric does not form a tight contact with polytetrafluoroethylene.

Keywords: basalt fabric, elastomer, ultra-high molecular weight polyethylene, polytetrafluoroethylene, polymer composite material, fiber, binder.

Acknowledgements: This work was supported by the Ministry of Education and Science of the RF under State Assignment No. FSRG-2020-0017.

For citation: Dyakonov, A. A., Ammosov, S. S., Tarasova, P. N., Okhlopkova, A. A., Sleptsova, S. S., Petrova, N. N., Kychkin, A. K., Kychkin, A. A. & Tuisov, A. G. (2021). Research of composite polymer materials reinforced with basalt fabric. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 175-181. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.024.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с интенсивным развитием различных отраслей промышленности, перед материаловедами ставятся задачи по поиску и разработке кардинально новых конструктивных материалов, обладающих более высокими эксплуатационными характеристиками. Одной из таких задач является создание композитов на основе различных полимерных матриц, которые могут существенно превосходить традиционные материалы и сплавы по прочности и легкости.

К настоящему времени разработано и реализовано множество работ по модификации практически всех известных полимеров самыми различными наполнителями, отличающимися по природе, форме, дисперсности с использованием всевозможных методов и способов [1–4]. При этом для получения высокопрочных материалов преимущественно используются эпоксидные смолы, армированные непрерывными волокнами, такими как углеродные, стеклянные, базальтовые, арамидные и из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) [5, 6].

В работе рассматривается возможность армирования базальтовой тканью (БТ) таких полимерных материалов, как СВМПЭ, политетрафторэтилена (ПТФЭ) и эластомера. Применение непрерывного армирующего волокна в виде БТ может способствовать существенному повышению прочностных и сдвиговых свойств композитов, сохраняя их легкость [7]. В свою очередь, одной из важных характеристик термопластов (к которым относятся СВМПЭ и ПТФЭ) и эластомеров в процессе эксплуатации является их способность сопротивляться разрушению, благодаря своим вязкоупругим характеристикам.

Целью работы является исследование влияния армирования БТ на свойства полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе СВМПЭ, ПТФЭ и бутадиен-нитрильного эластомера.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве армирующего полотна использовалась базальтовая ткань БТ-11П-КВ-12 («Судогодские стеклопластики», Россия), обработанная замасливателем марки КВ-12. БТ обладает высокими механическими свойствами, стойкостью к агрессивным средам и широким температурным диапазоном эксплуатации от -260 °С до $+700$ °С [8].

За основу полимерных связующих применялись СВМПЭ марки GUR-4022

(«Celanese», Германия) с молекулярной массой $5,3 \cdot 10^6$ г/моль, стандартная резиновая смесь [9] на основе бутадиен-нитрильного каучука с содержанием 17–20 % акрилонитрильной кислоты марки БНКС-18 АМН («Красноярский завод СК», Россия), ПТФЭ марки ПН-90 («ГалоПолимер», Россия) со средним размером частиц 46–135 мкм и плотностью $2,19$ г/см³.

Изготовление образцов ПКМ проводилось методом послойной укладки: слой полимера в виде порошка (ПТФЭ, СВМПЭ) или сырой резиновой смеси – слой БТ – слой полимера (так же). Схематичное изображение ПКМ представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Изображение композиционного материала:
слой полимера – БТ – слой полимера

Figure 1 – Composite image:
Polymer layer - basalt fabric (BF) - polymer layer

Композиты на основе СВМПЭ и БТ получали методом горячего прессования при температуре 175 °С и давлении 10 МПа, выдержка образцов составляла 20 мин с последующим охлаждением до 80 °С под давлением.

Композиты на основе эластомера и БТ получали вулканизацией в гидравлическом прессе при температуре 155 °С и давлении 10 МПа в течение 20 мин.

Перед изготовлением композита на основе ПТФЭ ПН-90 порошок полимера просушивали в термическом шкафу при 180 °С в течение 4 ч. Композиты получали методом холодного прессования при удельном давлении 50 МПа с последующим свободным спеканием в печи при температуре 380 °С.

Определение деформационно-прочностных свойств исходных образцов и ПКМ проводили при комнатной температуре с помощью разрывной машины Schimadzu Autograph AGS-J («Shimadzu», Япония) согласно ГОСТ 270-75 (для композитов на основе эластомеров), ГОСТ 11262–2017 (на основе СВМПЭ) и ГОСТ 11262-80 (на основе ПТФЭ).

Исследование микроструктуры хрупких сколов исходных образцов и композитов производили на сканирующем электронном микроскопе марки JSM-7800F («Jeol», Япония) в

режиме вторичных электронов при низком ускоряющем напряжении 1–1,5 кВ

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 приведены результаты исследования физико-механических свойств эластомеров на основе каучука БНКС-18 (1) и ПКМ на основе БНКС-18 со слоем БТ (2).

Таблица 1 – Физико-механические свойства резин на основе каучука БНКС-18 и БНКС-18 с БТ

Table 1 - Physic mechanical properties of rubbers based on rubber BNKS-18 and BNKS-18 with BF

| Свойства | 1 | 2 |
|---------------------|------|----|
| ε_p , % | 321 | 9 |
| f_p , МПа | 16,2 | 41 |
| $f_{100\%}$, МПа | 5,62 | – |

ε_p , % – относительное удлинение; f_p , МПа – прочность при разрыве; $f_{100\%}$, МПа – модуль упругости при удлинении на 100 %.

Добавление армирующего слоя БТ в эластомерную матрицу на основе бутадиеннитрильного каучука приводит к увеличению прочности при разрыве в 2,5 раза по сравнению с исходным образцом. Увеличение прочностных свойств связано с армирующим эффектом БТ, которая имеет более высокие показатели прочности по сравнению с резиной [8, 9], относительное удлинение при разрыве ПКМ уменьшается в 36 раз. Снижение упругодеформационных свойств связано с неспособностью БТ к деформациям. Модуль упругости при удлинении образца с БТ на 100 % не фиксируется вследствие низкой деформации, у исходного образца модуль упругости составил 5,62 МПа.

На рисунке 2 представлена микроструктура исходного эластомера и эластомера со слоем БТ.

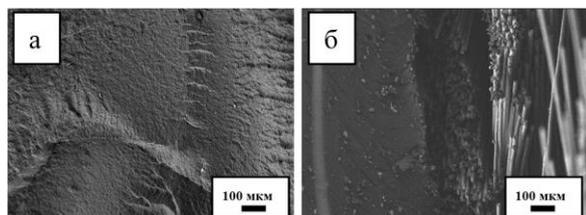


Рисунок 2 – Надмолекулярная структура а) исходного БНКС-18; б) БНКС-18 с БТ

Figure 2 - Supramolecular structure а) BNKS-18; б) BNKS-18 with BF

На микрофотографиях видно, что введение слоя БТ не приводит к изменению мор-

фологии эластомера. БТ имеет контакт с эластомером на границе «полимер–волокно», что является следствием слабой адгезии между макромолекулами резины и волокнами базальта (рисунок 2, б). В процессе вулканизации эластомера с БТ происходит плотный контакт резиновой смеси с тканью. Предположительно в процессе вулканизации происходит частичное проникновение макромолекул каучука в поры базальтовых волокон.

В таблице 2 приведены результаты исследования физико-механических свойств СВМПЭ (3) и ПКМ на основе СВМПЭ со слоем БТ (4).

Таблица 2 – Физико-механические свойства СВМПЭ и ПКМ на основе СВМПЭ со слоем БТ

Table 2 - Physic mechanical properties of UHMWPE and PCM based on UHMWPE with a BF layer

| Свойства | 3 | 4 |
|-------------------|-----|------|
| ε , % | 339 | 6 |
| δ , МПа | 32 | 62,6 |

ε , % – относительное удлинение при разрыве; δ , МПа – предел прочности при растяжении.

Добавление армирующего слоя БТ в ПКМ на основе СВМПЭ приводит к увеличению прочности композита в ~2 раза, при этом существенно снижается относительное удлинение и составляет 6 %. Увеличение прочностных свойств объясняется тем, что основную нагрузку при растяжении несет армирующий слой БТ, который имеет высокие прочностные показатели по сравнению с полимерным связующим СВМПЭ. Уменьшение относительного удлинения объясняется тем, что БТ не способна к деформационно-упругим изменениям линейных размеров без разрушения, т. е. БТ препятствует деформационным сдвигам. Особенностью данного ПКМ является низкая способность к большим удлиняющим деформациям за счет армирующего слоя БТ, что является преимуществом, так как изделия из термопластов не должны подвергаться большим деформационным изменениям в процессе эксплуатации.

На рисунке 3 приведены микрофотографии структуры исходного образца СВМПЭ и образца СВМПЭ со слоем БТ.

На микрофотографиях видно, что слой БТ не оказывает существенного влияния на надмолекулярную структуру СВМПЭ и полимер не проникает внутрь слоя БТ (рисунок 3, б). Визуально наблюдается крепление волокон БТ со СВМПЭ, что указывает о слабом адгезионном взаимодействии на границе «поли-

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ АРМИРОВАННЫХ БАЗАЛЬТОВОЙ ТКАНЬЮ

мер–волокно». В процессе горячего прессования СВМПЭ с БТ происходит плотный контакт макромолекул полимера с тканью. В дальнейшем при нагревании происходит увеличение подвижности макромолекул СВМПЭ и их частичное проникновение в поры армирующего слоя БТ.

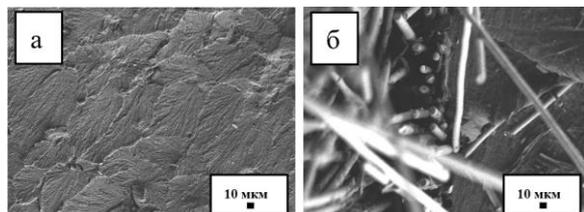


Рисунок 3 – Надмолекулярная структура
а) исходного СВМПЭ; б) СВМПЭ с БТ

Figure 3 - Supramolecular structure
a) UHMWPE; b) UHMWPE with BF

В таблице 3 приведены результаты исследования физико-механических свойств ПТФЭ (5) и ПКМ на основе ПТФЭ со слоем БТ (6).

Таблица 3 – Физико-механические свойства ПТФЭ и ПКМ на основе ПТФЭ со слоем БТ

Table 3 - Physic mechanical properties of PTFE and PCM based on PTFE with a BF layer

| Свойства | 5 | 6 |
|---------------------------|--------|--------|
| $\Delta\varepsilon_p$, % | 380±38 | 78±7,8 |
| $\Delta\sigma_p$, МПа | 18±1,8 | 11±1,1 |
| E, МПа | 475±47 | 348±34 |

$\Delta\varepsilon_p$, % – относительное удлинение при разрыве; $\Delta\sigma_p$, МПа – предел прочности при растяжении; E, МПа – модуль упругости.

Из таблицы 3 видно, что показатели при введении армирующего слоя БТ значительно ухудшаются. В процессе растяжения изначально происходит разрушение БТ, которая в данном случае не оказывает армирующего эффекта. Разрушение одного слоя приводит к снижению прочностных показателей, так как является концентратом напряжения. Такое поведение может быть объяснено низкой межфазной адгезией между полимерной матрицей и слоем БТ. Известно, что ПТФЭ отличается уникальной химической инертностью и очень низкой адгезионной активностью [10].

На рисунке 4 представлены микрофотографии исходного ПТФЭ и ПКМ на основе ПТФЭ с усиливающим слоем БТ. Для подтверждения причины низких показателей композитов были проведены исследования методом электронной микроскопии.

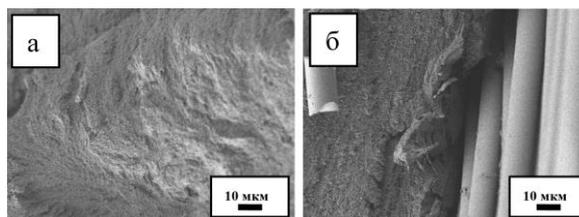


Рисунок 4 – Надмолекулярная структура
а) исходного ПТФЭ; б) ПТФЭ с БТ

Figure 4 - Supramolecular structure:
a) PTFE; b) PTFE with BF

Видно (рисунок 4, б), что слой БТ не повлиял на морфологию структурообразования ПТФЭ. Также видно, что какого-либо «сцепления» макромолекул с волокнами БТ нет, что подтверждает отсутствие адгезионного взаимодействия на границе «полимер–волокно».

Изготовление ПКМ на основе СВМПЭ и эластомера производится методом горячего прессования, что обеспечивает более плотный контакт полимера с БТ под воздействием давления в процессе нагревания, поскольку под давлением происходит их частичное проникновение в поры армирующего слоя БТ. Технология изготовления ПКМ на основе ПТФЭ осуществляется методом свободного спекания, что не обеспечивает плотного контакта на границе «полимер–волокно» из-за отсутствия давления во время нагрева. Предположительно, одним из основных факторов, оказывающих влияние на прочностные свойства ПКМ, является метод изготовления. Очевидно, более благоприятным является метод горячего прессования, который обеспечивает более плотное взаимодействие полимерной матрицы с волокнами БТ.

ВЫВОДЫ

На основании полученных результатов установлено, что ПКМ на основе БТ со связующим из эластомера и СВМПЭ обладают высокими прочностными свойствами. Выявлено, что при армировании полимера СВМПЭ увеличивается прочность на разрыв в ~2 раза, у композитов на основе эластомера прочность увеличивается в ~2,5 раза, при этом относительное удлинение существенно снижается и не превышает у образца СВМПЭ с БТ 6 %, у эластомера с БТ 9 %. Улучшение прочностных свойств ПКМ, связано с усиливающим эффектом БТ. Снижение относительного удлинения происходит из-за того, что у БТ очень низкие свойства к упруго-деформационным изменениям.

При добавлении БТ в ПТФЭ относительное удлинение при разрыве, предел прочности при растяжении, модуль упругости значительно ухудшаются. Такое поведение объясняется низкой межфазной адгезией между полимерной матрицей и слоем БТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Enhancement of the wear resistance of epoxy: short carbon fibre, graphite, PTFE and nano-TiO₂ / Z. Zhang [etc.] // *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2004. № 35 (12). P. 1385–1392. /doi.org/10.1016/j.compositesa.2004.05.005.

2. Разработка стойких к авиационным синтетическим маслам резин на основе смесей нитрильных и диеновых каучуков / В.В. Мухин [и др.] // *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова*. 2016. № 6. С. 41–50.

3. Investigation of the diphenylguanidine effect on the adhesive interaction of ultra-high molecular weight polyethylene with an elastomer based on isoprene rubber / A.A. Dyakonov [etc.] // *AIP Conference Proceedings* (с международным участием). AIP Publishing LLC. 2020. Vol. 2315. № 1. p. 050004. doi.org/10.1063/5.0036826.

4. Increasing wear resistance of UHMWPE by loading enforcing carbon fibers: Effect of irreversible and elastic deformation, friction heating, and filler size / S.V. Panin [etc.] // *Materials*. 2020. № 13. P. 338. doi: 10.3390/ma13020338.

5. Гибридные композиты на основе волокнистых наполнителей из сверхвысокомолекулярного полиэтилена и стеклонанонаполнителей / Е.А. Беляева [и др.] // *Успехи в химии и химической технологии*. 2015. № 10 (169).

6. Забережный С.А., Исмаилов М.Б., Байсериков Б.А. Технология получения углепластиковых пластин // *Комплексное использование минерального сырья*. 2016. № 3. С. 74–77.

7. Карнуб А., Нежижимов Д.Б., Ширинян К.С. Исследование и моделирование многослойного композитного материала с применением базальтовой ткани // *Вестник Донского государственного технического университета*. 2020. Т. 20. № 1. С. 5–14. doi.org/10.23947/1992-5980-2020-1-5-14.

8. Ибатуллина А.Р. Обзор производителей и сравнение свойств сверхпрочных высокомодульных волокон // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. № 19. С. 136–139.

9. Корнев А.Е., Буканов А.М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. Москва, МГОУ, 2001. 472 с.

10. Чемисенко О.В. Разработка и исследование износостойких антифрикционных полимерных нанокompозитов на основе политетрафторэтилена: дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2018. 130 с.

Информация об авторах

А. А. Дьяконов – кандидат технических наук, с.н.с. УНТЛ «Технологии полимерных нанокompозитов» Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова»

сова»; н.с. ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН».

С. С. Аммосов – студент 4 курса химического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова».

П. Н. Тарасова – аспирант 1 курса химического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова»; младший научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр СО РАН».

А. А. Охлопкова – доктор технических наук, профессор химического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова».

С. А. Слепцова – кандидат технических наук, зав. УНТЛ «Технологии полимерных нанокompозитов», доцент химического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова».

Н. Н. Петрова – доктор химических наук, профессор химического отделения Института естественных наук ФГАОУ ВО «СВФУ им. М.К. Аммосова».

А. К. Кычкин – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН».

А. А. Кычкин – научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр СО РАН».

А. Г. Туисов – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр СО РАН».

REFERENCES

1. Zhang, Z., Breidt, C., Chang, L., Hauptert, F. & Friedrich, K. (2004). Enhancement of the wear resistance of epoxy: short carbon fibre, graphite, PTFE and nano-TiO₂. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, (35(12)), 1385-1392. (In Eng.). doi.org/10.1016/j.compositesa.2004.05.005.

2. Mulin, V.V., Petrova, N.N., Kapitonov, E.A. & Afanaseev, A.V. (2016). Razrabotka stojkih k aviacionnym sinteticheskim maslam rezin na osnove smesej nitril'nyh i dienovyh kauchukov. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. MK Ammosova*, (6 (56)), 41–50. (In Russ).

3. Dyakonov, A.A., Danilova, S.N., Vasiliev, A.P., Okhlopova, A.A., Sleptsova, S.A., Petrova, N.N. & Kychkin, A.K. (2020). Investigation of the diphenylguanidine effect on the adhesive interaction of ultra-high molecular weight polyethylene with an elastomer based on isoprene rubber. *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC, (Vol. 2315, No 1, p. 050004). (In Eng). doi.org/10.1063/5.0036826.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ АРМИРОВАННЫХ БАЗАЛЬТОВОЙ ТКАНЬЮ

4. Panin, S.V., Kornienko, L.A., Alexenko, V.O., Buslovich, D.G., Bochkareva, S.A. & Lyukshin, B.A. (2020). Increasing wear resistance of UHMWPE by loading enforcing carbon fibers: Effect of irreversible and elastic deformation, friction heating, and filler size. *Materials*, (13(2)), 338. (In Eng.) doi: 10.3390/ma13020338.

5. Belyaeva, E.A., Kosolapov, A.F., Shackij, S.V., Osipchik, V.S. & Nabiullin, A.F. (2015). Gibridnye kompozity na osnove voloknistyh napolnitelej iz sverhvysokomolekulyarnogo polietilena i steklonapolnitelej. *Uspekhi v himii i himicheskoy tekhnologii*, (10 (169)). (In Russ).

6. Zaberezhnyj, S.A., Ismailov, M.B. & Bajserikov, B.A. (2016). Tekhnologiya polucheniya ugleplastikovyh plastin. *Kompleksnoe ispol'zovanie mineralnogo syrya*, (No 3), 74-77. (In Russ.).

7. Karnub, A., Nezhizhimov, D.B. & Shirinyan, K.S. (2020). Issledovanie i modelirovanie mnogoslojnogo kompozitnogo materiala s primeneniem bazal'tovoj tkani. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, (Vol. 20, No 1.), 5-14. (In Russ.). doi.org/10.23947/1992-5980-2020-20-1-5-14.

8. Ibatullina, A.R. (2014). Obzor proizvoditelej i sravnenie svoystv sverhprochnyh vysokomodul'nyh volokon. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, (No.19), 136-139. (In Russ).

9. Kornev, A.E., Bukanov, A.M. & Sheverdyaev, O.N. (2001). *Tekhnologiya elastomernyh materialov*. Moscow: MGU, 2001. (In Russ.).

10. Chemisenko, O.V. (2018). Razrabotka i issledovanie iznosostojkih antifrikcionnyh polimernyh nanokompozitov na osnove politetraforetilena. Extended abstract of kand. tekhn. nauk. Omsk. (In Russ).

S. S. Ammosov – 4th year student of the Chemical Department of the Institute of Natural Sciences, NEFU.

P. N. Tarasova – 1st year postgraduate student of the Chemistry Department of the Institute of Natural Sciences, NEFU; Junior Researcher, Federal Research Centre "The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the RAS".

A. A. Okhlopko – Doctor of Technical Sciences, professor of the Chemical Department, Institute of Natural Sciences, NEFU.

S. A. Sleptsova – Candidate of Technical Sciences, Head of the educational, scientific and technological laboratory "Technologies of polymer nanocomposites", associate professor of the Chemical Department, 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. Lari-onov 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".

Information about the authors

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. Lari-onov Institute of Physical and Technical Problems of the North of the Siberian Branch of the RAS".

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

Статья поступила в редакцию 01.05.2021; одобрена после рецензирования 24.05.2021; принята к публикации 28.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 May 21; approved after review on 24 May 21; accepted for publication on 28 May 21.



Научная статья
05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
УДК 54.05
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.025

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ КЕРАТИНА ПУТЕМ ГИДРОЛИЗА СЫРЬЯ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

Геннадий Валентинович Алексеев¹, Ксения Олеговна Каршева²,
Роман Олегович Резниченко³, Вячеслав Алексеевич Шанин⁴

^{1, 2, 3, 4} Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

¹ gva2003@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2867-108X>

² karsheva.888@mail.ru

³ reznichenko320@mail.ru

⁴ shanin.vyacheslav@mail.ru

Аннотация. Одним из механизмов, реализующих ультразвуковое экстрагирование, позволяющее получать химически чистые экстракты биологически активных веществ из природного сырья растительного или животного происхождения, связан с ультразвуковой кавитацией, побуждающей возникновение в жидкости, облучаемой ультразвуковыми волнами, пульсирующих и захлопывающихся пузырьков, заполненных паром, газом или их смесью. Использование ультразвука в производстве значительно ускоряет процесс экстракции, увеличивает выход целевых компонентов в экстракт и снижает себестоимость экстрагируемого вещества. Кавитационные пузырьки образуются при облучении жидкости мощным ультразвуком и расширяются во время полупериодов разрежения и сжимаются после перехода в область повышенного давления. Именно энергия, выделяемая при схлопывании этих пузырьков, приводит к столь значительному ускорению химических реакций. Количество и размер кавитационных пузырьков зависят не только от параметров поля: интенсивности, частоты и звукового давления, но и от характеристик жидкости: вязкости, плотности, температуры, поверхностного натяжения и давления парогазовой смеси. Представляется целесообразным использование этого технологического инструмента для выделения такого ценного продукта, как кератин, при утилизации, например, пухо-перьевых отходов, получаемых в значительных количествах при переработке птицы. В работах, где упоминался метод щелочного гидролиза кератина с целью получения кормовых добавок, авторы применяли достаточно жесткие условия по температуре и давлению, которые приводили к практически полному распаду белковой молекулы на аминокислоты и даже к частичной дегградации аминокислот. Наша цель заключалась в том, чтобы сохранить полимерную структуру кератина, но при этом снизить молекулярную массу.

Ключевые слова: ультразвуковое экстрагирование, биологически активные вещества, сырье животного происхождения, утилизация пухо-перьевых отходов, щелочной гидролиз кератина, сохранение полимерной структуры.

Для цитирования: Совершенствование процесса выделения кератина путем гидролиза сырья в ультразвуковом поле / Г. В. Алексеев [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 182–187. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.025.

Original article

IMPROVEMENT OF THE KERATIN RELEASE PROCESS BY HYDROLYSIS OF RAW MATERIALS IN THE ULTRASONIC FIELD

Gennady V. Alekseev¹, Ksenia O. Karsheva², Roman O. Reznichenko³,
Vyacheslav A. Shanin⁴

^{1, 2, 3, 4} National Research University ITMO, Saint Petersburg, Russia

© Алексеев Г. В., Каршева К. О., Резниченко Р. О., Шанин В. А., 2021

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ КЕРАТИНА ПУТЕМ ГИДРОЛИЗА СЫРЬЯ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

¹ gva2003@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2867-108X>

² karsheva.888@mail.ru

³ reznichenko320@mail.ru

⁴ shanin.vyacheslav@mail.ru

Abstract. *One of the mechanisms realizing ultrasonic extraction, which makes it possible to obtain chemically pure extracts of biologically active substances from natural raw materials of plant or animal origin, is associated with ultrasonic cavitation, which induces the appearance in a liquid irradiated by ultrasonic waves of pulsating and collapsing bubbles filled with steam, gas or a mixture of them. The use of ultrasound in production significantly speeds up the extraction process, increases the yield of target components in the extract and reduces the cost of the extracted substance. Cavitation bubbles are formed when a liquid is irradiated with powerful ultrasound and expand during half-periods of rarefaction and contract after the transition to the area of increased pressure. It is the energy released during the collapse of these bubbles that leads to such a significant acceleration of chemical reactions. The number and size of cavitation bubbles depend not only on the field parameters - intensity, frequency and sound pressure, but also on the characteristics of the liquid: viscosity, density, temperature, surface tension and pressure of the vapor-gas mixture. It seems advisable to use this technological tool to isolate such a valuable product as keratin, when disposing, for example, down-feather waste obtained in significant quantities during poultry processing. In the works where the method of alkaline hydrolysis of keratin was mentioned in order to obtain feed additives, the authors used rather stringent conditions for temperature and pressure, which led to almost complete decomposition of the protein molecule into amino acids, and even to partial degradation of amino acids. Our goal was to preserve the polymer structure of keratin while still lowering the molecular weight.*

Keywords: *ultrasonic extraction, biologically active substances, raw materials of animal origin, utilization of down and feather waste, alkaline hydrolysis of keratin, preservation of the polymer structure.*

For citation: Alekseev, G. V., Karsheva, K. O., Reznichenko, R. O. & Shanin, V. A. (2021). Improvement of the keratin release process by hydrolysis of raw materials in the ultrasonic field. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 182-187. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.025.

Ультразвук в диапазоне частот от самых низких и примерно до 100 кГц чаще всего получают, применяя магнитострикционные преобразователи, представляющие собой сердечник с навитой на него обмоткой. Переменный ток, протекающий по обмотке, создает переменное магнитное поле, преобразующееся в энергию магнитных колебаний сердечника. Следует отметить, что эффект обратим, то есть если деформировать сердечник, то в нем возникает магнитное поле, которое вызывает в обмотке появление электрического тока [1–2].

Все ферромагнитные материалы подвергаются механической деформации при попадании в магнитное поле. С помощью магнитострикционного осциллятора можно создавать продольные волны. Ультразвуковое экстрагирование (экстракция) позволяет получать химически чистые экстракты биологически активных веществ из природного сырья растительного или животного происхождения. Экстракция – процесс извлечения одного или нескольких компонентов из сложного по составу сырья с помощью растворителя – экстрагента.

Экстрагирование биологически активных веществ – наиболее продолжительная стадия переработки сырья. Традиционные методы экстракции нередко занимают часы, сутки и

даже недели. Использование ультразвука позволяет значительно ускорить процесс экстракции, увеличить выход и снизить себестоимость экстрагируемого вещества, улучшить условия труда и повысить его производительность [3–5].

Воздействие ультразвука создает кавитацию и турбулентные потоки в жидком экстрагенте, в результате происходит быстрое набухание материала и растворение содержимого клетки, увеличивается скорость обтекания частиц сырья, в пограничном диффузионном слое возникают турбулентные и вихревые потоки. Молекулярная диффузия внутри частиц материала и в пограничном диффузионном слое практически заменяется конвективной, что приводит к интенсификации массообмена. В результате кавитации происходит разрушение клеточных структур, что ускоряет процесс перехода полезных веществ в экстрагент за счет их вымывания.

Сильные турбулентные течения, гидродинамические потоки способствуют переносу масс, растворению веществ, происходит интенсивное перемешивание содержимого даже внутри клетки, чего невозможно достичь другими способами экстракции. Кроме того, изменение давления при сжатии и разряжении при

прохождении волны ультразвука может вызывать эффект губки, при котором улучшается проникновение экстрагента в материал.

В результате время замачивания сырья под действием ультразвука значительно сокращается. На выход действующих веществ влияют интенсивность и продолжительность ультразвукового облучения, температура экстрагента, соотношение сырья и экстрагента.

При использовании ультразвука наблюдается не только значительное ускорение производственного процесса, но и увеличение по сравнению с другими способами экстрагирования выхода основного продукта. Если озвучиваемое сырье представляет собой группы сильно одревесневших клеток плотной структуры, то для процесса экстракции определяющим параметром становится число разрушенных клеток. С увеличением степени дисперсности частиц сырья коэффициент отражения звуковой энергии на границе раздела фаз ввиду быстрой пропитки мелкоизмельченного сырья экстрагентом будет минимальным, интенсивнее происходит растворение и вымывание содержимого из разрушенных клеток. Следовательно, при озвучивании время экстрагирования сокращается.

В начале века разработана технология получения водного экстракта прополиса с использованием ультразвукового воздействия [6–8]. Данный способ позволяет получить водный экстракт прополиса с максимальным сохранением биологически активных веществ в экстракте. Согласно изобретению, проведение экстракции ультразвуком в режиме кавитации в течение 2,5 ч непрерывно позволяет наиболее полно извлечь биологически активные соединения, комплекс которых обеспечивает необходимый уровень и спектр специфической активности целевого продукта. При меньшем времени экстракции не обеспечивается полнота извлечения. При этом процесс экстракции идет не только значительно быстрее, но и при гораздо более низких температурах, что важно для веществ, разлагающихся или окисляющихся при высоких температурах, в частности, для сохранения биологической активности белковых соединений исходного сырья. Применение ультразвуковой установки для получения водного экстракта прополиса позволяет проводить активную экстракцию ультразвуком на протяжении всего процесса, при этом создается возможность получать водный экстракт прополиса с любыми фракциями при разных температурах [9].

В экспериментах по ультразвуковой водной экстракции БАВ из элеутерококка было

установлено, что при использовании ультразвука из одного и того же количества сырья в раствор переходит в 2,45 раза больше экстрактивных веществ за время, в 6 раз меньшее.

Проведенные исследования по применению ультразвука для осветления спиртованного яблочного сока с использованием «оклеивающего» материала бентонита показали, что скорость осаждения взвешенных частиц повышается в 5–6 раз.

Вместе с тем, при ультразвуковой экстракции наблюдается повышенная мутность и очистка с помощью обычного процесса фильтрования через фильтр-картон вызывает трудности. Кроме того, установлено, что применение ультразвука более эффективно при обработке разбавленных более обычного суспензий, хотя для этого требуется достаточно сложное оборудование [10].

Были проведены эксперименты по гидролитическому разложению пухо-перьевых отходов в диапазоне от 20 °С до 80 °С при обычном давлении без ультразвуковых колебаний и при помещении заранее подготовленных образцов в зону действия источника ультразвука в виде лабораторной модели аппарата «Волна-М» (модель УЗТА-1/22-Орв), работающий с амплитудой 10–40 мкм, частотой $22 \pm 1,5$ кГц., интенсивностью до 2,0 Вт/см². Использовалась колебательная система в виде электроакустического преобразователя с потребляемой мощностью до 1 кВт. Излучающая поверхность в реакторе аппарата имела площадь $S = 11,3$ см², рабочее давление в реакторе $p = 1$ атм, мощность электроакустического преобразователя регулировалась в пределах от 300 до 500 Вт, а электроакустический КПД составлял $\eta_{\text{эа}} = 0,5$. Интенсивности ультразвука при его излучении в жидкость 2,0 Вт/см².

Такие ограничения были выбраны потому, что мы ориентировались на возможность практической реализации процесса в наиболее простых условиях, без применения оборудования типа автоклавов, а также применения оборудования из специальных коррозионно-устойчивых материалов.

Полученный в ходе эксперимента гидролизат кератина был использован в качестве структурообразователя. Такой вариант применения является новым, поскольку поиск аналогов биоразлагаемого структурообразователя не дал результатов. На сегодняшний день активно используются синтетические структурообразователи, которые могут оказать негативное воздействие на экологическую обстановку после своего разложения. Качество синтетических структурообразователей определяется процентным содержанием

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ КЕРАТИНА ПУТЕМ ГИДРОЛИЗА СЫРЬЯ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

водопрочных агрегатов в обработанном образце. Такой же вариант определения качества гидролизата кератина был выбран нами. Водопрочные агрегаты – неразмываемые водой частицы, находящиеся в структуре почвы.

Расчет содержания водопрочных агрегатов проводился по формуле.

$$BA (\%) = \frac{m_{BA}}{m_{исх}} \cdot 100\%,$$

где $m_{исх}$ – изначальная масса образца почвы, m_{BA} – масса высушенной обработанной почвы, оставшейся после растворения в воде, процеживания через сито с размером ячейки 0,25 мм и высушивании до постоянной влажности.

Ниже представлена таблица зависимости доли водопрочных агрегатов в обработанном полученным гидролизатом образце, от вида обработки пухо-перьевых отходов.

Таблица 1 – Влияние основных параметров на процесс гидролиза при получении β-кератина

Table 1 - Influence of the main parameters on the hydrolysis process when obtaining β-keratin

| Вид обработки пухо-перьевых отходов | Доля водопрочных агрегатов (% мас) | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|------|---------|------|---------|------|
| | 5 % КОН | | 3 % КОН | | 1 % КОН | |
| | 60°C | 80°C | 60°C | 80°C | 60°C | 80°C |
| УЗ (22кГц; 1,0Вт/см ²) | 48,6 | 60,5 | 74,6 | 80,3 | 10,1 | 14,5 |
| Без УЗ | 42,3 | 52,1 | 62,8 | 66,1 | 8,2 | 10,4 |

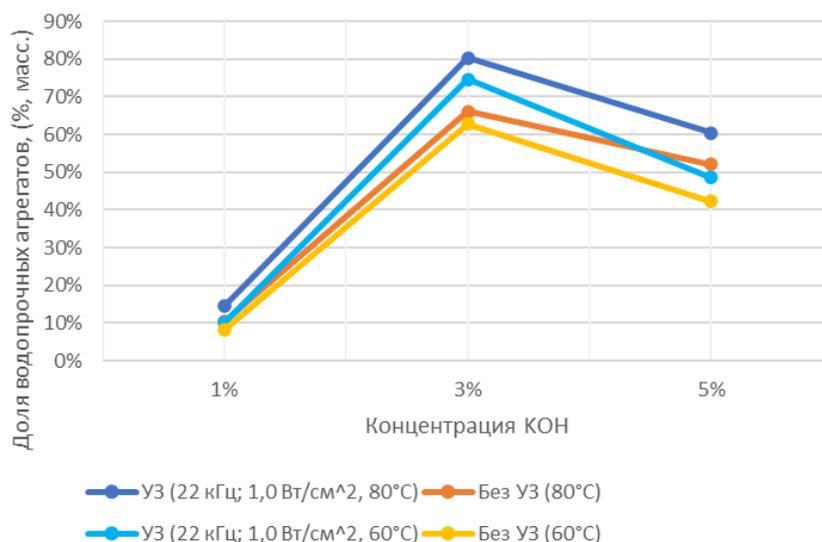


Рисунок 1 – Влияние параметров процесса гидролиза на свойства получаемого β-кератина

Figure 1 - The influence of the parameters of the hydrolysis process on the properties of the obtained β-keratin

На графике заметно, что не только температура и концентрация существенно влияют на конечный результат, но это воздействие существенно увеличивается при наличии УЗ, который частично разрушает структуру сырья за счет кавитации. Внешняя структура полученных таким способом кератиновых волокон практически не изменялась при температуре ниже 60 °С. Заметное набухание волокон, а также появление вязкостных свойств раствора наблюдалось по достижении 60 °С и выше. Раствор приобретал гелеобразную однородную структуру, что свидетельствует о разрушении поперечных связей между полипептидными цепями молекулы кератина и перехода

в линейную форму. Дальнейшее повышение температуры приводило к постепенному снижению вязкости раствора. Причиной этого явления может быть дальнейшее разрушение пептидных связей, приводящих к укорочению полипептидных цепей и снижению молекулярной массы полимера. Но поскольку нашей целью было сохранение оптимальной молекулярной массы полимера, то, как показали результаты эксперимента, повышение температуры свыше 80 °С не желательно, так как приводит к глубокой деградации белковой молекулы.

На глубину гидролиза так же существенное влияние оказывает концентрация щелочи.

Явные признаки разрушения структуры кератина наблюдаются при концентрации 1 %. Но скорость процесса при этом очень медленная. Мы изменяли концентрацию КОН в диапазоне от 1 % до 5 %. При концентрации 5 % при условии нагревания скорость сильно возросла, что затрудняло регулирование вязкости раствора, то есть контроль изменения молекулярной массы.

Таким образом, на основании полученных результатов можно определить оптимальные условия проведения гидролиза. Оценку структурообразующих свойств продукта производили по измерению количества водопрочных агрегатов, в таблице видно, что оптимальные результаты для пухо-перьевых отходов достигаются в условиях воздействия ультразвука при температуре 80 °С и концентрации КОН 3 %.

Нами предлагается простая конструкция экстрактора. Работает устройство следующим образом. Сырье и экстрагент через загрузочный патрубок 2 поступают в корпус 1 и, проходя через коаксиальный цилиндр 10, подвергаются обработке источником ультразвука 6. Лопастная мешалка 4 дополнительно дробит сырье, предварительно разрушенное кавитацией от ультразвука, после чего обеспечивает равномерное перемешивание смеси. Смесь, обогащенная мицеллами экстрагированного белка, поднимается к верхним слоям смеси, где попадает в рециркуляционную воронку 12, откуда по трубопроводу 7 перекачивается насосом 8 в накопительную емкость 9. Из накопительной емкости 9 через отборник проб 13 периодически производится отбор продукта для определения стадии процесса. На начальных стадиях процесса смесь из накопительной емкости 9 по трубопроводу 16 поступает в загрузочный патрубок 2 и проходит повторную обработку ультразвуком. Поток смеси, поступающий на повторную обработку через трубопровод 16, регулируется заслонкой 17, управляемой поплавковым регулятором 18. Когда анализ проб показывает удовлетворительный результат, открывается кран 15, и обогащенная смесь выгружается через патрубок 14. Твердые остатки кератинсодержащего сырья удаляются из корпуса 1 через сливной патрубок 3.

При получении экстрактов из сырья различного происхождения ультразвуковым экстрагированием нужно учитывать следующие общие условия:

- на эффективность и длительность процесса экстрагирования оказывает влияние дисперсность сырья, поэтому перед экстракцией сырье измельчают;
- высушенное сырье необходимо замо-

чить перед экстрагированием, процесс замачивания зависит от скорости вытеснения воздуха из клетки, удерживаемого до тех пор, пока не произойдет его растворение в экстрагенте;

- при применении ультразвука за счет звукокапиллярного эффекта ускоряется вытеснение пузырьков воздуха и создаются условия для их растворения в жидкости – время, необходимое для получения сырья нужной кондиции сокращается в десятки раз;
- при проведении экстрагирования необходимо обеспечить доступ экстрагента к каждой частице – это достигается перемешиванием во время обработки, а также уменьшением соотношения сырье / экстрагент;
- подогрев экстрагента в допустимых пределах интенсифицирует экстрагирование, однако не следует перегревать экстрагент, поскольку с увеличением температуры начинается интенсивное образование газовых пузырьков и интенсивность передачи ультразвуковой энергии падает.

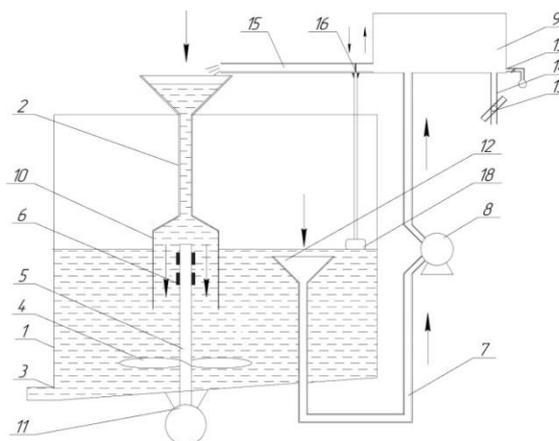


Рисунок 2 – Ультразвуковой экстрактор

Figure 2 - Ultrasonic extractor

Экспериментальные данные, полученные в ходе исследования, говорят о перспективности применения ультразвуковой обработки для гидролиза кератина из пухо-перьевых отходов птицеперерабатывающих предприятий. Ультразвуковой экстрактор, разработанный для осуществления процесса гидролиза кератинсодержащего сырья, может использоваться при технологической переработке отходов птицефабрик для получения побочного продукта производства, который можно применять в качестве кормовой добавки и органических удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акопян В.Б., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с «биологическими объектами» (ультразвук в медицине, ветеринарии и экспериментальной биологии). М. : Изд-во РГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 300 с.
2. Алексеев Г.В. Компьютерные технологии при проектировании и эксплуатации технологического оборудования : учеб. пособие. СПб. : Изд-во ГИОРД, 2012. 256 с.
3. Патент № 2055842. РФ. Способ выделения фикоцианина из клеток цианобактерий / Гордеев К.Ю. ; опубл. : 10.03.1996.
4. Патент № 2369410. РФ. МПК А61М1/36. Способ очистки биологической жидкости организма (крови) от вирусной инфекции путем сорбции на магнитоуправляемых наночастицах и устройство для его осуществления / Данилин А.Н., Загребин Л.В., Шестов С.С., Яновский Ю.Г. ; опубл. : 10.10.2009.
5. Патент № 2402923. РФ. МПК А23Л1/076. Способ получения водного экстракта прополиса / Г.И. Сержантов ; опубл. : 10.11.2010.
6. Заявка № 94017993/ 14(017613). РФ. Способ выделения липидов : / Кучин А.В., Карманова Л.П., Королева А.А. Решение о выдаче патента от 17.06.96.
7. Patent US № 7,300,566. Intern'l Class C10G 15/00. Conversion of petroleum resid to usable oils with ultrasound / Townsend and Townsend and Crew LLP Heines & M. Henry. March 17, 2004.
8. Patent US № 7,504,075. Intern'l Class B06B 1/00 Ultrasonic reactor and process for ultrasonic treatment of materials / Ladas & Parry LLP. December 11, 2003.
9. Patent US № 7,504,026. Intern'l Class B01D 33/70. Ultrasonic solution separation apparatus / Birch, Stewart, Kolasch & Birch, LLP. July 3, 2007.
10. Patent US № 7,501,094. Intern'l Class B01L 3/02. Preparation and characterization of formulations in a high throughput mode / Teoli Jr., William A. September 15, 2003.

Информация об авторах

Г. В. Алексеев – д.т.н., профессор факультета биотехнологий Национального исследовательского университета ИТМО.

К. О. Каршева – магистрант факультета биотехнологий Национального исследовательского университета ИТМО.

Р. О. Резниченко – магистрант факультета биотехнологий Национального исследовательского университета ИТМО.

В. А. Шанин – аспирант факультета биотехнологий Национального исследовательского университета ИТМО.

REFERENCES

1. Akopyan, V.B. & Ershov, Yu.A. (2005). *Fundamentals of the interaction of ultrasound with "biological objects" (ultrasound in medicine, veterinary medicine and experimental biology)*. Moscow : Publishing house of RGTU im. N.E. Bauman (in Russ).
2. Alekseev, G.V. (2012). *Computer technologies in the design and operation of technological equipment. Tutorial*. SPb.: Publishing house GIORД. (in Russ).
3. Gordeev, K.Yu. (1996). Method of isolating phycocyanin from cyanobacterial cells. *RF patent 2055842*, publ. 10.03.1996. (in Russ).
4. Danilin, A.N., Zagrebina, L.V., Shestov, S.S. & Yanovskiy, Yu.G. (2009). A method for purifying a biological fluid of an organism (blood) from a viral infection by sorption on magnetically controlled nanoparticles and a device for its implementation. *RF Patent No. 2369410. IPC A61M1 / 36*, publ. 10.10.2009. (in Russ).
5. Sergeantov, G.I. (2010). Method of obtaining an aqueous extract of propolis. *RF patent No. 2402923 IPC A23L1 / 076*, publ. 10.11.2010. (in Russ).
6. Kuchin, A.V., Karmanova, L.P. & Koroleva, A.A. (1996). Method of lipid isolation. *The decision to grant a patent of application No. 94017993/14 (017613)*, publ. 06/17/96. (in Russ).
7. Townsend and Townsend & Crew LLP Heines & M. Henry. (2004). Conversion of petroleum resid to usable oils with ultrasound. *Patent US No. 7,300,566. Intern'l Class C10G 15/00*, publ. March 17, 2004.
8. Ladas & Parry LLP (2003). Ultrasonic reactor and process for ultrasonic treatment of materials. *Patent US No. 7,504,075. Intern'l Class B06B 1*, publ. December 11, 2003.
9. Birch, Stewart, Kolasch & Birch, LLP (2007). Ultrasonic solution separation apparatus. *Patent US No. 7,504,026. Intern'l Class B01D 33/70*, publ. July 3, 2007.
10. Teoli, Jr. & William, A. (2003). Preparation and characterization of formulations in a high throughput mode. *Patent US No. 7,501,094. Intern'l Class B01L 3/02*, publ. September 15, 2003.

Information about the authors

G. V. Alekseev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Faculty of Biotechnology at the National Research University ITMO.

K. O. Karsheva – master's degree student at the Faculty of Biotechnology at the National Research University ITMO.

R. O. Reznichenko – Master's student at the Faculty of Biotechnology at the National Research University ITMO.

V. A. Shanin – postgraduate student at the Faculty of Biotechnology at the National Research University ITMO.

Статья поступила в редакцию 01.03.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 Mar 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья
05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)
УДК 54.052
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.026

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Елизавета Сергеевна Кутищева ¹, Ирина Олеговна Усольцева ²,
Юрий Владимирович Передерин ³

^{1, 2, 3} Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

¹ ekutishcheva123@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7635-7677>

² iou2@tpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4861-6467>

³ perederin@tpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5312-7211>

Аннотация. В статье представлен анализ методов получения диоксида кремния жидкофазными (золь-гель) и газофазными (пиролиз и плазмохимические) методами. Рассмотрены технологии получения диоксида кремния различной формы: осажженный (белая сажа) и пирогенный (аэросил). Приведены примеры использования технологий в промышленности. Методы исследования включали в себя все доступные источники информации: патентные базы РФ, электронные источники РИНЦ. Переработанные промышленные отходы и побочные продукты, содержащий кремний, являются одними из богатых источников диоксида кремния. Показано, что первоначальные технологии получения диоксида кремния требуют модификации для устранения недостатков и повышения качества продукта. По сравнению с первоначальными разработками существенно увеличилось разнообразие сырьевых источников, модифицировались способы путем добавлений стадий (например, карбонизация в жидкофазном методе) и исключения энергозатратных. Можно сделать вывод, что в дальнейшем, ввиду с широкой сферой применения (химическая, строительная, пищевая, фармацевтическая и другие виды промышленности), технологии потребуют создания новых способов извлечения и отделения диоксида кремния из вторичного кремнийсодержащего сырья.

Ключевые слова: кремнезем, диоксид кремния, белая сажа, аэросил, осажженный диоксид кремния, пирогенный диоксид кремния.

Для цитирования: Кутищева Е. С., Усольцева И. О., Передерин Ю. В. Способы получения высокодисперсного диоксида кремния // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 188–193. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.026.

Original article

METHODS FOR PRODUCING HIGH-DISPERSION SILICON DIOXIDE

Elizaveta S. Kutishcheva ¹, Irina O. Usoltseva ², Yuri V. Perederin ³

^{1, 2, 3} National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

¹ ekutishcheva123@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7635-7677>

² iou2@tpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4861-6467>

³ perederin@tpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5312-7211>

Abstract. The article presents an analysis of methods for obtaining silicon dioxide by liquid-phase (sol-gel) and gas-phase (pyrolysis and plasma-chemical) methods. Technologies for producing silicon dioxide of various forms are considered: precipitated (white soot) and pyrogenic (aerosil). Examples of the use of technologies in industry are given. The research methods included all available sources of information: patent databases of the Russian Federation, electronic sources of the RSCI. Recycled industrial waste and silicon-containing by-products are some of the richest sources of silicon dioxide. It

© Кутищева Е. С., Усольцева И. О., Передерин Ю. В., 2021

has been shown that the initial technologies for the production of silicon dioxide require modification to eliminate disadvantages and improve the quality of the product. Compared with the initial developments, the variety of raw materials has increased significantly, the methods have been modified by adding stages (for example, carbonization in the liquid-phase method) and eliminating energy-intensive ones. It can be concluded that in the future, in view of the wide scope of application (chemical, construction, food, pharmaceutical and other types of industry) technologies will require the creation of new methods for the extraction and separation of silicon dioxide from secondary silicon-containing raw materials.

Keywords: *silica, silica, silica white, aerosil, precipitated silica, fumed silica.*

For citation: Kutishcheva, E. S., Usoltseva, I. O. & Perederin, Yu. V. (2021). Methods for producing high-dispersion silicon dioxide. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 188-193. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.026.

ВВЕДЕНИЕ

Диоксид кремния является одним из наиболее важных и востребованных соединений кремния. Формула диоксида кремния SiO_2 (оксид кремния (IV), кремнезём) представляет собой бесцветные кристаллы, обладающие высокой твердостью и прочностью. В процессе изучения его физических и химических свойств данный оксид применялся для изготовления строительных материалов, но по мере исследования стали известны и другие области применения. В настоящее время кроме его природных форм существует множество синтетических, получаемых в химической промышленности. Синтетический кремнезём получают осаждением из раствора силиката натрия (осажденный диоксид кремния и силикагель) и пламенным гидролизом летучих кремнийсодержащих веществ (пирогенный диоксид кремния). Исходным компонентом для выработки синтетического диоксида кремния является кремнийсодержащее сырьё (песок (кварц), силикаты металлов, галогениды кремния и т. д.) [1]. Аморфный непористый диоксид кремния используется в пищевой промышленности в качестве вспомогательного вещества E551, препятствующего слеживанию и комкованию, в фармацевтической промышленности – в качестве вспомогательного вещества, а также пищевой добавки или лекарственного препарата. Диоксид кремния применяют в производстве стекла, керамики, абразивов, бетонных изделий, для получения кремния, как наполнитель в производстве резин, при производстве кремнезёмистых огнеупоров, в хроматографии и др. Кристаллы кварца обладают пьезоэлектрическими свойствами и поэтому используются в радиотехнике, ультразвуковых установках, в зажигалках. Искусственно полученные плёнки диоксида кремния используются в качестве изолятора при производстве микросхем и других электронных компонентов. Также используется для производства волоконно-оптических

кабелей. Кремнезёмная нить находит применение в нагревательных элементах электронных сигарет, так как хорошо впитывает жидкость и не разрушается под нагревом спирали. В микроэлектронике диоксид кремния является одним из основных материалов. Его применяют в качестве изолирующего слоя, а также в качестве защитного покрытия [2].

В зависимости от способа получения определяется и конечное свойство продукта: размер и форма частиц, наличие или отсутствие пор на поверхности, свойства поверхности и т. д. В данном исследовании рассматриваются только два вида диоксида кремния – осажденный (белая сажа) и пирогенный (аэросил, орисил). На рынке осажденный диоксид кремния выпускается в России, пирогенный кремний производится в Украине, Германии и других европейских странах. «Аэросил», «Белая сажа», «Орисил» – одни из торговых наименований высокодисперсного диоксида кремния [3]. Высокодисперсный диоксид кремния – белый, аморфный, непористый порошок высокой огнеупорностью. Имеет высокую дисперсность (диаметр частиц 1–100 нм, имеют почти сферическую форму ядра).

Белая сажа представляет собой диоксид кремния, который получается осаждением из раствора силиката натрия (жидкого стекла) кислотой, причем соляной в РФ и серной за рубежом, с последующей фильтрацией, промывкой и сушкой. Химическая формула вещества – $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Белая сажа – активный минеральный наполнитель, используемый в шинной, резинотехнической, химической и других отраслях промышленности [4].

Коллоидный диоксид кремния SiO_2 представляет собой очень легкий порошок с выраженными адсорбционными свойствами. Химическое название коллоидного диоксида кремния – пирогенная двуокись кремния. Пирогенная двуокись кремния выпускается под торговыми названиями Аэросил, HDK, Орисил, Асил, Осил. Диоксид кремния (Аэросил) получают способом взаимодействия газообразного

четырёххлористого кремния с парами воды. Немодифицированные пирогенные кремнеземы типа аэросил различных марок применяют как высококачественные наполнители при производстве резины, пластмасс, как загустители жидкостей (краски, консистентные смазки, клеи, герметики и др.), в качестве носителей активных веществ (медицина, парфюмерия), а также в радиоэлектронике, текстильной и других сферах промышленности [5].

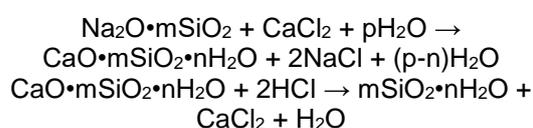
Данная работа направлена на обзор существующих способов получения высокодисперсного диоксида кремния жидкофазным и газофазным методами. Выявление достоинств и недостатков с точки зрения свойств готового продукта и простоты получения.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Среди способов получения порошков в данной статье будут рассматриваться лишь некоторые из них, наиболее подходящие к получению диоксида кремния. Методы получения делятся на химические и физические. В обзорной статье большую часть будут составлять химические методы, к которым относят золь-гель (жидкофазные), пиролиз и плазмохимические (газофазные). Золь-гель широко применяется в промышленности для производства осажденного диоксида кремния, керамики и стекла. Он позволяет производить чистый и однородный продукт с высокими характеристиками. Данный метод является многостадийным и затрачивает множество ресурсов (энергию, реагенты), что является недостатком. Несмотря на данный недостаток, его повсеместно используют в промышленности в качестве извлечения, отделения и получения из горных пород и других кремнийсодержащих растворов осажденный диоксид кремния. По сравнению с золь-гель пиролиз и плазмохимический методы являются менее стадийными за счет оборудования (горелки, камеры горения, плазматрона). Для данного оборудования нужно специальное сырье, что является одним из недостатков данных методов, так как они не позволяют использовать природные материалы. К преимуществам можно отнести высокую чистоту и разнообразие параметров (размер и форму частиц) получаемого продукта [6]. Данные методы повсеместно применяются на различных производствах, лабораториях и других исследовательских учреждениях.

СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ЖИДКОФАЗНЫМ МЕТОДОМ

Для получения осажденного диоксида кремния (белой сажи) применяется технология, основанная на взаимодействии кремнийсодержащих веществ (силикаты металлов, песок, кремнийсодержащие руды) с раствором кислот. На российских предприятиях применяется технология взаимодействия силиката натрия с раствором хлористого кальция и кислоты. На первых стадиях ведется приготовление водных растворов силиката металла, из которого в дальнейшем получают суспензию продукта по следующим реакциям [1]:



Вместо соляной кислоты может использоваться серная кислота. В дальнейшем полученную суспензию отправляют на фильтрацию и отмывку от примесей ионов металлов и кислотных остатков. Заключительными этапами становятся сушка и измельчение. Схема производства представлена на рисунке 1.

Осажденный диоксид кремния обладает различными свойствами в зависимости от варьированности состава и концентрации реагентов, времени, температуры и т. д. Положительным аспектом является выбор размера частиц, который может задаваться. К недостаткам относят расход реагентов, энергозатратность на стадии фильтрации, образование промывных вод, которые нужно фильтровать и отстаивать от примесей. В России существует множество проектов, направленных на получение белой сажи с высоким содержанием кремнезема путем кислотной обработки. Однако подобные технологии не реализованы в промышленных масштабах [7].

Одним из направлений исследований по получению белой сажи является карбонизация раствора. Как пример можно отнести патенты 0002605987 РФ и 0002574252 РФ [8, 9]. Данные способы можно использовать для получения кремнезема из различного алюмосиликатного сырья. Технология переработки и выделения предусматривает перевод алюмосиликатного сырья путем выщелачивания и проковки, в силикат металлов, которые хорошо растворяются в кислотах. Далее их обрабатывают газом, содержащим CO_2 .

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

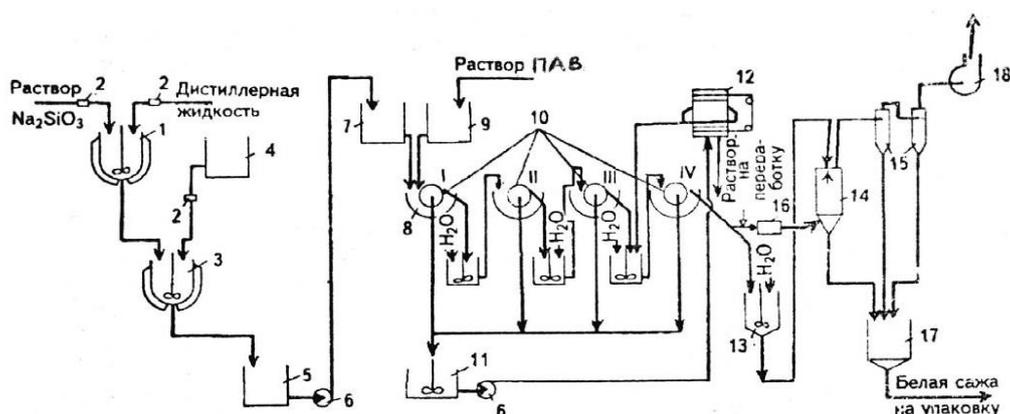


Рисунок 1 – Технологическая схема получения белой сажи в промышленности [1]:

1 – реактор для осаждения силиката кальция; 2 – ротаметры; 3 – реактор для осаждения белой сажи; 4 – напорная емкость для соляной кислоты; 5 – емкость; 6 – насосы; 7 – напорная емкость для суспензии белой сажи; 8 – вакуум-фильтр; 9 – напорная емкость для раствора ПАВ; 10 – репульпаторы; 11 – сборник промывных вод; 12 – фильтр; 13 – репульпатор пасты белой сажи; 14 – распылительная сушилка; 15 – циклоны; 16 – печь; 17 – бункер готовой продукции; 18 – вентилятор

Figure 1 - Technological scheme for producing silica white in industry [1]:

1 - reactor for precipitation of calcium silicate; 2 - rotameters; 3 - reactor for the deposition of white soot; 4 - pressure vessel for hydrochloric acid; 5 - capacity; 6 - pumps; 7 - pressure vessel for white soot suspension; 8 - vacuum filter; 9 - pressure vessel for surfactant solution; 10 - repulperators; 11 - collection of rinsing water; 12 - filter; 13 - white soot paste repulperator; 14 - spray dryer; 15 - cyclones; 16 - oven; 17 - bunker for finished products; 18 - fan

Происходит карбонизация раствора, сопровождающаяся выпадением из раствора аморфного кремнезема, который после промывки и термообработки является товарным продуктом.

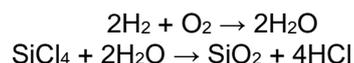


Для увеличения скорости отделения кремнекислот добавляют коагулянты, благодаря правильно подобранным условиям, аморфный кремнезем может иметь высокую удельную поверхность ($> 600 \text{ м}^2/\text{г}$) с содержанием SiO_2 99,95 %.

Есть работа [10], в которой упоминается способ получения осажденного диоксида кремния из силикатных глыб, получившихся путем сплавления песка с гидроксидом натрия. В дальнейшем для получения раствора глыбу разваривают в автоклаве и подвергают карбонизации, затем нейтрализуют кислотой. Также существует патент 0002474535 РФ [11] получения белой сажи из природной горной породы – диатомита. В данной работе диатомит смешивают с твердым NaOH и водой, и помещают в реактор для получения жидкого стекла. Из него при реакции с серной кислотой осаждается аморфный диоксид кремния. Данный способ был направлен для упрощения процесса получения, не используя автоклав и сохраняя производство энергетически выгодным.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ГАЗОФАЗНЫМ МЕТОДОМ

К наиболее часто применяемым методам получения стали относить метод получения коллоидного высокодисперсного кремнезема путем газовой обработки. Данный метод был разработан для получения технического углерода, но в дальнейшем он стал применяться и для кремния. Данная технология была разработана компанией Degussa AG, ныне известной как Evonik Industries AG (Германия). Технология представляет собой высокотемпературное разложение тетрахлорида кремния. Для этого получают тетрахлорид кремния путем смешивания кремния и газообразного HCl . В дальнейшем SiCl_4 смешивается с водородом и воздухом и подается в высокотемпературную камеру горения, где происходят следующие реакции:



Температура реакции составляет около $1800 \text{ }^\circ\text{C}$. Образующийся в ходе реакции HCl рециркулирует. Получаемые первичные частицы диоксида кремния находятся в расплавленном состоянии и начинают коагулировать, образуя более крупные частицы. Когда частицы начинают охлаждаться, они становятся твердыми и имеют склонность к агломерации. Схема производства коллоидного диоксида

кремния представлена на рисунке 2. Конечный продукт, известный как пирогенный коллоидный диоксид кремния (аэросил), имеет высокую чистоту по сравнению с осажденным диоксидом кремния, размер частиц в диапазоне от

5 до 40 нм, имеет высокую удельную поверхность 50–400 м²/г, термическую стабильность, короткую производственную цепь [12, 13].

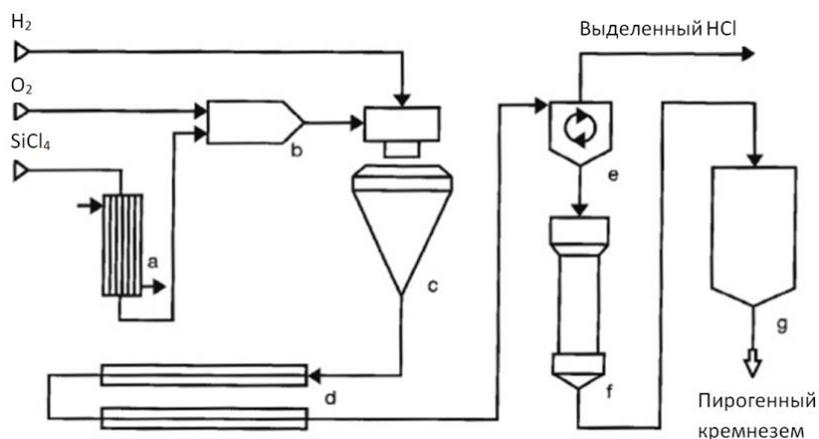


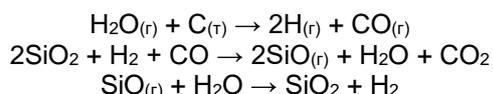
Рисунок 2 – Схема производства пирогенного коллоидного диоксида кремния (аэросила) [12]:
 а – испаритель; б – смешивательная камера; с – горелка; д – линия охлаждения; е – осадитель;
 ф – аппарат для снижения кислотности; г – бункер

Figure 2 - Scheme of production of pyrogenic colloidal silicon dioxide (aerosil) [12]: a - evaporator; b - mixing chamber; c - burner; d - cooling line; e - sieve; f - apparatus for reducing acidity; g - bunker

Первичными недостатками процесса получения аэросила были сложности в контроле размера частиц, имелись довольно крупные частицы с присутствием примесей. На сегодняшний день разрабатываются методы, которые позволяют снизить недостатки получения к минимуму, при этом не теряя требуемого качества.

Данный метод применяется в патенте 0002241670 РФ [14], который заключается в переработке серпентинита. Породу выщелачивают кислотой и получают суспензию, содержащую твердый диоксид кремния. Из него получают тетрахлорид кремния путем хлорирования и подвергают парофазному гидризу. Получаемый продукт имеет удельную поверхность 270 м²/г и может быть использован на рынке.

В патенте 0002488462 РФ [15] в качестве исходного сырья используется измельченный песок (кварц), который восстанавливают каменноугольным коксом и парами воды. Процесс происходит по следующим реакциям:



Сначала кварцевый песок переводят в газообразный монооксид кремния, который в дальнейшем взаимодействует с парами воды, образует диоксид кремния. Данный способ направлен на упрощения процесса получения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На нынешний день все больше производств стремятся быть безотходными и использовать любой побочный ценный продукт на рынке. Переработка промышленных отходов и побочных продуктов, содержащих диоксид кремния, считается востребованным для любого предприятия, так как помогает решить проблемы утилизации отходов и сохранения природных ресурсов. Переработанные промышленные отходы и побочные продукты, содержащие кремний, являются одними из богатых источников диоксида кремния.

Благодаря тому, что в процессе переработки кремнийсодержащего сырья можно выделить диоксид кремния, стало весьма актуально вносить модификации в первоначальные технологии получения для устранения недостатков и повышения качества продукта. По сравнению с первоначальными разработками существенно увеличили разнообразность сырьевых источников, модифицировали способы путем добавлений стадий (например, карбонизации в жидкофазном методе) и исключения энергозатратных. Можно сделать вывод, что из-за широкой применяемости диоксида кремния в разных сферах промышленности исследования будут направлены на создание способов извлечения и отделения диоксида кремния из вторичного кремнийсодержащего сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметов Т.Г. Химическая технология неорганических веществ: учебное пособие ; 2 изд., стер. СПб.: Лань, 2019. 414 с.
2. Смороков А.А., Крайденко Р.И. Получение диоксида циркония с использованием фторидов аммония // Ползуновский вестник. № 3. 2017. С. 126–130.
3. Кремний диоксид. Использование диоксида кремния : сайт «Здоровье человека». URL: https://zdorovecheloveka.com/stati/kremniya-dioksid-vred-i-polza-ispolzovanie-dioksida-kremniya#201_h3_0 (дата обращения 19.12.2020).
4. ИНФОМАЙН. Обзор рынка диоксида кремния (белая сажа и аэросил) в СНГ. 2019. № 6. С. 112.
5. Новые химические технологии. Белая сажа: свойства и технические характеристики : сайт «Новые химические технологии. Аналитический портал химической промышленности». URL : http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=5687 (дата обращения 19.12.2020).
6. Ремпель А.А., Валева А.А. Материалы и методы нанотехнологий : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. 136 с.
7. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. М. : Академкнига, 2004. 208 с. ISBN 5-94628-168-2.
8. Способ комплексной переработки золы от сжигания углей: пат. 0002605987 Российская Федерация, МПК С01В 33/12, В09В 3/00.15 : заяв. N 2015129883; дата заяв. 20.07.20 : опубл. 10.01.2017 / Логинова И.В.
9. Способ переработки алюмосиликатного сырья : пат. 0002574252 Российская Федерация, МПК С01F 7/22, С01F 7/38, С01В 33/14 : заяв. N 2013151059/05; дата заяв. 14.11.2013 : опубл. 10.02.2016 / Космухамбетов А.Р. Бюл. № 4.
10. Бочевская Е.Г., Каршигина З., Саргелова Э. Осаждение аморфного диоксида кремния из силикатных растворов, полученных после переработки минеральной высококремнистой руды // Вестник науки и образования. 2017. № 12 (36), С. 18–23.
11. Способ получения аморфного диоксида кремния : пат. 0002474535 Российская Федерация, МПК В82У 40/00, С01В 33/12, В82В 3/00 : заяв. N 2011134416/05; дата заяв. 17.08.2011; опубл. 10.02.2013 / Наседкин В.В.
12. Космачев П.В. Получение наноразмерного диоксида кремния плазменно-дуговым методом из высококремнистого природного сырья : автореф. дис ... канд. техн. наук. Томск, 2017. 30 с.
13. Wypych G. Fillers – origin, chemical composition, properties, and morphology // Handbook of Fillers. 2016. № 4 (266). P. 13.
14. Способ переработки серпентина : пат. 0002241670 Российская Федерация, МПК В22F 9/20, С01В 33/18, В82У 30/00 : заяв. N2012106283/02; дата заяв. 21.07.2003 : опубл. 10.12.2004 / Щелконогов А.А.
15. Способ получения нанопорошка аморфного диоксида кремния : пат. 0002488462 Российская Федерация, МПК В22F 9/20, С01В 33/18, В82У 30/00 : заяв. N2012106283/02; дата заяв. 21.02.2012 : опубл. 27.07.2013 / Власов О.А. Бюл. № 21.

Информация об авторах

Е. С. Кутищева – студент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, отделение ядерно-топливного цикла.

И. О. Усольцева – ассистент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, отделение ядерно-топливного цикла.

Ю. В. Передерин – к.т.н., доцент отделения

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.03.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 Mar 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.

ядерно-топливного цикла, Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

REFERENCES

1. Akhmetov, T.G. (2019). *Chemical technology of inorganic substances: textbook*. 2nd ed., Erased. St. Petersburg : Lan. (In Russ).
2. Smorokov, A.A. & Kraydenko, R.I. (2017). Obtaining zirconium dioxide using ammonium fluorides. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 126-130. (In Russ).
3. Human health. (2020). *Silicon dioxide. The use of silicon dioxide*. Retrieved from https://zdorovecheloveka.com/stati/kremniya-dioksid-vred-i-polza-ispolzovanie-dioksida-kremniya#201_h3_0. (In Russ).
4. Overview of the market for silicon dioxide (silica white and aerosil) in the CIS-2019 (2019). *INFOMINE*, (6), 112. (In Russ).
5. New chemical technologies. *White soot: properties and technical characteristics*. Retrieved from http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=5687. (In Russ).
6. Rempel, A.A. & Valeeva, A.A. (2015). *Materials and methods of nano-technologies: textbook*. Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta. (In Russ).
7. Shabanova, N.A. & Sarkisov, P.D. (2004). *Fundamentals of sol-gel technology of nanodispersed silica*. Moscow : Akademkniga. (In Russ). ISBN 5-94628-168-2.
8. Loginova, I.V. (2017). Method of complex processing of ash from coal combustion. *Pat. 0002605987 Russian Federation, publ. 10.01.2017*. (In Russ).
9. Kosmukhambetov, A.R. (2016). Method for processing aluminosilicate raw materials. *Pat. 0002574252 Russian Federation, publ. 02/10/2016*. Bul. No. 4. (In Russ).
10. Bochevskaya, E.G., Karshigina, Z. & Sargelova, E. (2017). Deposition of amorphous silicon dioxide from silicate solutions obtained after processing of high-siliceous mineral ore. *Bulletin of Science and Education*, 12(36), 18-23. (In Russ).
11. Nasedkin, V.V. (2013). Method of obtaining amorphous silicon dioxide. *Pat. 0002474535 Russian Federation, publ. 02/10/2013*. (In Russ).
12. Kosmachev, P.V. (2017). Obtaining nanosized silicon dioxide by the plasma-arc method from high-silica natural raw materials. *Extended abstract of candidates thesis*. Tomsk. (In Russ).
13. Wypych, G. (2016). Fillers – origin, chemical composition, properties, and morphology. *Handbook of Fillers*, 4(266), 13.
14. Shchelkonogov, A.A. (2004). Serpentine processing method. *Pat. 0002241670 Russian Federation, publ. 10.12.2004*. (In Russ).
15. Vlasov, O.A. (2013). Method of obtaining nanopowder of amorphous silicon dioxide. *Pat. 0002488462 Russian Federation, publ. 07/27/2013*. Bul. No. 21. (In Russ).

Information about the authors

E. S. Kutishcheva – student, National Research Tomsk Polytechnic University, Department of Nuclear Fuel Cycle.

I. O. Usoltseva – Assistant, National Research Tomsk Polytechnic University, Department of the Nuclear Fuel Cycle.

Yu. V. Perederin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Nuclear Fuel Cycle Department, National Research Tomsk Polytechnic University.



Научная статья
05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)
УДК 661.715.3
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.027

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РЕКТИФИКАЦИОННОМУ РАЗДЕЛЕНИЮ ПОЛУПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА АЦЕТОНА

Юлия Сергеевна Лазуткина ¹, Ольга Михайловна Горелова ²

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

¹ lazutkina.u.s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8782-6443>

² osgor777@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7397-7803>

Аннотация. Работа посвящена созданию малоотходной ресурсосберегающей технологии в производстве ацетона. Предложенные решения реализуются на стадии ректификационной очистки целевого продукта от побочных примесей и сырьевых компонентов. Представлены результаты экспериментального исследования и компьютерного моделирования парожидкостного равновесия в бинарных и многокомпонентных составляющих смеси ацетон – изопропиловый спирт – вода – уксусная кислота. Проведена разгонка по истинным температурам кипения. В результате проведенных исследований была предложена технология выделения ацетона разной кондиции.

Ключевые слова: растворитель, ацетон, ректификация, равновесие жидкость – пар, азеотропия, изопропиловый спирт, органический синтез.

Для цитирования: Лазуткина Ю. С., Горелова О. М. Исследования по ректификационному разделению полупродуктов производства ацетона // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 194–199. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.027.

Original article

RESEARCH ON RECTIFICATION SEPARATION OF ACETONE PRODUCTION SEMIPRODUCTS

Yulia S. Lazutkina ¹, Olga M. Gorelova ²

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

¹ lazutkina.u.s@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8782-6443>

² osgor777@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7397-7803>

Abstract. The work is devoted to the creation of low-waste resource-saving technology in the production of acetone. The proposed solutions are implemented at the stage of rectification purification of the target product from by-product impurities and raw components. The results of experimental research and computer modeling of vapor-liquid equilibrium in binary and multi-component mixture acetone - isopropyl alcohol - water - acetic acid are presented. The distillation by true boiling temperatures was carried out. As a result of this research the technology of separation of acetone of different conditions was proposed.

Keywords: solvent, acetone, rectification, liquid-vapor equilibrium, azeotropy, isopropyl alcohol, organic synthesis.

For citation: Lazutkina, Yu. S. & Gorelova, O. M. Research on rectification separation of acetone production semiproducts. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 194-199. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.027.

ВВЕДЕНИЕ

Энерго- и ресурсосбережение активно входят в нашу жизнь и становятся ее нормой во многих аспектах. Для предприятий отрасли органического синтеза рациональное использование ресурсов тесно связано с минимизацией негативного воздействия на окружающую среду, что добавляет актуальности работам в этом направлении.

Функционирование предприятий химической отрасли сопровождается использованием большого количества разнообразных реагентов, в том числе и токсичных. При синтезе новых соединений, кроме целевых, образуются побочные продукты, зачастую отходы производства, требующие обезвреживания или утилизации [1]. Это усиливает негативное воздействие на окружающую среду, приводит к потерям ценных компонентов, которые при возможном их выделении в товарном виде могли бы с успехом быть использованы в производственных процессах.

Целью работы было создание технологии ректификационного разделения полупродуктов в производстве ацетона (А). Сырьем для синтеза является изопропиловый спирт (ИПС), улавливание продуктов происходит с помощью абсорбции водой (В). Далее водно-органическая смесь, содержащая кроме А, В, ИПС уксусную кислоту (УК), подлежит разделению.

Вышеуказанная система является сложноразделимой – она имеет азеотропию двойную и большей размерности.

Ректификация была и остается ведущим методом разделения жидких смесей, поскольку позволяет получать продукты разделения с высоким содержанием целевых компонентов.

Современное развитие теории и практики ректификации позволяет моделировать этот процесс в широком диапазоне его параметров, при этом выявлять и обходить термодинамические ограничения, такие как азеотропия, тангенциальная зетропия [2, 3]. Для этого необходимо проведение термодинамико-топологического анализа, выявление особенностей фазовых диаграмм и синтез работоспособных способов разделения.

Также в настоящее время проводятся исследования по созданию энергосберегающих ректификационных схем [4]. Рабочими инструментами при этом являются: применение специальных методов ректификации и выбор высокоэффективных разделяющих агентов, параметрическая и структурная оптимизация схем из двухотборных колонн, теплообмен

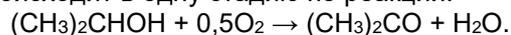
между конденсирующимися и испаряющимися потоками различных ректификационных колонн. Относительно новым направлением экономики энергии при эксплуатации ректификационных установок является проведение процесса в комплексах с частично связанными тепловыми и материальными потоками. Такая организация процесса позволяет снизить энергозатраты на разделение до 30 % по сравнению со схемами из двухотборных колонн.

При синтезе схем разделения целесообразно руководствоваться комплексом методов и приемов по энерго- и ресурсосбережению.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Ацетон является крупнотоннажным синтетическим продуктом нефтехимии. Его получают из разного сырья, синтез проводят также в различных условиях.

Одним из наиболее популярных в промышленности методов получения диметилкетона является окислительное каталитическое гидрирование ИПС при температуре от 400 °С до 600 °С. Химическое превращение происходит в одну стадию по реакции:



Процесс катализируется соединениями серебра или меди.

Образовавшаяся при дегидрировании парогазовая смесь, помимо целевого продукта реакции, включает в себя уксусную кислоту – продукт побочного процесса.

Парогазовый поток со стадии синтеза идет на абсорбцию водой. В итоге образуется смесь состава, % масс.: вода – 70–80, ацетон – 15–20, ИПС – 2–5, УК – 1–4, которая направляется на ректификационное разделение.

Для разработки разделительного процесса необходимо изучить физико-химические взаимодействия компонентов в растворе, их взаимовлияние. С этой целью изучалось парожидкостное равновесие составляющих изучаемой смеси и был проведен ректификационный анализ.

Разгонка изучаемой смеси осуществлялась на стандартной лабораторной ректификационной колонне периодического действия [5].

В качестве насадки использовались стеклянные кольца. В кубовую емкость загружалась модельная смесь массой 200 г, по составу близкая к промышленной. Колонна выводилась на режим в течение 2 ч до постоянства температуры верха, после чего при флегмовом числе $R = 20$ периодически отбирались порции дистиллята, определялся их вес и доля отбора.

Результаты ректификационного анализа исследуемой смеси приведены на рисунке 1.

Анализируя полученные данные, имеем, что первая фракция была отобрана при температуре от 57,0 °С до 59,5 °С и соответствует техническому ацетону. В ходе ректификационного анализа также выяснилось, что чистый ацетон в дистиллят выделить не представляется возможным.

Затем при температуре 80 °С в дистиллят отгонялась вторая фракция, соответствующая по составу смеси ИПС-В, являющаяся нераздельнокипящей (азеотропом).

Одной из составляющих частей процесса ректификации является создание математической модели фазового пространства разделяемой смеси. Для этого необходимо произве-

сти прогнозирование и математическое описание данных по парожидкостному равновесию (ПЖР) в бинарных системах [1].

Экспериментальные и найденные литературные данные [6] подвергались математическому описанию с помощью уравнения Вильсона:

$$\ln \gamma_1 = -\ln(x_1 + x_2 \lambda_{12}) + x_2 \left(\frac{\lambda_{12}}{x_1} + x_2 \lambda_{12} - \lambda_{21} / x_2 + x_{21} \right),$$

$$\ln \gamma_2 = -\ln(x_2 + x_1 \lambda_{21}) + x_1 \left(\frac{\lambda_{21}}{x_2} + x_1 \lambda_{21} - \lambda_{12} / x_1 + x_2 \lambda_{12} \right).$$

Необходимая информация о ПЖР для систем А-В, А-УК, А-ИПС, В-ИПС, В-УК и системы ИПС-УК была спрогнозирована при помощи групповой модели UNIFAC и также описана с помощью уравнения Вильсона.

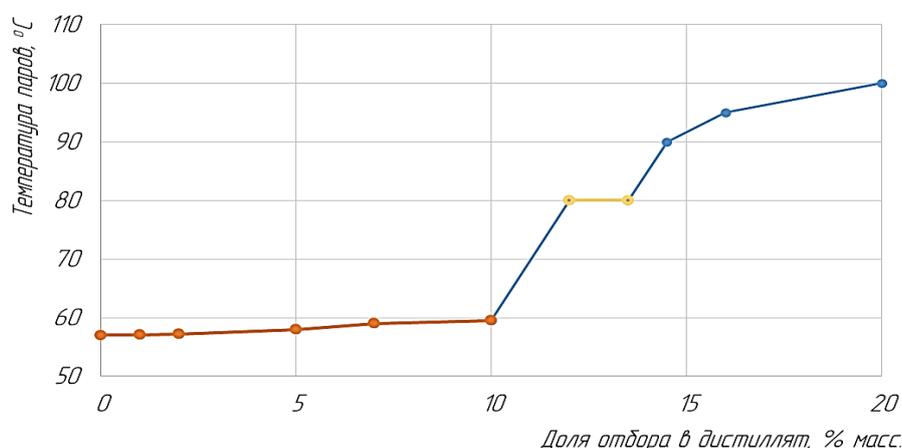


Рисунок 1 – Ректификационный анализ смеси ацетон-изопропиловый спирт–вода–уксусная кислота

Figure 1 - Rectification analysis of acetone-isopropyl alcohol-water mixture acetic acid

Зависимость упругости пара индивидуальных веществ от их температур кипения моделировалась с помощью уравнения Антуана:

$$\lg(P_0) = A - B / (C + T),$$

где P_0 – давление, мм рт. ст.;

T – температура, °С.

Рассчитанные значения констант Антуана для индивидуальных веществ в диапазоне давлений от 1 мм рт. ст. до 760 мм рт. ст. представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры уравнения Антуана

Table 1 - Parameters of the Antoine equation

| Вещество | Константа | | |
|----------|-----------|-----------|----------|
| | A | B | C |
| А | 7,0586 | 1162,8800 | 222,1050 |
| УК | 7,6269 | 1560,3830 | 211,0352 |
| ИПС | 9,0200 | 2095,8500 | 258,8770 |
| В | 8,1010 | 1748,8300 | 235,0120 |

Математическая обработка данных позволила создать модель фазового пространства жидкость–пар и проводить ректификацию в вычислительном эксперименте.

Результаты математической обработки – параметры бинарного взаимодействия (λ_{12} , λ_{21}) – представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры уравнения Вильсона

Table 2 - Parameters of the Wilson equation

| Наименование системы | Параметры | |
|----------------------|----------------|----------------|
| | λ_{12} | λ_{21} |
| А-В | 0,1002 | 0,8236 |
| А-УК | 1,7210 | 0,4802 |
| А-ИПС | 1,2430 | 0,6392 |
| В-ИПС | 0,6550 | 0,1018 |
| В-УК | 0,9130 | 0,0561 |
| ИПС-УК | 0,4608 | 1,5760 |

Адекватность воспроизведения математической моделью реальной картины фазового пространства была подтверждена при

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РЕКТИФИКАЦИОННОМУ РАЗДЕЛЕНИЮ ПОЛУПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА АЦЕТОНА

экспериментальном изучении ПЖР в трехкомпонентных системах для ограниченного числа точек концентрационного симплекса. Для этих же точек с помощью модели была рассчитана равновесная температура кипения. Отклонения расчетной температуры кипения от экспериментальной не превысили 1,0 °С, что является допустимым.

Исследование закономерностей периодической ректификации проводилось в вычислительном эксперименте.

Программа рассчитывает такие параметры, как изменение состава и количества вещества, температуру на всех элементах колонны за заданное время и выдает результаты с заданной требуемой частотой.

Разделение смеси реализуется в ректификационной колонне периодического действия. В дистиллят отбирается фракция ацетона и воды с примесями ИПС. Кубовый продукт колонны будет представлять ИПС–УК–В.

Оптимизация режима работы ректификационных колонн проводилась для определения наилучших параметров их работы. Минимум энергозатрат при получении продуктов заданной кондиции и требованиях, представленных в таблице 3, был принят критерием оптимизации.

В ходе вычислительного эксперимента по периодической ректификации оптимизировались такие параметры колонны, как число теоретических тарелок N и флегмовое число R . При этом определяли время отбора в дистиллят для оценки энергетических затрат и с целью их минимизации.

Оптимизация работы колонны производилась по определенному разработанному алгоритму. В расчет брали различные флегмовые числа (10, 20, 25, 30, 35, 40, 49) и, руководствуясь критерием оптимизации, определяли время работы колонны.

Результаты оптимизации представлены в виде графических зависимостей на рисунке 2.

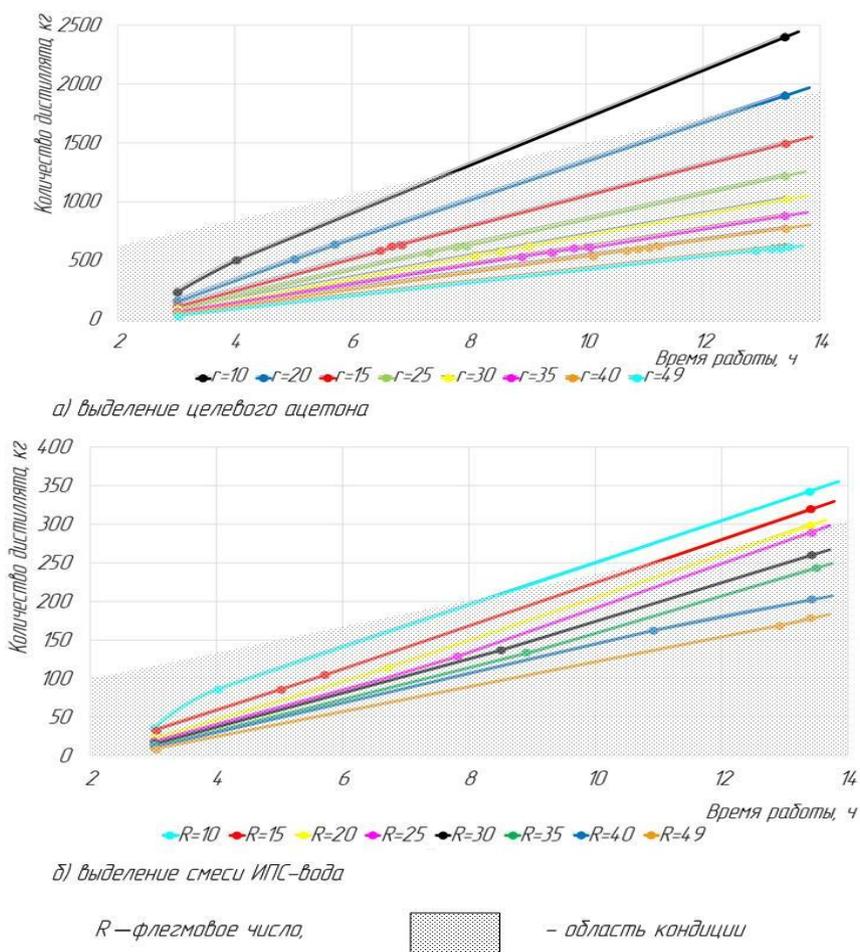


Рисунок 2 – Оптимизация режима работы колонны периодического действия

Figure 2 – Optimization of batch column operating mode

В результате оптимизации были найдены рабочие параметры режима колонны, при которых наиболее полно происходит удовлетворительное выделение целевого компонента:

- диаметр колонны – 1000 мм;
- число теоретических тарелок – 15;
- флегмовое число – 10;
- время работы колонны – 10 ч.

Кубовый остаток колонны представляет собой смесь ИПС–УК–В, поэтому целесообразно провести процесс отбора далее и при этом выделить смесь изопропанола и воды. Ввиду того, что минимальная доля отбора в дистиллят для стабильной работы колонны должна быть не менее 10 %, а содержание ИПС невысокое, будет получена смесь В и ИПС с содержанием последнего от 30 до 37 % масс. Такой продукт находит применение в производстве моющих и чистящих средств.

При оптимизации режима ректификационной колонны непрерывного действия варьировали флегмовое число и общую эффективность колонны при доле отбора в дистиллят 0,165. Результаты расчетов графически приведены на рисунке 3.

Оптимизировались такие параметры, как число теоретических тарелок N и флегмовое число R .

Оптимизация работы колонны производилась по определенному разработанному алгоритму. В расчет брали различные флегмовые числа (5; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 100) и

число теоретических тарелок 10; 14; 18; 22; 26; 30; 50; 70.

Руководствуясь требованиями энерго- и ресурсосбережения, оптимальными принимали наименьшие флегмовые числа, позволяющие получить продукт заданной кондиции. По результатам расчетов установили, что ацетон 2 сорта можно получить при флегмовом числе 5 на колонне эффективностью 20 т.т., 1 сорта – при флегмовом числе 10 на колонне эффективностью 20 т.т., высшего сорта – при флегмовом числе 20 на колонне эффективностью 30 т.т.

При выборе между числом теоретических тарелок и флегмовым числом, нужно исходить из того, что расходы энергии и воды являются текущими затратами, и они в большей степени определяются именно флегмовым числом.

Для выделения фракции ИПС–В потребуется еще одна двухходовая колонна непрерывного действия, но значительно меньшей эффективности, чем для выделения ацетона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологические решения, предложенные в работе, позволят получать кондиционные товарные продукты, как целевой, так и сырьевой. Реализация данной разработки будет способствовать энерго- и ресурсосбережению на предприятии и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

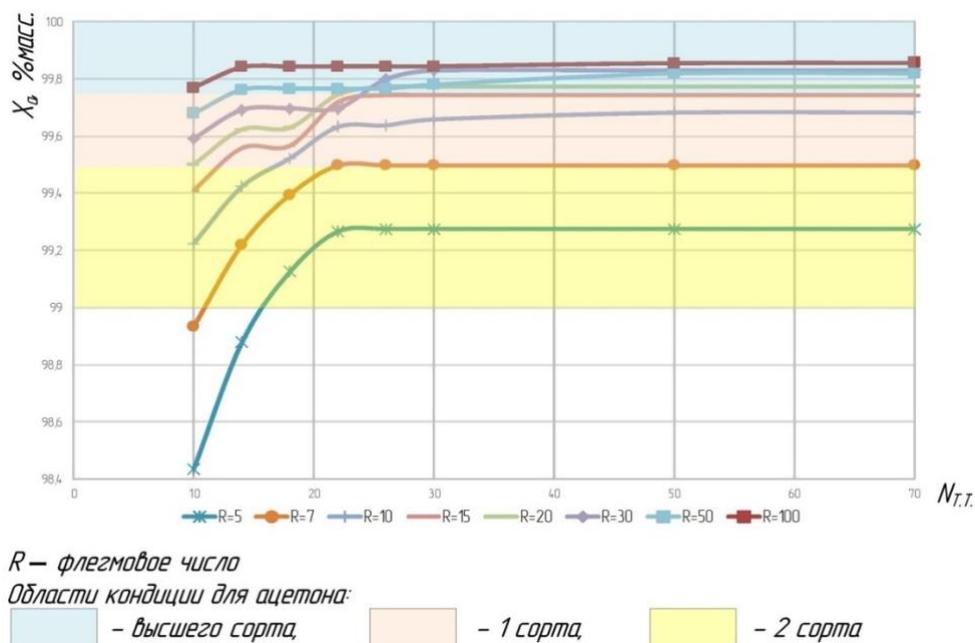


Рисунок 3 – Зависимость содержания ацетона в дистилляте (X_a) от числа теоретических тарелок ($N_{т.т.}$)

Figure 3 - Dependence of acetone content in the distillate (X_a) on the number of theoretical plates ($N_{t.t.}$)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клейменова М.Н., Лазуткина Ю.С., Комарова Л.Ф., Окунева Е.Н. Исследования по созданию ресурсосберегающей технологии в производстве кремнийорганических жидкостей // Ползуновский вестник. № 3. 2009. С. 364–368.
2. Фролкова А.В., Фролкова А.К., Ососкова Т.Е. Топологические превращения фазовых диаграмм четвертичных систем через стадию граничного тангенциального азеотропа // Российский химический вестник. 69 (11). 2020. С. 2059–2066.
3. Родригес-Донис И., Жербо В., Жулия Х. Термодинамические представления о целесообразности гомогенной порционной экстрактивной дистилляции. 4. Азеотропные микстуры с промежуточным кипящим уловителем // Исследования в области промышленной и технической химии. В. 51. № 18. 2012. С. 6489–6501.
4. Анохина Е.А. Энергосбережение в процессах экстрактивной ректификации // Вестник МИТХТ. Т. 8. № 5. 2013. С. 3–19.
5. Вайсбергер А., Проскауэр Э., Риддик Дж. Органические растворители. Физические свойства и методы очистки. М.: Изд-во иностр. лит., 1958. 520 с.
6. Коган В.Б., Фридман В.М., Кафаров В.В. Равновесие между жидкостью и паром: Справочное пособие. АН СССР. Всесоюз. ин-т науч.-техн. информации. Москва; Ленинград: Наука. [Ленингр. отд.], 1966. 2 т.

Информация об авторах

Ю. С. Лазуткина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая техника и инженерная экология» Института биотехнологий, пищевой и химической инженерии Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

О. М. Горелова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая техника и инженерная экология» Института биотехнологий, пищевой и химической инженерии Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

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

Статья поступила в редакцию 05.05.2021; одобрена после рецензирования 22.05.2021; принята к публикации 01.06.2021.

The article was submitted to the editorial board on 05 May 21; approved after review on 22 May 21; accepted for publication on 01 June 21.

REFERENCES

1. Kleymenova, M.N., Lazutkina, Yu.S., Komarova, L.F. & Okuneva, E.N. (2009). Studies on the creation of resource-saving technology in the production of organosilicon liquids. *Polzunovsky Vestnik*, (3), 364–368. (In Russ).
2. Frolkova, A.V., Frolkova, A.K. & Ososkova, T.E. (2020). Topological transformations of phase diagrams of quaternary systems through the boundary tangential azeotrope stage. *Russian Chemical Bulletin*, 69 (11), 2059–2066. (In Russ).
3. Rodriguez-Donis, I., Gerbaud, V. & Joulia, X. (2012). Thermodynamic insights on the feasibility of homogeneous batch extractive distillation. 4. Azeotropic mixtures with intermediate boiling entrainer. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 51(18), 6489–6501. (In Russ).
4. Anokhina, E.A. (2013). Energy saving in the processes of extractive distillation. *Vestnik MITHT*, 8(5), 3–19. (In Russ).
5. Weissberger, A., Proskauer, E. & Riddick, J. (1958). *Organic solvents. Physical Properties and Methods of Purification*. Moscow: Foreign Literature Publishing House, 520. (In Russ).
6. Kogan, V.B., Friedman, V.M. & Kafarov, V.V. (1966). *Equilibrium between liquid and steam: Handbook*. Moscow: USSR Academy of Sciences. All-Union Institute of Scientific and Technical Information. Leningrad: Nauka. [Leningrad branch] 2 т. (In Russ).

Information about the authors

Yu. S. Lazutkina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Engineering and Ecology of the Institute of Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Polzunov Altai State Technical University.

O. M. Gorelova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Engineering of the Institute of Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Polzunov Altai State Technical University.



Научная статья
05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)
УДК 661.741.141
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.028

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА АДсорбЦИИ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ АСБЕСТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Ольга Михайловна Горелова ¹, Владимир Александрович Сомин ²,
Лариса Федоровна Комарова ³, Михаил Сергеевич Некрасов ⁴

^{1, 2, 3} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия
¹ osgor777@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7397-7803>
² vladimir_somin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3276-5174>
³ htie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9321-5729>
⁴ Барнаульский завод автоформованных термостойких изделий, Барнаул, Россия
ati.nekrasov@gmail.com

Аннотация. Проведено обоснование выбора адсорбента для поглощения растворителей из паровоздушной смеси, образующихся при производстве асбестотехнических изделий. Рассчитаны равновесные концентрации компонентов растворителя Р-12 для различных активированных углей, на основании которых в качестве адсорбента выбран уголь марки СКТ-3. В результате технологического расчета определены параметры работы адсорбционной установки, ее основные размеры, количество загружаемого угля и улавливаемого растворителя.

Ключевые слова: адсорбция, асбестотехнические изделия, этилацетат, толуол, адсорбент.

Для цитирования: Изучение процесса адсорбции для рекуперации растворителей в производстве асбестотехнических изделий / О. М. Горелова [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 200–204. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.028.

Original article

STUDY OF THE ADSORPTION PROCESS FOR SOLVENT RECOVERY IN THE PRODUCTION OF ASBESTIC PRODUCTS

Olga M. Gorelova ¹, Vladimir A. Somin ², Larisa F. Komarova ³,
Mikhail S. Nekrasov ⁴

^{1, 2, 3} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia
¹ osgor777@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7397-7803>
² vladimir_somin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3276-5174>
³ htie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9321-5729>
⁴ Barnaul plant of auto-molded heat-resistant products, Barnaul, Russia
ati.nekrasov@gmail.com

Abstract. The substantiation of the choice of the adsorbent for the absorption of solvents from the vapor-air mixture, formed during the production of asbestos-technical products, has been carried out. The equilibrium concentrations of the components of the R-12 solvent were calculated for various activated carbons, on the basis of which the SKT-3 coal was selected as the adsorbent. As a result of the

© Горелова О. М., Сомин В. А., Комарова Л. Ф., Некрасов М. С., 2021

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА АДСОРБЦИИ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ АСБЕСТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

technological calculation, the parameters of the adsorption unit operation, its main dimensions, the amount of coal loaded and the captured solvent were determined.

Keywords: *adsorption, asbestos products, ethyl acetate, toluene, adsorbent.*

For citation: Gorelova, O. M., Somin, V. A., Komarova, L. F. & Nekrasov, M. S. (2021). Study of the adsorption process for solvent recovery in the production of asbestic products. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 200-204. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.028.

ВВЕДЕНИЕ

Рекуперация растворителей из паровоздушных смесей (ПВС) позволяет обеспечить ресурсосбережение в производстве резинотехнических изделий и снижение воздействия на окружающую среду.

На стадии улавливания растворителей из ПВС в производстве асбестотехнических изделий (АТИ) чаще всего используется процесс адсорбции на активированных углях, а десорбция традиционно осуществляется с помощью острого водяного пара.

Поглощение паров летучих растворителей можно проводить в стационарных (неподвижных), кипящих и плотных движущихся слоях поглотителя, однако в производственной практике наиболее распространенными являются рекуперационные установки со стационарным слоем адсорбента, размещаемым в вертикальных, горизонтальных или кольцевых адсорберах [1].

Адсорберы вертикального типа обычно используют при небольших объемах расхода потоков, подлежащих очистке паровоздушных (парогазовых) смесей (до 30 тыс. м³/ч), горизонтальные и кольцевые аппараты служат, как правило, для обработки таких смесей при высоких (десятки и сотни тысяч м³ в час) расходах [2]. Рекуперационные установки со стационарным слоем адсорбента работают по трем технологическим циклам: четырех-, трех- и двухфазному. Четырехфазный цикл включает последовательно фазы адсорбции, десорбции, сушки и охлаждения. Адсорбцию проводят на активных углях. При десорбции острым паром удаляют адсорбированный растворитель. При сушке нагретым воздухом из адсорбента вытесняют влагу, накапливающуюся в нем в фазе десорбции при конденсации части острого пара. Нагретый и обезвоженный поглотитель охлаждают атмосферным воздухом.

Активные угли, являющиеся гидрофобными адсорбентами, наиболее предпочтительны для улавливания паров углеводородов. Угли должны иметь высокую селективность по отношению к извлекаемому компоненту, быть механически прочными, доступ-

ными и способными выдерживать многократную регенерацию.

Известны различные способы получения сорбентов для улавливания углеводородов.

Авторы [3] получали активированные угли методом карбонизации в атмосфере азота при 800 °С в течение 1 ч косточек сливы, скорлупы арахисовых, грецких и кокосовых орехов с последующей парогазовой активацией. Установлено, что наибольшей адсорбционной емкостью в газовом потоке обладает сорбент из кокосовых орехов, статическая емкость которого по бензолу равна 151 мг/г. Изучено влияние температуры на процесс: для парогазовых смесей с 1 % об. углеводородов адсорбция падает на (50–80) %, однако в области низких концентраций до 0,005 % об. активность углей практически не зависит от температуры процесса, что указывает на целесообразность их применения для очистки низкоконцентрированных газовых потоков при повышенных температурах без их предварительного охлаждения.

Авторы [4] в качестве сорбента использовали монтмориллонит, модифицированный катионными поверхностно активными веществами. Определены кинетические параметры адсорбции из газовой фазы декана, толуола и этанола. Выявлено, что степень адсорбции низкомолекулярных веществ на поверхности сорбента определяется не только природой адсорбента и адсорбата, но и свойствами растворителя. Как правило, адсорбированные нитроксильные радикалы находятся на поверхности наночастиц в агрегированном состоянии (в виде кластеров). Полярные вещества адсорбируются преимущественно на свободной поверхности, а неполярные – на участках, занятых фрагментами ПАВ. Кинетика адсорбции толуола и спирта из газовой фазы носит полихронный характер, что свидетельствует о неоднородности поверхности наночастиц. Наличие катионного красителя в составе смеси практически не влияет на адсорбцию алифатических и ароматических углеводородов, но приводит к значительному усилению адсорбции спиртов.

В работе [5] рассмотрена адсорбция бен-

зола и толуола на расширенном графите. Показано, что при термобарическом расщеплении природного графита разрушение происходит в основном вдоль базисных плоскостей, увеличение которых вызывает специфическую адсорбцию неполярных и слабополярных веществ. С ростом температуры величина адсорбции бензола и толуола на поверхности расширенного графита уменьшается. Расширенный графит проявляет высокую динамическую адсорбционную активность по отношению к ароматическим углеводородам: максимальное значение адсорбции бензола из парогазовой фазы составляет 3,52 ммоль/г, для толуола – 2,22 ммоль/г.

Кроме углеродных материалов, для получения сорбентов используют и вещества минеральной природы. В частности, в работе [6] изучалась адсорбция толуола, циклогексана и н-гексана на цеолите. Показано, что К-формы цеолита (оффретиты) способны удерживать адсорбированный толуол до температур (300–400) °С.

Авторами [7] изучены адсорбционные равновесия на синтетических цеолитах из растворов изооктан – бензол и изооктан – толуол, при 200 °С, 300 °С и 400 °С. Установлено, что для выделения бензола и толуола из раствора изооктана наиболее выгодно использование цеолита в натриевой форме.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Основной целью при расчете адсорбционной установки является определение равновесных зависимостей, расчет кинетических характеристик сорбции и определение основных размеров аппаратов на основе уравнений динамики процесса.

Для использования в процессе получения АТИ на одном из предприятий г. Барнаула было предложено использовать растворитель Р-12, который представляет смесь толуола (60 % масс), бутилацетата (30 % масс) и ксилола (10 % масс). Для его улавливания компонентов этого растворителя, согласно данным [8], могут применяться угли СКТ-3, АР-А, АР-3, КАД-йодный.

Для выбора адсорбционного материала был проведен расчет равновесных концентраций веществ (толуола, п-ксилола, бутилацетата) для перечисленных углей. Расчет произведен при температуре 55 °С согласно требованиям технологического процесса (рисунки 1–3).

Как видно из графических зависимостей на рисунках 1–3, наименьшей сорбционной способностью ко всем извлекаемым компонентам обладает КАД-йодный уголь, для которого равновесная концентрация по всем веществам составляет не более 0,2 кг/кг.

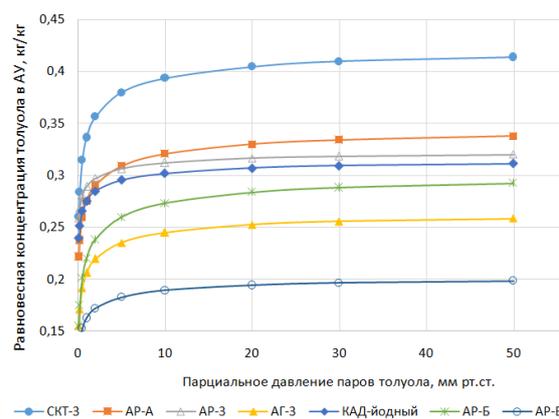


Рисунок 1 – Сравнение поглотительной способности углей по толуолу

Figure 1 - Comparison of the absorption capacity of coal for toluene

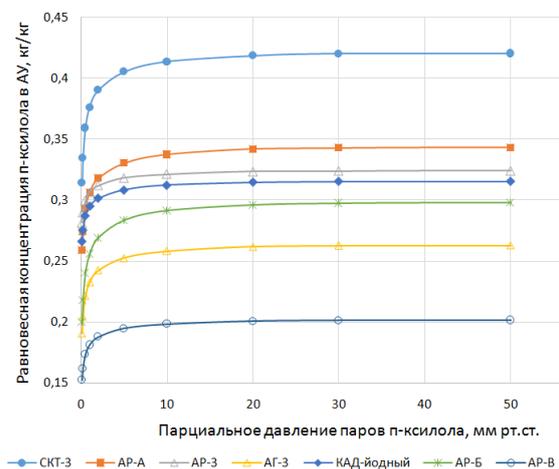


Рисунок 2 – Сравнение поглотительной способности углей по п-ксилолу

Figure 2 - Comparison of absorption p-xylene capacity of coals

Наибольшей сорбционной способностью по отношению к компонентам растворителя Р-12 обладает уголь СКТ-3 (0,42–0,43 кг/кг).

В дальнейшем для данного угля были построены изотермы сорбции компонентов растворителя Р-12 и дополнительно бензола, изопробилбензола и этилацетата. Результаты представлены на рисунке 4.

Отмечено, что при парциальном давлении 7,2 мм.рт.ст. равновесная концентрация толуола составляет 0,38 кг/кг, п-ксилола и бутилацетата – 0,7 кг/кг. Несколько хуже поглощаются этилацетат и изопробилбензол.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА АДсорбЦИИ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦИИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ АСБЕСТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

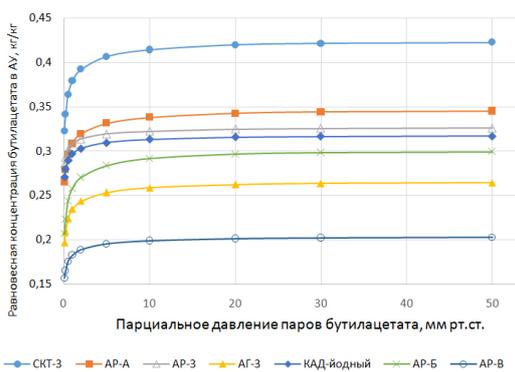


Рисунок 3 – Сравнение поглощательной способности углей по бутилацетату

Figure 3 - Comparison of the absorption capacity of coal for butyl acetate

На основании проведенных исследований для поглощения паров растворителя Р-12 был выбран вертикальный адсорбер с неподвижным слоем сорбента SKT-3.

Проскоковая концентрация поглощаемого вещества в очищенном воздухе составит:

$$C = 0,05C_0 = 0,00175 \text{ кг/м}^3,$$

где $C_0 = 0,035 \text{ кг/м}^3$ – исходная концентрация паровоздушной смеси.

Продолжительность адсорбции вычисляется по формуле:

$$\tau = \frac{a_0^*}{wC_0} \left\{ H - \frac{w}{\beta_y} \left[\frac{1}{K} \ln \left(\frac{C_0}{C} - 1 \right) + \ln \frac{C_0}{C} - 1 \right] \right\},$$

где τ – продолжительность, мин;

a_0^* – равновесная сорбционная емкость;

w – скорость газового потока, м/с;

$K = C_0/C^*$; C^* – содержание вещества в газовом потоке, равновесное с половинным количеством от максимально адсорбируемого данным адсорбентом, кг/м³;

β_y – коэффициент массоотдачи, с-1;

H – высота слоя адсорбента, м;

Для заданных параметров рассчитанная продолжительность адсорбции составила 12830 минут, или 3,56 часа.

Для более полной выработки емкости адсорбента примем время его работы до равновесной концентрации, равным 1,44 ч, тогда продолжительность всего процесса составит 5 ч. Это требует установки двух последовательно работающих адсорберов, первый обеспечит максимальное использование емкости угля, второй – очистку воздуха до заданной степени.

Исходя из расхода паровоздушной смеси 3750 м³ за один цикл адсорбции, рассчитаем диаметр адсорбера:

$$D_a = \sqrt{\frac{3750 \times 4}{\pi w \tau}} = \sqrt{\frac{3750 \times 4}{3,14 \times 0,22 \times 10693}} = 1,43 \text{ м.}$$

Принимаем адсорбер диаметром 1,5 м.

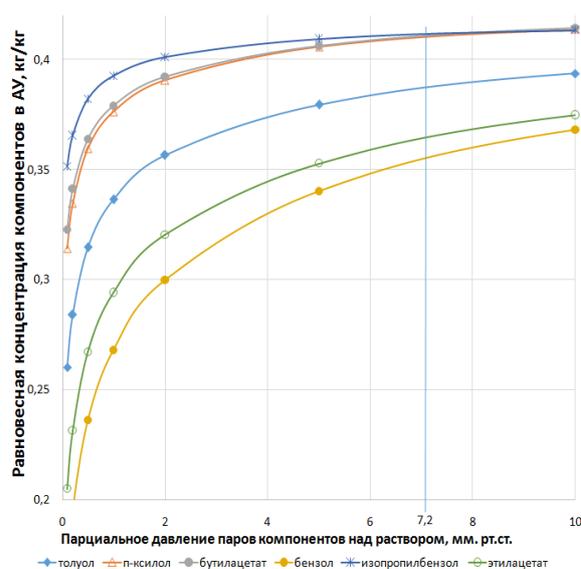


Рисунок 4 – Сравнение поглощательной способности угля SKT-3 по отношению к различным растворителям

Figure 4 - Comparison of the absorption capacity of SKT-3 coal in relation to various solvents

Расчет материального баланса процесса адсорбции позволил определить количество уловленного за один цикл растворителя, которое составило 131 кг. Поскольку компоненты растворителя представляют собой жидкости, практически не растворимые в воде, их отделение от воды целесообразно осуществить методом расслаивания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучена поглощательная способность углей различных марок по отношению к компонентам растворителя Р-12.

Рассчитана установка для поглощения растворителя Р-12 из паровоздушной смеси. Рассчитан и подобран основной аппарат – адсорбер диаметром 1,5 м с загрузкой из активированного угля марки SKT-3 высотой 0,7 м. Количество угля, загружаемого в адсорбер, составляет 470 кг.

Установлены основные технологические параметры проведения процесса: продолжительность адсорбции 5 часов, продолжительность десорбции – 1 ч, количество необходимого насыщенного водяного пара на один цикл адсорбции – 1000 кг, продолжительность сушки – 1 ч, продолжительность охлаждения – 1 ч, количество охлаждающего агента (воздух) – 3700 м³, температура охлаждающего воздуха 25 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. Москва :Химия, 1976. 512 с.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. Изд. 2-е. Москва : Химия, 1973. 754 с.
3. Адсорбция паров углеводородов активными углями из растительного сырья / Т.В. Анурова [и др.] // Сорбционные и ионообменные процессы, 2004. Т. 77. № 5. С. 743–748.
4. Адсорбция и молекулярная динамика низкомолекулярных веществ на наночастицах модифицированного монтмориллонита / В.Б. Иванов [и др.] // Химическая физика наноматериалов. 2014. Т. 33. № 3. С. 84–91.
5. Негуторов Н.В., Гилязова И.Р., Пыхова Н.В. Кинетика адсорбции органических веществ на расширенном графите // Вестник инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2014. №1 (18). С. 60–66.
6. Материаловедение и технологии материалов влияние условий синтеза цеолита типа оффретита на его адсорбционные свойства / К. Горшунова [и др.] // Журнал Физической химии. 2015. Т. 89. № 5. С. 830–836.
7. Юсубов Ф.В., Ибрагимов Ч.Ш. Экологические аспекты адсорбционных процессов в неподвижном слое // Вестник науки и образования. 2017. Т. 2. № 5 (29). С. 17–23.
8. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. Т.1. 917 с.

Информация об авторах

О. М. Горелова – кандидат технических наук, доцент кафедры химической техники и инженерной экологии Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

В. А. Сомин – доктор технических наук, заведующий кафедрой химической техники и инженерной экологии Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Л. Ф. Комарова – доктор технических наук, профессор кафедры химической техники и инженерной экологии Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

М. С. Некрасов – директор по перспективному развитию Барнаульского завода автоформованных термостойких изделий.

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

Статья поступила в редакцию 01.04.2021; одобрена после рецензирования 18.05.2021; принята к публикации 28.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 Apr 21; approved after review on 18 May 21; accepted for publication on 28 May 21.

REFERENCES

1. Keltsev, N.V. (1976). *Basics of adsorption technology*. Moscow: Chemistry. (In Russ).
2. Dytner, Yu.I. (1973). *Basic processes and devices of chemical technology: design manual*. Moscow: Chemistry. (In Russ).
3. Anurova, T.V., Klushin, V.N., Mukhin, V.M., Myshkin, V.E., Anurov, S.A. & Suare, M.A. (2004). Adsorption of hydrocarbon vapors by activated carbons from vegetable raw materials. *Sorption and ion exchange processes*, 77 (5), 743-748. (In Russ).
4. Ivanov, V.B., Zavodchikova, A.A., Barashkova, I.I., Solina, E.V. & Wasserman, A.M. (2014). Adsorption and molecular dynamics of low-molecular substances on nanoparticles of modified montmorillonite. *Chemical Physics of Nanomaterials*, 33 (3), 84-91. (In Russ).
5. Negutorov, N.V., Gilyazova, I.R. & Pykhova, N.V. (2014). Kinetics of adsorption of organic substances on expanded graphite. *Bulletin of the Engineering School of the Far Eastern Federal University*, 1 (18), 60–66. (In Russ).
6. Gorshunova, K.K., Travkina, O.S., Kapustin, G.I., Kustov, L.M., Pavlov, M.L. & Kutepov, B.I. (2015). Materials science and technology of materials influence of conditions of synthesis of offretite type zeolite on its adsorption properties. *Journal of Physical Chemistry*, 89 (5), 830-836. (In Russ).
7. Yusubov, F.V. & Ibragimov, Ch.Sh. (2017). Environmental aspects of adsorption processes in a fixed bed. *Bulletin of Science and Education*, 5 (29), 17-23. (In Russ).
8. Timonin, A.S. (2003). *Engineering and ecological reference book*. Kaluga: publishing house of N. Bochkareva. (In Russ).

Information about the authors

O. M. Gorelova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Engineering and Engineering Ecology, Polzunov Altai State Technical University.

V. A. Somin – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Chemical Engineering and Engineering Ecology, Polzunov Altai State Technical University.

L. F. Komarova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Chemical Engineering and Engineering Ecology, Polzunov Altai State Technical University.

M. S. Nekrasov – Director for Prospective Development of the Barnaul plant of auto-formed heat-resistant products.



Научная статья
05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)
УДК: 621.928.6
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.029

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИЛИКАГЕЛЯ

Вадим Эдуардович Зинуров ¹, Ильнур Наилович Мадышев ²,
Алина Рамисовна Ивахненко ³, Ирина Владимировна Петрова ⁴

^{1, 2, 3, 4} Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

¹ vadd_93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1380-4433>

² ilnyr_91@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9513-894X>

³ alina@ivakhnenko.su, <https://orcid.org/0000-0002-3414-813X>

⁴ kzn.petrova.ira@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7787-2155>

Аннотация. Важной задачей при измельчении сыпучего материала на основе силикагеля в мельнице является его дальнейшее разделение на две фракции с граничным зерном, равным 30 мкм. В работе рассмотрены наиболее распространенные классификаторы, применяемые в промышленности для разделения сыпучих материалов. Их применение для решения поставленной задачи невозможно вследствие низкой селективности. Авторами работы предложена конструкция классификатора с соосно расположенными трубами. Представлена трехмерная модель классификатора. Описан механизм разделения сыпучего материала на различные фракции. Новизной классификатора является его конструктивное оформление, позволяющее создать устойчивую вихревую структуру в межтрубном пространстве с высокими значениями центробежных сил. При этом каждое завихрение дополнительно ускоряет соседние. В работе представлена методика расчета, позволяющая собрать классификатор из цилиндрических труб любых диаметров. Рассмотрено несколько вариаций создания классификатора из труб различного диаметра по ГОСТу 3262 – 75. При этом показано, что при увеличении области в межтрубном пространстве, т. е. увеличении расстояния между внешней и внутренней цилиндрическими трубами, количество завихрений уменьшается, а их диаметр увеличивается. Уменьшение ширины щели приводит к увеличению количества завихрений в межтрубном пространстве. Отсутствие движущихся частей, простота изготовления и применения, высокая селективность являются главными достоинствами разработанного классификатора с соосно расположенными трубами.

Ключевые слова: классификатор, разделение сыпучего материала, силикагель, классификация, фракционирование порошка, мелкодисперсные частицы, циклон, сепаратор, мелкодисперсный порошок, центробежный классификатор, аэродинамическая классификация.

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2710.2021.4.

Для цитирования: Зинуров В. Э., Мадышев И. Н., Ивахненко А. Р., Петрова И. В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205–211. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.029.

Original article

DEVELOPMENT OF A CLASSIFIER WITH COAXIALLY AR-RANGED PIPES FOR THE SEPARATION OF BULK MATERIAL BASED ON SILICA GEL

Vadim E. Zinurov ¹, Ilnur N. Madyshev ², Alina R. Ivakhnenko ³, Irina V. Petrova ⁴

^{1, 2, 3, 4} Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

¹ vadd_93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1380-4433>

² ilnyr_91@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9513-894X>

³ alina@ivakhnenko.su, <https://orcid.org/0000-0002-3414-813X>

⁴ kzn.petrova.ira@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7787-2155>

Abstract. An important task when grinding bulk material based on silica gel in a mill is its further separation into two fractions with a boundary grain of 30 microns. The paper considers the most common classifiers used in industry for the separation of bulk materials. Their use to solve the problem is impossible, due to the low selectivity. The authors of the work proposed the design of the classifier with coaxially arranged pipes. A three-dimensional model of the classifier is presented. The mechanism of separation of bulk material into different fractions is described. The novelty of the classifier is its design, which allows creating a stable vortex structure in the inter-tube space with high values of central forces. At the same time, each swirl additionally accelerates the neighboring ones. The paper presents a calculation method that allows you to assemble a classifier from cylindrical pipes of any diameter. Several variations of creating a classifier from pipes of different diameters according to GOST 3262 – 75 are considered. At the same time, it is shown that with an increase in the area in the inter-tubular space, i.e., by increasing the distance between the outer and inner cylindrical pipes, the number of swirls decreases, and their diameter increases. A decrease in the width of the gap leads to an increase in the number of vortices in the inter-tube space. The absence of moving parts, ease of manufacture and application, and high selectivity are the main advantages of the developed classifier with coaxially arranged pipes

Keywords: classifier, bulk material separation, silica gel, classification, powder fractionation, fine particles, cyclone, separator, fine powder, centrifugal classifier, aerodynamic classification.

Acknowledgements: the study was supported by the grant of the President of the Russian Federation No. MK-2710.2021.4.

For citation: Zinurov, V. E., Madyshev, I. N., Ivakhnenko, A. R. & Petrova, I. V. (2021). Development of a classifier with coaxially arranged pipes for the separation of bulk material based on silica gel. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 205-211. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.29.

С каждым годом в химической, нефтехимической и др. отраслях промышленности модернизируются и усложняются технологические процессы, что приводит, с одной стороны, к повышению их эффективности, с другой стороны, – к усложнению их реализации: требуются новые тонкодисперсные порошки. Например, в качестве основного слоя в адсорберах в процессе одновременной осушки и отбензинивания природного газа на установках подготовки газа к транспорту применяется мелкодисперсный порошок на основе силикагеля. Его изготовление на промышленных предприятиях осуществляется с использованием мельниц, которые дробят сыпучий материал. Их недостатком является получение частиц с большим фракционным разбросом [1–4]. Для разделения сыпучего

материала на требуемые фракции используются классификаторы, например, циклонные сепараторы, в которых разделение сыпучего материала осуществляется за счет действия центробежных сил. Первая часть сыпучего порошка из бункера циклона в виде уловленного материала возвращается в мельницу на повторное измельчение, вторая часть мелкодисперсного порошка, диспергированная в газовом потоке из выходного патрубка циклона, подается в рукавные фильтры, в которых мелкодисперсные частицы улавливаются и далее извлекается в виде конечного продукта. Недостатком применения циклонных сепараторов для фракционирования сыпучего материала на основе силикагеля является их низкая селективность, приводящая к частичной потере ресурсов при повторной транс-

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИЛИКАГЕЛЯ

портировке материала на измельчение в мельницу из циклона и дополнительным энергетическим затратам. Поэтому разработка нового устройства или усовершенствование классической конструкции классификатора для повышения селективности фракционирования сыпучего материала на основе силикагеля является актуальной.

Рассмотрим наиболее распространенные классификаторы, используемые в промышленности. Следует отметить, что методы классификации разделяются на сухие и мокрые. Наиболее распространенной является сухая классификация, которая условно разделяется на классификацию рассева и аэродинамическую классификацию [5–8].

Первая является наиболее простой и предназначена для фракционирования частиц размером более 40 мкм. Такие устройства используют ситовую сетку, через которую пропускается порошок. Если размер частиц больше, чем поры сетки, то они остаются на ней. Наиболее современными являются вибросита и виброгрохота.

Аппараты, работающие по принципу аэродинамической классификации, подразделяются на гравитационные камеры и центробежные классификаторы. В гравитационных камерах разделение сыпучего материала происходит за счет взаимодействия сил сопротивления газового потока и силы тяжести частиц. К достоинствам гравитационных камер можно отнести простоту конструкции, отсутствие движущихся частей и низкие потери давления. Однако применение гравитационных камер для осаждения в них мелкодисперсных порошков с размером частиц менее 30–50 мкм не представляется возможным, так как масса данных частиц крайне мала. Наиболее предпочтительными аппаратами для разделения мелкодисперсного сыпучего материала являются центробежные классификаторы, в которых при вращательном движении газового потока с частицами возникают центробежные силы, под действием которых частицы отбрасываются к внутренним стенкам корпуса устройства и оседают в бункере. К недостаткам центробежных классификаторов относят высокое гидравлическое сопротивление. В некоторых случаях для повышения селективности конструкции центробежных классификаторов оснащают дополнительными сепарационными зонами, завихрителями различной геометрии и другими элементами, что приводит также к росту потери давления в аппарате [9–12]. С другой стороны, для достижения высокой селективности классификации сыпучих порошков для

каждой отдельной технологической линии требуется разработка нового или усовершенствование классического аппарата, так как параметры частиц материала, который необходимо фракционировать: диаметр, плотность, концентрация и др., практически всегда различные. Таким образом, для классификации сыпучего материала на основе силикагеля с граничным зерном, равным 30 мкм, необходима разработка устройства, работающего на основе действия центробежных сил.

Целью данной работы является разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля с граничным зерном, равным 30 мкм. При этом объемная доля уловленного материала размером менее 30 мкм должна составлять не более 2 % от общей его доли.

Авторами работы предлагается конструкция классификатора с соосно расположенными трубами, представленная на рисунке 1 [13]. Устройство представляет собой конструкцию труба в трубе, имеющую входной 1 и выходной 2 патрубки. Целостность конструкции обеспечивается за счет сварки внешней и внутренней трубы в двух местах: в верхней области и в месте контакта двух труб с решеткой 3, в которой проделаны круглые отверстия. В нижней части внутренней цилиндрической трубы вырезаны прямоугольные щели 4 и отверстие 5. Для сбора уловленного материала используется бункер 7 (рисунок 1).

Классификацию сыпучего материала на основе силикагеля в классификаторе с соосно расположенными трубами можно описать следующим образом: измельченный материал, диспергированный в газовом потоке, подается в устройстве через входной патрубков 1, далее движется прямолинейно в нижнюю часть устройства по внутренней цилиндрической трубе до плоскости, на которой начинают располагаться прямоугольные щели 4, после чего основная часть газового потока с частицами в равных долях осесимметрично распределяется по щелям 4. При этом оставшаяся часть газового потока продолжает прямолинейное движение и направляется к отверстию 5. При прохождении газа с частицами через прямоугольные щели 4 поток разделяется на 2 равные струи, каждая из которых под определенным углом движется из щели в противоположном направлении относительно друг друга в сторону внутренней стенки внешней цилиндрической трубы 6. При достижении внутренней стенки корпуса устройства 6 струями газа, они зеркально отражаются, образуя при этом устойчивые завихрения в межтрубном про-

пространстве и продолжают движение в верхнюю часть устройства (рисунок 2).

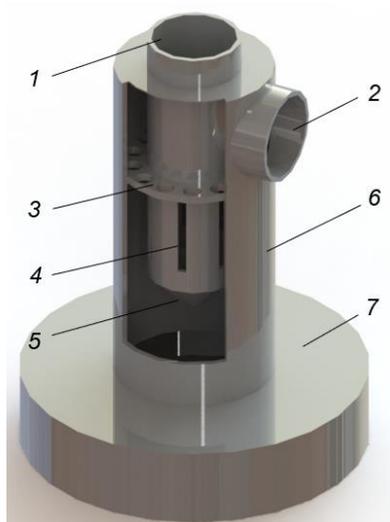


Рисунок 1 – Трехмерная модель классификатора с соосно расположенными трубами (вид с разрезом): 1 – входной патрубок, 2 – выходной патрубок, 3 – решетка с круглыми отверстиями, 4 – прямоугольные щели, 5 – отверстие в нижней части внутреннего цилиндра, 6 – внешний корпус классификатора, 7 – бункер

Figure 1 - Three-dimensional model of the classifier with coaxially arranged pipes (section view): 1 - inlet pipe, 2 - outlet pipe, 3 - grid with round openings, 4 - rectangular slots, 5 - hole in the lower part of the inner cylinder, 6 - external classifier housing, 7 - hopper

Проделанные круглые отверстия в решетке 3 позволяют поддерживать структуру завихрений в межтрубном пространстве. При вращении вихрей возникают центробежные силы, под действием которых частицы силикагеля размером более 30 мкм отбрасывают к стенкам и падают в бункер 7 классификатора. Следует отметить, что часть газового потока с частицами, прошедшими через отверстие 5, осесимметрично разворачивается и движется в область межтрубного пространства. При этом газовый поток изменяет свое направление на 180 °, вследствие чего наиболее крупные частицы выпадают из потока и оседают в бункере 7. Далее газовый поток с мелкодисперсными частицами силикагеля размером менее 30 мкм выходит из классификатора из выходного патрубка 2 (рисунок 1). Ранее проведенные исследования в программном комплексе ANSYS Fluent показали, что применение данного классификатора позволяют решить поставленную задачу [14].

Следует отметить, что новизной пред-

ставленного классификатора является конструктивное оформление устройства, позволяющее создать устойчивую вихревую структуру в межтрубном пространстве с высокими значениями центробежных сил, в которой осуществляется сепарация частиц силикагеля из газового потока размером более 30 мкм (рисунок 2). При этом каждое завихрение имеет точки контакта с соседними завихрениями, в которых вектора скорости сонаправлены, что позволяет завихрениям дополнительно ускорять друг друга. Особый интерес представляет определение зависимостей между конструктивными параметрами классификатора, что позволит изготавливать устройство различных размеров, при этом сохраняя устойчивую вихревую структуру в межтрубном пространстве.

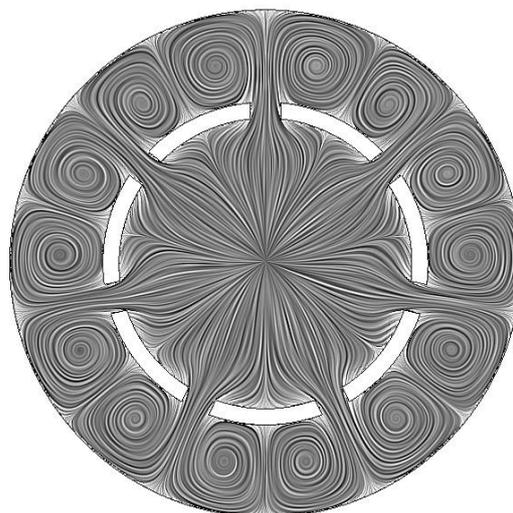


Рисунок 2 – Образование устойчивой вихревой структуры газового потока в межтрубном пространстве классификатора с соосно расположенными трубами (вид сверху)

Figure 2 - Formation of a stable vortex structure of the gas flow in the inter-tube space of the classifier with coaxially spaced pipes (top view)

Построение методики расчета конструктивных параметров классификатора базируется на том, что в пространстве между трубами должны образовываться завихрения. При этом, как было отмечено ранее, завихрения должны образовываться таким образом, чтобы каждое имело точки контакта с соседними завихрениями, чтобы осуществлялось дополнительное взаимное ускорение. Вследствие этого, количество завихрений n_s в классификаторе можно определить по формуле:

$$n_s = \frac{l_{cp}}{d_0}, \quad (1)$$

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИЛИКАГЕЛЯ

где l_{cp} – длина вспомогательной окружности, на которой располагаются центры завихрений, мм; d_0 – диаметр завихрения, мм (рисунок 3).

При этом рассчитанное количество завихрений n_s округляется до целого числа в меньшую сторону.

Длину вспомогательной окружности можно рассчитать по формуле (2):

$$l_{cp} = \frac{\pi(D_{вн} + d_n)}{2}, \quad (2)$$

где $D_{вн}$ – внутренний диаметр внешней цилиндрической трубы, мм; d_n – наружный диаметр внутренней цилиндрической трубы, мм.

Диаметр одного завихрения вычисляется по следующему выражению:

$$d_0 = \frac{D_{вн} - d_n}{2}. \quad (3)$$

Ширина прямоугольной щели определяется по формуле (4):

$$h_1 = \frac{\pi d_n \alpha}{360^\circ}, \quad (4)$$

где α – угол щели относительно центральной точки классификатора в плоскости, на которой они располагается.

Угол щели можно определить по формуле (5):

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n_s}. \quad (5)$$

По приведенным формулам (1–5) можно рассчитать ширину щелей h_1 при изготовлении классификатора из труб различных диаметров, для создания устойчивой вихревой структуры в межтрубном пространстве.

В качестве примера рассмотрим создание классификатора из труб по ГОСТу 3262-75. Примем наружный диаметр внутренней трубы d_n равным 48 мм в качестве постоянного значения. В ходе расчетов рассмотрим влияние изменения внутреннего диаметра внешней трубы $D_{вн}$ от 53 до 131 мм и ширины щели при ее уменьшении на 10, 20 и 30 % на образование количества завихрений в межтрубном пространстве. Следует отметить, что для построения линии 1 ширина щели была вычислена по формулам (1–5), для построения линий 2, 3 и 4 расчет производился в обратном порядке (рисунок 3).

Расчетные данные показывают, что при использовании труб диаметром от 53 до 131 мм в качестве внешнего корпуса классификатора количество завихрений n_s будет составлять от 10 до 90. При этом уменьшение щели приводит к росту количества завихрений. При сужении щели на 10, 20 и 30 % количество завихрений в среднем увеличивается на 10, 11 и 12,5 % соответственно (рисунок 3).

В том случае, если за постоянный параметр принять наружный диаметр внешней цилиндрической трубы, равный 114 мм с толщиной стенки 4,5 мм, то можно получить зависимость наружного диаметра внутренней цилиндрической трубы от количества завихрений в межтрубном пространстве, представленную на рисунке 4. При этом было рассчитано несколько вариантов с уменьшением ширины щели на 10 % (рисунок 4).

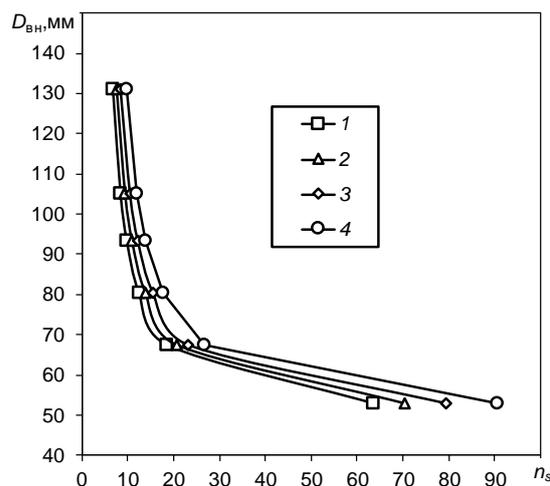


Рисунок 3 – Зависимость внутреннего диаметра внешней трубы от количества завихрений в межтрубном пространстве при различной ширине щели h_1 , мм: 1 – h_1 , 2 – $0,9h_1$, 3 – $0,8h_1$, 4 – $0,7h_1$

Figure 3 - Dependence of the internal diameter of the external pipe on the number of vortices in the inter-pipe space at different slot widths h_1 , mm: 1 – h_1 , 2 – $0,9h_1$, 3 – $0,8h_1$, 4 – $0,7h_1$

Расчетные данные показывают, что по мере увеличения наружного диаметра внутренней цилиндрической трубы при постоянном диаметре внешней трубы, количество завихрений увеличивается. При уменьшении ширины щели на 10, 20 и 30 % количество завихрений возрастает в среднем на 16, 26 и 44 % соответственно (рисунок 4).

Таким образом, представленные расчетные зависимости показывают, что классификатор может быть собран практически в каждом слесарном цеху промышленного предприятия с использованием цилиндрических труб любых диаметров. Однако в зависимости от количества завихрений в межтрубном пространстве будет варьироваться центробежная сила, влияющая на сепарацию частиц из газового потока, что требует дополнительных теоретических расчетов. Поэтому в ближайшей перспективе методика расчета классификатора с соосно расположенными трубами будет дополнена зависимостями между

конструктивными, технологическими и теплофизическими параметрами.

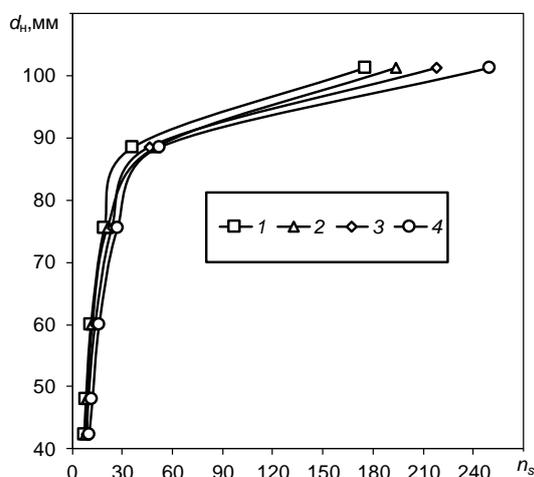


Рисунок 4 – Зависимость наружного диаметра внутренней трубы от количества завихрений в межтрубном пространстве при различной ширине щели h_1 , мм: 1 – h_1 , 2 – $0,9h_1$, 3 – $0,8h_1$, 4 – $0,7h_1$

Figure 4 - Dependence of the outer diameter of the inner pipe on the number of vortices in the inter-pipe space at different slot widths h_1 , mm: 1 – h_1 , 2 – $0,9h_1$, 3 – $0,8h_1$, 4 – $0,7h_1$

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы: 1) в работе представлена конструкция классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля; 2) новизной конструкции является конструктивное оформление устройства, позволяющее создать устойчивую вихревую структуру в межтрубном пространстве с высокими значениями центробежных сил. При этом каждое завихрение дополнительно ускоряет соседние; 3) представлена методика расчета, позволяющая собрать классификатор из цилиндрических труб любых размеров. При этом будет создана устойчивая вихревая структура в межтрубном пространстве; 4) рассмотрено несколько вариаций создания классификатора из труб различного диаметра по ГОСТу 3262-75. При этом показано, что при увеличении области в межтрубном пространстве, т. е. увеличении расстояния между внешней и внутренней цилиндрическими трубами, количество завихрений уменьшается, а их диаметр увеличивается. В данном случае при постоянной входной скорости газового потока в устройство центробежная сила будет уменьшаться вследствие увеличения радиуса вихрей. Также показано, что уменьшение ширины щели приводит к увеличению количества завихрений в межтрубном

пространстве. Отсутствие движущихся частей, простота изготовления и применения, высокая селективность являются главными достоинствами разработанного классификатора с соосно расположенными трубами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисица А.В. Дробление и измельчение рудных и нерудных материалов свободным ударом в центробежно-ударных дробилках и мельницах // Тяжелое машиностроение. 2005. № 7. С. 40–42.
2. Солодовников Д.Н., Ханин С.Н., Воронин В.П. Возможности повышения эффективности процесса измельчения цементного клинкера в трубной мельнице // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 76–79.
3. Вайтехович П.Е., Семененко Д.В. Эффективность измельчения в горизонтальной планетарной мельнице // Химическая промышленность сегодня. 2012. № 8. С. 49–53.
4. Гарабажиу А.А., Мурог В.Ю. Физическое моделирование процессов измельчения и классификации сыпучих материалов в роторно-центробежной мельнице // Химическая промышленность. 2004. № 2. С. 36–45.
5. Подоляко В.И., Тарасов Б.Т. Совершенствование процесса воздушной классификации проб зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. Т. 63. № 1. – С. 61–66.
6. Рыбалко Р.И., Гуцин О.В. Исследования процессов аэродинамической классификации сыпучих материалов в двухстадийном сепараторе // Интерстроймех-2016 (International building technics-2016). 2016. С. 129–136.
7. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Харьков В.В. Исследование влияния конструктивных и физических параметров на структуру движения газового потока в прямоугольном сепараторе // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23. № 3. С. 85–88.
8. Шуляк В.А., Киркор М.А. Центробежная классификация пищевых порошков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2005. № 2–3. С. 91–93.
9. Ширинова Д.Б. Классификация полидисперсного порошка молебденита // Евразийский научный журнал. 2016. № 2. С. 127–128.
10. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Мубаракшина Р.Р. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 18–22.
11. Дроздова О.И., Гребенникова В.А., Мансур Л.М., Шагарова А.А. Моделирование процесса классификации твердых сыпучих материалов // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2020. № 4. С. 18–23.
12. The gas flow dynamics in a separator with coaxially arranged pipes / V.E. Zinurov [и др.] // MATEC Web of Conferences. 2020. V. 329. P. 03035. DOI: 10.1051/mateconf/202032903035.
13. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes //

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИЛИКАГЕЛЯ

MATEC Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056.
DOI: 10.1051/e3sconf/202019301056.

14. Пылеуловитель-классификатор с соосно расположенными трубами : патент 201604 Российская Федерация : заяв. № 2020128520 : дата заявки 26.08.2020 : опубл. 23.12.2020 / Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Мадышев И.Н., Биккулов Р.Я., Зинуров В.Э.; заявитель и патентообладатель Дмитриев А.В., Биккулов Р.Я. Бюл. № 36. 6 с.

Информация об авторах

В. Э. Зинуров – ассистент кафедры «Теоретические основы теплотехники» Казанского государственного энергетического университета.

И. Н. Мадышев – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры «Оборудование пищевых производств» Казанского национального исследовательского технологического университета.

А. Р. Ивахненко – студент кафедры «Теоретические основы теплотехники» Казанского государственного энергетического университета.

И. В. Петрова – магистрант кафедры «Теоретические основы теплотехники» Казанского государственного энергетического университета.

REFERENCES

1. Lisitsa, A.V. (2005). Crushing and grinding of ore and nonmetallic materials by free impact in centrifugal impact crushers and mills. *Heavy engineering*, (7), 40-42. (In Russ.).

2. Solodovnikov, D.N., Khanin, S.N., & Voronov, V.P. (2009). Opportunities for improving the efficiency of the process of grinding cement clinker in a pipe mill. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhov*, (1), 76-79. (In Russ.).

3. Vaytehovich, P.E., Semenenko, D.V. (2012). Efficiency of grinding in a horizontal planetary mill. *Chemical industry today*, (8), 49-53. (In Russ.).

4. Garabagiu, A.A. & Murog, V.Yu. (2004). Physical modeling of the processes of grinding and classification of bulk materials in a rotary-centrifugal mill. *Chemical Industry*, (2), 36-45. (In Russ.).

5. Podolyako, V.I. & Tarasov, B.T. (2010). Improvement of the process of air classification of grain samples. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 63(1), 61-66. (In Russ.).

6. Rybalko, R.I. & Gushchin, O.V. (2016). Studies of the processes of aerodynamic classification of bulk materials in a two-stage separator. *Inter-*

stroyekh-2016 (International building techniques-2016), p. 129-136. (In Russ.).

7. Dmitriev, A.V., Zinurov, V.E., Dmitrieva, O.S. & Kharkiv, V.V. (2020). Research of the influence of structural and physical parameters on the structure of the gas flow motion in a rectangular separator. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 23(3), 85-88. (In Russ.).

8. Shulyak, V.A. & Kirkor, M.A. (2005). Centrifugal classification of food powders. *News of Higher educational Institutions. Food technology*, (2-3), 91-93. (In Russ.).

9. Shirinova, D.B. (2016). Classification of poly-disperse molybdenite powder. *Eurasian Scientific Journal*, (2), 127-128. (In Russ.).

10. Zinnurov, V.E., Dmitriev, A.V. & Mubarakshina, R.R. (2020). Improving the efficiency of aspiration systems in the processing of starchy raw materials. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 18-22. (In Russ.).

11. Drozdova, O.I., Grebennikova, V.A., Mansur, L.M. & Shagarova, A.A. (2020). Modeling of the classification process of solid bulk materials. *Energy and resource conservation: industry and transport*, (4), 18-23. (In Russ.).

12. Zinurov, V.E., Dmitriev, A.V., Badretdinova, G.R., Bikkulov, R.Ya. & Madyshev, I.N. (2020). The gas flow dynamics in a separator with coaxially arranged pipes. *MATEC Web of Conferences*, (329), 03035. DOI: 10.1051/matecconf/202032903035.

13. Zinurov, V.E., Dmitriev, A.V., Ruzanova, M.A. & Dmitrieva, O.S. (2020). Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes. *MATEC Web of Conferences*, (193), 01056, DOI: 10.1051/e3sconf/202019301056.

14. Dmitriev, A.V., Dmitrieva, O.S., Madyshev, I.N., Bikkulov, R.Ya., Zinurov, V.E., applicant and patent holder Dmitriev, A.V. & Bikkulov, R.Ya. (2020). Dust collector-classifier with collocated pipes. *Pat. 201604 Russian Federation, publ. 23.12.2020*. Byul. No. 36. (In Russ.).

Information about the authors

V. E. Zinurov – assistant of the Department "Theoretical foundations of heat engineering" of Kazan State Power Engineering University.

I. N. Madyshev – candidate of technical Sciences, senior researcher of the Department "Equipment for food industry" of Kazan National Research Technological University.

A. R. Ivakhnenko – student of the Department "Theoretical foundations of heat engineering" of Kazan State Power Engineering University.

I. V. Petrova – graduate student of the Department "Theoretical foundations of heat engineering" of Kazan State Power Engineering University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.03.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 Mar 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.



Научная статья
05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
УДК 541.64:546.65:535.37
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.030

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК A^{II}B^{VI}, ЛЕГИРОВАННЫХ ИОНАМИ МАРГАНЦА (II) И МЕДИ (I, II)

Анастасия Александровна Исаева ¹, Лина Викторовна Затонская ², Павел Викторович Лыков ³, Владимир Петрович Смагин ⁴

^{1, 2, 3, 4} Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия
¹ anastasya_isaeva_1993@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4085-2887>
² zatonskayalv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2842-2710>
³ paul.lykov.chem@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6855-278X>
⁴ smaginV@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4782-6355>

Аннотация. Ионы марганца (II) и меди (I, II) являются востребованными легирующими примесями, способными существенно модифицировать оптический спектр полупроводниковой матрицы. В литературе встречаются противоречивые данные о влиянии ионов меди и совместном влиянии ионов меди и марганца на фотолюминесцентные свойства полупроводниковых квантовых точек. Цель данной работы – получение многослойных квантовых точек на основе сульфидов цинка и кадмия, совместно легированных ионами марганца и меди, закрепленных в полимерной матрице, и изучение их фотолюминесцентных свойств. В качестве метода получения легированных многослойных квантовых точек был выбран метод коллоидного синтеза, отверждение коллоидных растворов проводили радикальной термической полимеризацией, влияние легирующих ионов оценивали по изменениям в спектрах фотолюминесценции. Исходя из спектров фотолюминесценции, ионы меди значительно изменяют эмиссионные свойства наночастиц. Находясь в кристаллической решетке полупроводника, как в одновалентном, так и в двухвалентном состоянии, ионы меди создают многочисленные дефекты в решетке и на поверхности полупроводников, являющиеся эффективными центрами фотолюминесценции. Внешне влияние дефектов проявляется в уширении полосы фотолюминесценции, связанной с собственными дефектами сульфида цинка, появлении пологого плеча данной полосы, продолжающегося до зеленой области спектра, практически полным исчезновением полосы фотолюминесценции сульфида кадмия. Фотолюминесценция, связанная с ионами марганца, на зарегистрированных спектрах не проявляется.

Ключевые слова: многослойные квантовые точки, сульфид кадмия, сульфид цинка, ионы марганца (II), ионы меди (I, II), легирование, коллоидный синтез, полиметилметакрилат, фотолюминесценция, дефекты кристаллической решетки.

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-33-90023).

Для цитирования: Фотолюминесценция многослойных квантовых точек A^{II}B^{VI}, легированных ионами марганца (II) и меди (I, II) / А. А. Исаева [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 212–217. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.030.

Original article

PHOTOLUMINESCENCE OF A^{II}B^{VI} MULTILAYER QUANTUM DOTS DOPED WITH MANGANESE (II) AND COPPER (I, II) IONS

Anastasia A. Isaeva¹, Lina V. Zatonskaya², Pavel V. Lykov³, Vladimir P. Smagin⁴

^{1, 2, 3, 4} Altai State University, Barnaul, Russia

¹ anastasya_isaeva_1993@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4085-2887>

² zatonskayalv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2842-2710>

³ paul.lykov.chem@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6855-278X>

⁴ smaginV@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4782-6355>

Abstract. Manganese (II) and copper (I, II) ions are popular doping impurities that can significantly modify the optical spectrum of a semiconductor matrix. In the literature, there are conflicting data on the effect of copper ions and the combined effect of copper and manganese ions on the photoluminescent properties of semiconductor quantum dots. The aim of this work is to obtain multilayer quantum dots based on zinc and cadmium sulfides, jointly doped with manganese and copper ions, fixed in a polymer matrix, and to study their photoluminescent properties. As a method for obtaining doped multilayer quantum dots, the method of colloidal synthesis was chosen, the solidification of colloidal solutions was carried out by radical thermal polymerization, and the effect of doping ions was evaluated by changes in the photoluminescence spectra. Based on the photoluminescence spectra, copper ions significantly change the emission properties of nanoparticles. Being in the crystal lattice of a semiconductor in both monovalent and divalent states, copper ions create numerous defects in the lattice and on the surface of semiconductors, which are effective photoluminescence centers. Externally, the effect of defects manifests itself in the broadening of the photoluminescence band associated with intrinsic defects of zinc sulfide, the appearance of a flat shoulder of this band, extending to the green region of the spectrum, and the almost complete disappearance of the photoluminescence band of cadmium sulfide. The photoluminescence associated with manganese ions does not appear in the recorded spectra.

Keywords: multilayer quantum dots, cadmium sulfide, zinc sulfide, manganese (II) ions, copper (I, II) ions, doping, colloidal synthesis, polymethyl methacrylate, photoluminescence, crystal lattice defects.

Acknowledgements: The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research (project № 19-33-90023).

For citation: Isaeva, A. A., Zatonskaya, L. V., Lykov, P. V. & Smagin, V. P. (2021). Photoluminescence of A^{II}B^{VI} multilayer quantum dots doped with manganese (II) and copper (I, II) ions. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 212-217. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.030.

ВВЕДЕНИЕ

Фотолюминесценция (ФЛ) – одно из основных свойств нанокристаллов полупроводников группы A^{II}B^{VI}. Для соединений этой группы характерна собственная ФЛ, вызванная дефектами решетки: вакансиями и междоузельными атомами. Однако наиболее интересные и регулируемые оптические свойства определяются наличием примесей и легирующих компонентов [1]. Легирование ионами металлов может существенно изменить спектр ФЛ полупроводниковой матрицы. В качестве легирующих компонентов часто используют ионы марганца и меди.

Для соединений, содержащих марганец, независимо от его концентрации, характерно

наличие пика ФЛ в области ≈ 580нм, связанного с ⁴T₁ → ⁶A₁ переходами электронов [2, 3]. Однако концентрация ионов марганца влияет на «выбор» механизма ФЛ и пиковую интенсивность. Первый механизм реализуется при концентрации ионов марганца ≤ 1 %: электромагнитная волна возбуждает s–p-электронные состояния полупроводниковой матрицы, далее происходит резонансный сенсibilизационный перенос энергии на уровни, соответствующие d-электронным состояниям ионов Mn²⁺, в результате последние действуют как эффективные люминесцентные центры. ФЛ по второму механизму протекает при концентрации Mn²⁺ ≥ 1 %, при этом происходит селективное возбуждение в полосы поглощения Mn²⁺ и переход между собственными уровнями энергии ионов марганца [4, 5].

Востребованность меди как легирующей примеси обусловлена низкой энергией образования ионов меди, что позволяют ей быстро встраиваться в кристаллическую решетку полупроводника-хозяина. Ионы меди могут действовать как акцепторы, так и как доноры. Легируемые ионами меди полупроводниковые структуры применяются в электронике, например, в составе фотоэлектрических элементов и светодиодов [6]. При легировании ионами меди по литературным данным в спектре ФЛ сульфида цинка наблюдаются полосы в синей (~ 400, 470–480 нм) и зеленой (~ 530 нм) областях, а для сульфида кадмия – в красной и инфракрасной спектральных областях (≥ 700 нм) [6–10]. Известно, что при образовании нанокристаллов ионы меди (II) склонны восстанавливаться до одновалентного состояния [7, 11]. Излучение легированных медью полупроводников зависит от концентрации ионов меди, их электронного состояния и размера частиц [9]. На данный момент механизм внедрения ионов меди в кристаллическую решетку полупроводниковой матрицы не до конца известен [7, 11]. На энергетической диаграмме полупроводника, легированного ионами меди, можно проследить следующие процессы: 1) миграцию дырок из валентной зоны на уровень одновалентной меди вследствие близости их энергий, захват электрона и переход на уровни 2T_2 или 2E двухвалентной меди; 2) излучение, связанное с переходом электронов из зоны проводимости полупроводника на уровни 2T_2 или 2E двухвалентной меди [10]. В случае Cu^{2+} легированных материалов синюю полосу излучения (400 нм) относят к переходам из зоны проводимости полупроводника в 2T_2 состояние ионов меди, сине-зеленую полосу излучения (470–480 нм) объясняют переходом от «мелкого» уровня донора к состоянию 2T_2 – например, от кислорода к меди [6, 9]. 530 нм – люминесценция с глубоких уровней меди $2+$ [6]. Батохромный сдвиг в область ≥ 700 нм для CdS также связывают с глубокими уровнями меди [10].

В работах [9, 12] замечено, что при совместном присутствии в качестве легирующих компонентов марганца и меди ФЛ первого преобладает и ингибирует ФЛ меди.

В целом в литературе встречаются неоднозначные данные о ФЛ, вызванной ионами меди и совместно присутствующими ионами марганца и меди [11, 13], поэтому цель данной работы – получение многослойных квантовых точек (МКТ) на основе сульфидов цинка и кадмия, совместно легированных ионами марганца и меди, закрепленных в полимерной матрице, и изучение их фотолюминесцентных свойств.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

МКТ на основе сульфидов кадмия и цинка, послойно легированные ионами марганца (II) и меди (II, I), были получены методом коллоидного синтеза в среде метилметакрилата (ММА). Основа всех синтезированных МКТ – структура $ZnS / CdS / ZnS$, в которую послойно вводили ионы марганца и меди. Источники ионов металлов – трифторацетаты кадмия, цинка, марганца (II), меди (II), источник сульфид-ионов – тиаоацетамид. Получено 3 типа МКТ, различающихся порядком введения в слои МКТ легирующих ионов.

Для получения МКТ первого типа в пробирку помещали навески трифторацетатов цинка, марганца и тиаоацетамида в количестве 0,0030, 0,0005 и 0,0030 моль/л соответственно, растворяли в ММА и нагревали на водяной бане в течение 20 мин при температуре 70 °С. Во вторую пробирку помещали навески трифторацетатов кадмия, меди и тиаоацетамида в количестве 0,0030, 0,0005 и 0,0030 моль/л соответственно, растворяли в ММА, полученный раствор добавляли в первую пробирку и нагревали на водяной бане в течение 20 мин при температуре 70 °С. В третью пробирку помещали навески трифторацетата цинка и тиаоацетамида в количестве 0,0030 и 0,0030 моль/л соответственно, растворяли в ММА, полученный раствор добавляли в первую пробирку и нагревали на водяной бане в течение 20 мин при температуре 70 °С. В результате были получены МКТ состава $(Zn, Mn)S / (Cd, Cu)S / ZnS$.

МКТ второго типа получали аналогичным образом, однако вторым слоем выступал чистый сульфид кадмия, а внешней оболочкой – сульфид цинка, легированный ионами меди. Все мольные соотношения сохранены. В результате были получены МКТ состава $(Zn, Mn)S / CdS / (Zn, Cu)S$.

МКТ третьего типа также получали аналогично типу 1. Ядро – сульфид цинка, легированный ионами меди, внутренняя оболочка – сульфид кадмия, легированный ионами марганца, внешняя оболочка – чистый сульфид цинка. Все мольные соотношения металлов и тиаоацетамида сохранены. В результате были получены МКТ состава $(Zn, Cu)S / (Cd, Mn)S / ZnS$.

При получении МКТ на стадии растворения трифторацетата меди и тиаоацетамида и обменной реакции между ними раствор приобретает черную окраску, однако в ходе дальнейшего синтеза раствор менял окраску на светло-зеленую и проявлял опалесценцию. Эти наблюдения говорят о восстановлении

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК A^{II}V^{VI}, ЛЕГИРОВАННЫХ ИОНАМИ МАРГАНЦА (II) И МЕДИ (I, II)

меди до одновалентного состояния и получении коллоидного раствора.

Для фиксации МКТ и регистрации их ФЛ коллоидные растворы были переведены в стеклообразное состояние методом радикальной термической полимеризации метилметакрилата по методике, описанной в работах [14, 15]. Получены композиции полиметилметакрилат (ПММА) / (Zn, Cd, Mn, Cu) / S с различным распределением ионов Mn²⁺, Cu²⁺ и Cu⁺ в матрице на основе сульфидов цинка и кадмия.

Спектры ФЛ полимерных стекол, содержащих синтезированные МКТ, были зарегистрированы при комнатной температуре на спектрофлуориметре Shimadzu RF-5301PC аналогично [15] при возбуждении излучением с длиной волны 320 нм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные спектры ФЛ представлены на рисунке 1. Для спектров всех трех типов МКТ наблюдается интенсивная полоса ФЛ с пологим правым плечом. Пики ФЛ приходятся на длины волн 414, 399 и 420 нм. При длинах волн ≥ 760 нм расположен малоинтенсивный (макс. 19 отн.ед.) широкий пик.

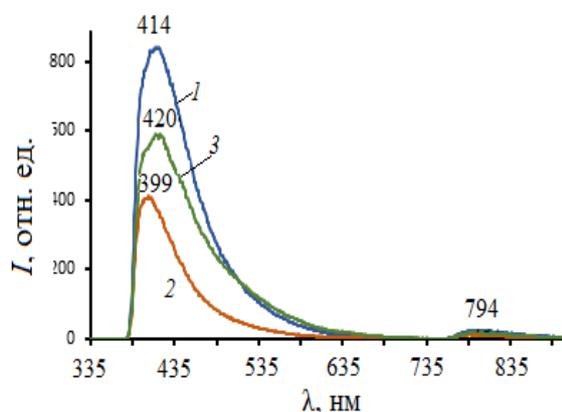


Рисунок 1 – Спектры фотолюминесценции композиций: 1 – ПММА / [(Zn, Mn)S / (Cd, Cu)S / ZnS]; 2 – ПММА / [(Zn, Mn)S / CdS / (Zn, Cu)S]; 3 – ПММА / [(Zn, Cu)S / (Cd, Mn)S / ZnS]

Figure 1 – The photoluminescence spectrum of the compositions:

- 1 – PMMA/[(Zn,Mn)S/(Cd,Cu)S/ZnS],
- 2 – PMMA/[(Zn,Mn)S/CdS/(Zn,Cu)S],
- 3 – PMMA/[(Zn,Cu)S/(Cd,Mn)S/ZnS]

Характерной чертой полученных спектров является отсутствие широкой интенсивной полосы ФЛ, присущей сульфиду кадмия (600–700 нм), также отсутствует марганцевый пик, связанный с его ${}^4T_1 \rightarrow {}^6A_1$ электронными переходами. Наблюдаемую картину можно

объяснить расположением сульфида кадмия и ионов марганца во внутренних слоях, однако в опубликованной ранее работе [16] на спектрах ФЛ МКТ ZnS / CdS / ZnS, синтезированных по аналогичной методике, полоса CdS стабильно проявлялась. Этот факт является косвенным подтверждением влияния ионов меди (I) на ФЛ CdS. Образуя дефекты в полупроводниковой структуре аналогично ионам Pb²⁺ [16] с соответствующими им уровнями энергии в запрещенной зоне, они тушат люминесценцию CdS, увеличивая вероятность безызлучательной дезактивации.

Вероятно, проявлением ФЛ CdS является малоинтенсивный пик при длинах волн ≥ 760 нм. В работах [7, 10] показано, что при легировании сульфида кадмия ионами меди происходит батохромный сдвиг полосы люминесценции в область более 740 нм. В этих исследованиях отмечено, что с увеличением времени синтеза наночастиц, более чем на 30 мин, идет смещение ФЛ в регион ИК-излучения. Авторы связывают батохромный сдвиг с глубокими ловушками ионов меди в запрещенной зоне сульфида кадмия. Относительно низкая интенсивность объясняется концентрационным тушением ФЛ: накапливается достаточное количество дефектов на поверхности и в структуре полупроводника, что приводит к увеличению вероятности безызлучательных процессов при усложнении энергетической диаграммы композиции [14]. Действительно, на момент синтеза внутреннего слоя МКТ к накопленным собственным дефектам полупроводника добавляются примесные дефекты, вызванные внесением ионов марганца (II) и меди (I, II), а также захватом кислорода из окружающей среды с последующей заменой на него атомов серы.

Исходя из литературных данных и наблюдаемых при синтезе наночастиц процессов, ионы меди, внедренные в кристаллическую решетку МКТ, находятся преимущественно в одновалентном состоянии [7, 9–11]. Согласно [6, 9], ионы Cu⁺ в значительной степени влияют на ФЛ легированных наночастиц, чем Cu²⁺. Ионы Cu²⁺ вносят вклад в ФЛ в спектральном диапазоне 520–530 нм [9].

Подтверждением присутствия и влияния ионов Cu²⁺ на ФЛ МКТ является интенсивная полоса в синей области спектра, за которую кроме собственных дефектов в кристаллической решетке сульфида цинка [6, 14–16] могут быть ответственны дефекты, связанные с введением ионов двухвалентной меди: междоузельная медь, замещение иона металла в решетке полупроводниковой матрицы на ионы Cu²⁺. Эти дефекты образуют в запрещенной

зоне полупроводника два энергетических уровня 2T_2 и 2E , на которые возможен переход возбужденного электрона из зоны проводимости хозяина [6, 8–11]. Плечо пика (рисунок 1), продолжающееся в зеленую область спектра, подтверждает наличие созданных двухвалентной медью глубоких ловушек в запрещенной зоне сульфида цинка и переход на них электрона [11, 17].

Из вышесказанного следует вывод, что дефекты, обусловленные внедрением ионов меди в решетку и на поверхность как сульфида цинка и сульфида кадмия, так и всей МКТ в целом, являются более конкурентоспособными и эффективными центрами ФЛ, чем собственные дефекты полупроводников.

ВЫВОДЫ

Методом коллоидного синтеза были получены МКТ на основе сульфида цинка и сульфида кадмия, послойно легированные ионами марганца (II) и меди (I, II) и закрепленные в матрице полиметилметакрилата. Зарегистрирована ФЛ синтезированных МКТ. Ионы меди, выступающие в качестве легирующей добавки, заметно влияют на спектры ФЛ: увеличивается интенсивность и происходит уширение коротковолновой полосы, характерной для ZnS, наблюдается батохромный сдвиг и практически полное исчезновение полосы CdS, ФЛ, связанная с внутренними переходами марганца, отсутствует. Описанные явления вызваны появлением в запрещенных зонах полупроводников уровней двухвалентной и одновалентной меди и эффективной ФЛ с их участием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огурцов К.А., Бахметьев В.В., Абызов А.М., Цветкова М.Н., Сычев М.М. Влияние магния на основные характеристики ZnS : Cu люминофоров // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического ун-та). 2010. № 7. С. 13–16.
2. Kuzmanovic M., Bozanic D.K., Milivojevic D., Mitic-Culafic D., Stankovic S., Ballesteros C., Gonzalez-Benito J. Sodium-alginate biopolymer as a template for the synthesis of nontoxic red emitting Mn²⁺-doped CdS nanoparticles // RSC Advances. 2017. V. 7. P. 53422–53432.
3. Deka K., Kalita M.P.C. Structural, optical and ion sensing properties of 2-mercaptoethanol capped Mn-doped ZnS nanocrystals // Superlattices and Microstructures. 2017. № 111. P. 373–384.
4. Nasser R., Elhouichet H., Férid M. Effect of Mn doping on structural, optical and photocatalytic behaviors of hydrothermal Zn_{1-x}Mn_xS nanocrystals // Applied Surface Science. 2015. № 351. P. 1122–1130.
5. Исаева А.А., Смагин В.П. Синтез и фотолюми-

несценция наноразмерных структур на основе сульфидов цинка, кадмия и марганца в полиакрилатной матрице // Физика и техника полупроводников. 2020. Т. 54. № 12. С. 1321–1330.

6. Joyce Stella R., Thirumala Rao G., Babu B., PushpaManjari V., Reddy C.V., Shim J., Ravikummar R.V.S.S.N. A facile synthesis and spectral characterization of Cu²⁺ doped CdO / ZnS nanocomposite // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2015. № 384. P. 6–12.

7. Сагдеев Д.О. Оптические и магнитные свойства квантовых точек халькогенидов кадмия и цинка, легированных ионами марганца, меди, европия и гадолиния : дис. ... канд. хим. наук. Казань, 2019. 160 с.

8. Muruganandam S., Anbalagan G., Murugadoss G. Optical and Magnetic properties of PVP surfactant with Cu doped CdS nanoparticles // Optik – International Journal for Light and Electron Optics. 2017. № 130. P. 82–90.

9. Bansal N., Mohanta G.C., Singh K. Effect of Mn²⁺ and Cu²⁺ co-doping on structural and luminescent properties of ZnS nanoparticles // Ceramics International. 2017. V. 43 (9). P. 7193–7201.

10. Zhang F., He X.-W., Li W.-Y., Zhang Y.-K. One-pot aqueous synthesis of composition-tunable near-infrared emitting Cu-doped CdS quantum dots as fluorescence imaging probes in living cells // Journal of Materials Chemistry. 2012. V. 22 (41). P. 22250–22257.

11. Srivastava B.B., Jana S., Pradhan N. Doping Cu in Semiconductor Nanocrystals : Some Old and Some New Physical Insights // Journal of the American Chemistry Society. 2011. № 133. P. 1007–1015.

12. Jana S., Srivastava B.B., Pradhan N. Correlation of dopant states and host bandgap in dual-doped semiconductor nanocrystals // Journal of Physical Chemistry Letters. 2011. V. 2. P. 1747–1752.

13. Galyametdinov Yu.G., Sagdeev D.O., Voronkova V.K., Sukhanov A.A., Shamilov R.R. Paramagnetic Mn : CdS / ZnS quantum dots: synthesis, luminescence, and magnetic properties // Russian Chemical Bulletin, International Edition. 2018. V. 67. № 1. P. 172–175.

14. Исаева А.А., Смагин В.П. Влияние условий синтеза на фотолюминесценцию композиций полиметилметакрилат / (Zn,Cd_{1-x})S // Журнал неорганической химии. 2019. Т. 64. № 10. С. 1020–1025.

15. Smagin V.P., Isaeva A.A., Eremina N.S., Biryukov A.A. Synthesis and Absorption and Luminescence Spectra of Poly(methyl methacrylate) : Cd(Mn, Pb)S Composites // Russian Journal of Applied Chemistry. 2015. V. 88. № 6. P. 1020–1025.

16. Исаева А.А., Смагин В.П. Влияние ионов свинца на фотолюминесцентные свойства композиций полиметилметакрилат / (Zn, Pb)S / CdS / (Zn, Pb)S // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2020. Т. 63. Вып. 11. С. 82–87.

17. Askri B., Riahi I., Mimouni R., Amlouk M. Photoluminescence and dielectric properties of (Al / Cu) and (In / Cu) co-doped ZnO sprayed thin films under the oxygen deficiency framework // Superlattices and Microstructures. 2020. V. 150. P. 106731.

Информация об авторах

А. А. Исаева – аспирант кафедры физической и неорганической химии Алтайского государственного университета.

Л. В. Затонская – кандидат химических

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2021

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК A^{II}B^{VI}, ЛЕГИРОВАННЫХ ИОНАМИ МАРГАНЦА (II) И МЕДИ (I, II)

наук, доцент кафедры техносферной безопасности и аналитической химии Алтайского государственного университета.

П. В. Лыков – преподаватель кафедры техносферной безопасности и аналитической химии Алтайского государственного университета.

В. П. Смагин – доктор химических наук, профессор кафедры техносферной безопасности и аналитической химии Алтайского государственного университета.

REFERENCES

1. Ogurtsov, K.A., Bakhmetyev, V.V., Abyzov, A.M., Tsvetkova, M.N. & Sychev, M.M. (2010). The influence of magnesium on the main characteristics of ZnS: Cu phosphors. *Bulletin of the St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)*. (7), 13-16.
2. Kuzmanovic, M., Bozanic, D.K., Milivojevic, D., Mitic-Culafic, D., Stankovic, S., Ballesteros, C. & Gonzalez-Benito, J. (2017). Sodium-alginate biopolymer as a template for the synthesis of nontoxic red emitting Mn²⁺-doped CdS nanoparticles. *RSC Advances*. (7), 53422-53432.
3. Deka, K. & Kalita, M.P.C. (2017). Structural, optical and ion sensing properties of 2-mercaptoethanol capped Mn-doped ZnS nanocrystals. *Superlattices and Microstructures*. (111), 373-384.
4. Nasser, R., Elhouichet, H. & Férid, M. (2015). Effect of Mn doping on structural, optical and photocatalytic behaviors of hydrothermal Zn_{1-x}Mn_xS nanocrystals. *Applied Surface Science*. (351), 1122-1130.
5. Isaeva, A.A. & Smagin, V.P. (2020). Synthesis and photoluminescence of nanoscale structures based on zinc, cadmium and manganese sulfides in a polyacrylate matrix. *Physics and technology of semiconductors*. 54(12), 1321-1330.
6. Joyce, Stella R., Thirumala, Rao G., Babu, B., Pushpa, Manjari V., Reddy, C.V., Shim, J. & Ravikumar, R.V.S.S.N. (2015). A facile synthesis and spectral characterization of Cu²⁺ doped CdO / ZnS nanocomposite. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. (384), 6-12.
7. Sagdeev, D.O. (2019). Optical and magnetic properties of quantum dots of cadmium and zinc chalcogenides doped with ions of manganese, copper, europium and gadolinium. *Extended abstract of candidate's chemises*. Kazan. (In Russ.).
8. Muruganandam, S., Anbalagan, G. & Murugadoss, G. (2017). Optical and Magnetic properties of PVP surfactant with Cu doped CdS nanoparticles. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*.(130), 82-90.
9. Bansal, N., Mohanta, G.C. & Singh, K. (2017). Effect of Mn²⁺ and Cu²⁺ co-doping on structural and luminescent properties of ZnS nanoparticles. *Ceramics International*. 43(9), 7193-7201.
10. Zhang, F., He, X.-W., Li, W.-Y. & Zhang, Y.-K.

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

Статья поступила в редакцию 24.03.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 17.05.2021.

The article was received by the editorial board on 24 Mar 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 17 May 21.

(2012). One-pot aqueous synthesis of composition-tunable near-infrared emitting Cu-doped CdS quantum dots as fluorescence imaging probes in living cells. *Journal of Materials Chemistry*. 22 (41), 22250-22257.

11. Srivastava, B.B., Jana, S. & Pradhan, N. (2011). Doping Cu in Semiconductor Nanocrystals: Some Old and Some New Physical Insights. *Journal of the American Chemical Society*. (133), 1007-1015.

12. Jana, S., Srivastava, B.B. & Pradhan, N. (2011). Correlation of dopant states and host bandgap in dual-doped semiconductor nanocrystals. *Journal of Physical Chemistry Letters*. (2), 1747-1752.

13. Galyametdinov, Yu.G., Sagdeev, D.O., Voronkova, V.K., Sukhanov, A.A. & Shamilov, R.R. (2018). Paramagnetic Mn : CdS / ZnS quantum dots: synthesis, luminescence, and magnetic properties. *Russian Chemical Bulletin, International Edition*. 67(1), 172-175.

14. Isaeva, A.A. & Smagin, V.P. (2019). Influence of synthesis conditions on photoluminescence of polymethyl methacrylate / (Zn_xCd_{1-x})S compositions. *Journal of Inorganic Chemistry*. 64(10), 1020-1025. (In Russ.).

15. Smagin, V.P., Isaeva, A.A., Eremina, N.S. & Biryukov, A.A. (2015). Synthesis and Absorption and Luminescence Spectra of Poly(methyl methacrylate) : Cd(Mn, Pb)S Composites. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 88(6), 1020-1025.

16. Isaeva, A.A. & Smagin, V.P. (2020). Influence of lead ions on the photoluminescent properties of polymethylmethacrylate / (Zn,Pb)S / CdS / (Zn, Pb)S composites. *Izvestiya vuzov. Chemistry and chemical technology*. 63(11), 82-87. (In Russ.).

17. Askri, B., Riahi, I., Mimouni, R. & Amlouk, M. (2020). Photoluminescence and dielectric properties of (Al/Cu) and (In/Cu) co-doped ZnO sprayed thin films under the oxygen deficiency framework. *Superlattices and Microstructures*. (150), 106731.

Information about the authors

A. A. Isaeva – postgraduate student of the Department of Physical and Inorganic Chemistry, Altai State University.

L. V. Zatonskaya – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety and Analytical Chemistry, Altai State University.

P. V. Lykov – Lecturer at the Department of Technosphere Safety and Analytical Chemistry, Altai State University.

V. P. Smagin – Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Technosphere Safety and Analytical Chemistry, Altai State University.



РАЗДЕЛ 3. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Научная статья
05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов (технические науки)
УДК 621.785.5
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.031

ФОРМИРОВАНИЕ ДИФфуЗИОННОГО СЛОЯ НА СТАЛИ 45 ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ НАСЫЩЕНИИ БОРОМ, ХРОМОМ И ТИТАНОМ

Михаил Алексеевич Гурьев ¹, Сергей Геннадьевич Иванов ²,
Алексей Михайлович Гурьев ³, Бурьял Дондокович Лыгденов ⁴

^{1, 2, 3} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия
^{3, 4} Уханьский текстильный университет, Ухань, КНР
⁴ Восточно-Сибирский университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия

¹ gurievma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9191-1787>
² serg225582@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5965-0249>
³ gurievam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7570-8877>
⁴ lygdenov59@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3580-6165>

Аннотация. Однокомпонентное упрочнение стальных изделий (борирование, хромирование, азотирование, цементация) повышает износостойкость, при этом оно повышает хрупкость поверхности, снижает стойкость при тяжелых циклических нагрузках, имеет относительно низкую коррозионную стойкость. Многокомпонентные покрытия, полученные путем комплексного насыщения сталей и сплавов одновременно бором, хромом и титаном, имеют превосходные характеристики износостойкости, пластичности и коррозионной стойкости. Проведены исследования по определению кинетики формирования покрытия на стали 45 при одновременном диффузионном насыщении бором, хромом и титаном. Установлено, что экспериментальные параметры толщины диффузионного слоя боридов во времени превышают расчетные значения. Диффузионный слой имеет толщину 120 мкм при продолжительности насыщения 2,5 часа, 155 мкм при продолжительности насыщения 5 часов и 180 мкм при продолжительности насыщения 7,5 часов. Максимальная микротвердость диффузионного покрытия наблюдается не на поверхности, а на некотором расстоянии от нее (в среднем на глубине 45–60 мкм от поверхности), и достигает значений около 3200 HV_{0,1}. При этом на поверхности образцов микротвердость принимает минимальное значение около 1800 HV_{0,1}. Разработанный способ и состав позволяет получать качественные боридные покрытия. Нехарактерное распределение микротвердости с увеличением от поверхности к середине слоя дает возможность применения финишной обработки (шлифовки и / или полировки) без значительных потерь свойств, присущих диффузионным боридным слоям, что позволяет значительно расширить область применения борирования ответственных деталей машин, имеющих высокие требования к размерной точности и качеству поверхности.

Ключевые слова: бор, хром, титан, сталь, износостойкость, микроструктура, поверхностное упрочнение, диффузия, борирование.

Благодарности: Микроструктурные исследования выполнены в Лаборатории структурных исследований ЦКПЛиО АлтГТУ.

Для цитирования: Формирование диффузионного слоя на стали 45 при одновременном насыщении бором хромом и титаном / М. А. Гурьев [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 218–224. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.031.

Original article

FORMATION OF A DIFFUSION LAYER ON STEEL 45 WITH SIMULTANEOUS SATURATION WITH BORON, CHROME AND TITANIUM

Mikhail A. Guriev¹, Sergey G. Ivanov², Alexey M. Guriev³, Burial D. Lygdenov⁴

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

^{3, 4} Wuhan Textile University, Wuhan, China

⁴ East Siberian University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

¹ gurievma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9191-1787>

² serg225582@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5965-0249>

³ gurievam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7570-8877>

⁴ lygdenov59@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3580-6165>

Abstract. *Single-component hardening of steel products (boriding, chromium plating, nitriding, carburizing) increases wear resistance, while it increases surface brittleness, reduces resistance to heavy cyclic loads, and has a relatively low corrosion resistance. Multicomponent coatings obtained by complex saturation of steels and alloys with boron, chromium and titanium at the same time, have excellent characteristics of wear resistance, ductility and corrosion resistance. Research has been carried out to determine the kinetics of coating formation on steel 45 with simultaneous diffusion saturation with boron, chromium and titanium. It was found that the experimental parameters of the boride diffusion layer thickness in time exceed the calculated values. The diffusion layer has a thickness of 120 μm with a saturation time of 2.5 hours, 155 μm with a saturation time of 5 hours, and 180 μm with a saturation time of 7.5 hours. The maximum microhardness of the diffusion coating is observed not on the surface, but at some distance from it (on average, at a depth of 45-60 μm from the surface), and reaches values of about 3200 HV0.1. In this case, on the surface of the samples, the microhardness takes on a minimum value of about 1800 HV0.1. The developed method and composition makes it possible to obtain high-quality boride coatings. The uncharacteristic distribution of microhardness with an increase from the surface to the middle of the layer makes it possible to use finishing (grinding and / or polishing) without significant loss of properties inherent in diffusion boride layers, which makes it possible to significantly expand the scope of boriding of critical machine parts that have high requirements for dimensional accuracy and surface quality.*

Keywords: boron, chromium, titanium, steel, wear resistance, microstructure, surface hardening, diffusion, boriding.

Acknowledgements: Microstructural studies were carried out at the Laboratory for Structural Research CFCULR&D ASTU.

For citation: Guriev, M. A., Ivanov, S. G., Guriev, A. M. & Lygdenov, B. D. (2021). Formation of a diffusion layer on steel 45 with simultaneous saturation with boron, chrome and titanium. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 218-224. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.031.

ВВЕДЕНИЕ

Термодиффузионные покрытия имеют ряд преимуществ перед покрытиями, получаемыми путем напыления либо наплавки. Главное преимущество термодиффузионных покрытий – это возможность объемной термической обработки всего упрочняемого изделия по окончании насыщения без применения повторного нагрева. Тогда как при напылении и

наплавке термической обработке, как правило, подвергается только поверхность, а для объемной закалки требуется объемный нагрев. Эффективными методами защиты железоуглеродистых сплавов от износа являются (по мере снижения эффективности): борирование, хромирование, азотирование, цементация. Однако однокомпонентные боридные слои повышают только стойкость против износа, одновременно повышают хрупкость

поверхности и снижают стойкость при тяжелых циклических нагрузках. Кроме того, однокомпонентные боридные покрытия имеют относительно низкую коррозионную стойкость. Естественным выходом из этой ситуации является получение комплексных диффузионных покрытий путем одновременного или последовательного насыщения бором и, например, хромом и титаном. Диффузионные боридные покрытия, содержащие хром и / или титан, имеют более высокие показатели твердости, пластичности и коррозионной стойкости [1–7]. И, следовательно, многокомпонентные покрытия будут повышать ресурс работы упрочненных деталей в большей степени по сравнению с однокомпонентными покрытиями.

В предыдущих исследованиях нами было обнаружено, что диффузионное покрытие В–Cr–Ti, полученное путем комплексного насыщения сталей и сплавов одновременно бором, хромом и титаном, имеет превосходные характеристики износостойкости, пластичности и коррозионной стойкости. В настоящей работе исследовано влияние времени диффузи-

онного насыщения на микроструктуру и свойства В–Cr–Ti покрытия. Изучены и проанализированы эволюция микроструктуры и кинетика роста В–Cr–Ti диффузионных слоев.

МЕТОДЫ

В качестве основы была выбрана конструкционная углеродистая сталь 45 с номинальным составом 0,47 % С, 0,23 % Cr, 0,77 % Mn, 0,37 % Si, 0,13 % Ni и остаток Fe (в мас. %). Перед нанесением покрытия основа была разрезана на образцы размером 30 × 20 × 10 мм.

Для приготовления покрытия В–Cr–Ti использовался процесс одновременного диффузионного насыщения из насыщающей обмазки. Состав насыщающей обмазки: 50 % карбида бора в качестве сырья борирования, 20 % (Ti + Al₂O₃) в качестве сырья титанирования, 20 % (Cr + Al₂O₃) в качестве сырья хромирования, 5 % NH₄Cl в качестве активатора и 5 % графита в качестве модификатора. Все порошки имели диаметр менее 40 мкм. Для приготовления обмазки все порошки перемешивали в блендере с водой в течение 20 мин.

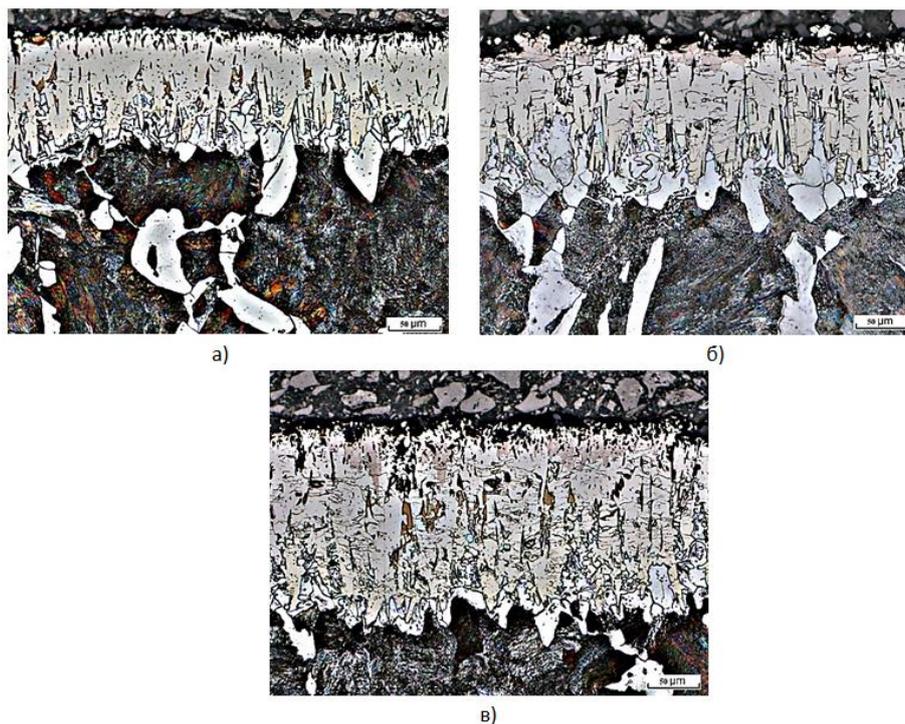


Рисунок 1 – Микроструктура диффузионного покрытия, полученного при диффузионном насыщении поверхности стали 45 одновременно бором, хромом и титаном:
а) образец L2.5; б) образец L5; в) образец L7.5

Figure 1 - Microstructure of a diffusion coating obtained by diffusion saturation of the surface of steel 45 with boron, chromium and titanium simultaneously: a) sample L2.5, b) L5, c) L7.5

ФОРМИРОВАНИЕ ДИФфуЗИОННОГО СЛОЯ НА СТАЛИ 45 ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ НАСЫЩЕНИИ БОРОМ, ХРОМОМ И ТИТАНОМ

После нанесения насыщающей обмазки на поверхность образцов, производили сушку в течение 2–3 часов под тепловой пушкой при 60 °С. Диффузионное насыщение проводили в камерной печи при 950 °С в течение 2,5 ч. При этом использовали три времени диффузионного насыщения: 2,5; 5 и 7,5 ч. Образцы были обозначены как L2.5, L5 и L7.5 соответственно. Для получения подробной информации о составах насыщающих сред и процессе диффузионного насыщения сталей и сплавов одновременно бором, хромом и титаном, можно обратиться к [1–7].

Вырезку образцов производили на прецизионном отрезном станке «MICROCUT–201», вырезанные темплеты запрессовывались на металлографическом прессе «METAPRESS» в компаунд BAKELIT. Шлифовку и полировку осуществляли на автоматическом шлифовально-полировальном станке «DIGIPREP». Исследование микроструктуры осуществляли при помощи программно-аппаратного комплекса «Thixomet PRO» по методикам, приве-

денным в [8–15]. Изображения микроструктуры диффузионных покрытий представлены на рисунке 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Как видно из представленных на рисунке 1 микроструктур, толщина диффузионного слоя растет пропорционально увеличению времени выдержки.

Согласно расчету толщины диффузионного слоя по данным источников [16–19] и по формуле:

$$h = \sqrt{D \cdot t} \quad (1)$$

где h – толщина диффузионного слоя

D – коэффициент диффузии

t – время процесса насыщения.

Произведенные согласно выражению (1) расчеты прогнозируемой толщины диффузионного слоя при значениях коэффициента диффузии D по данным [16–19] привели к следующим значениям толщины диффузионного слоя (представлено на рисунке 2).

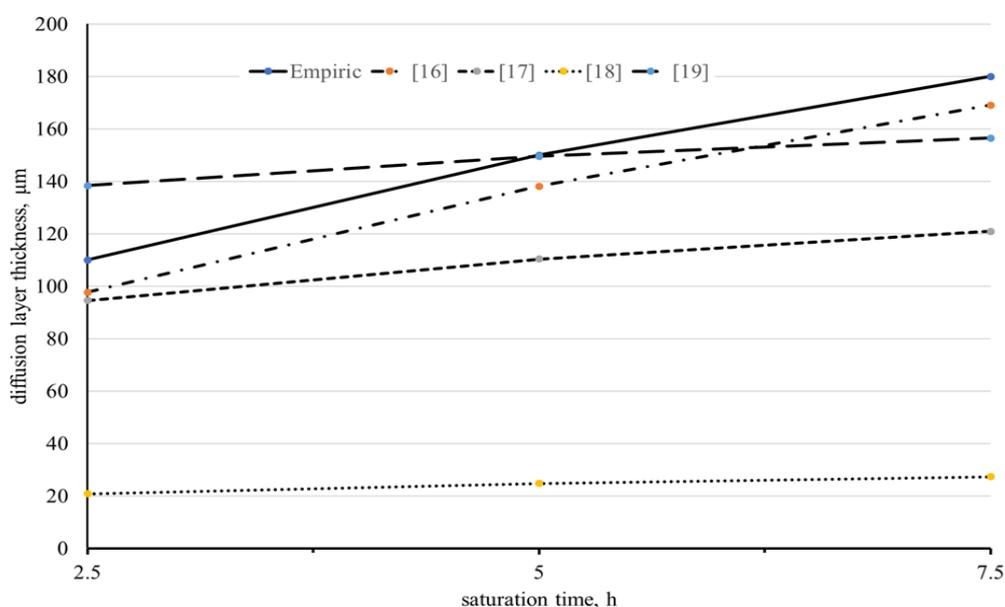


Рисунок 2 - Сравнение расчетной и прогнозной толщины диффузионного слоя боридов. [16–19] – соответственно расчетные показатели толщины слоя боридов, выполненные согласно данным источникам [16–19]

Figure 2 - Comparison of the calculated and predicted thickness of the boride diffusion layer. [16–19] - respectively, the calculated values of the thickness of the boride layer, made according to these sources [16–19]

Как видно из представленного графика, экспериментальные показатели толщины диффузионного слоя боридов с течением времени превышают расчетные значения. Главное объяснение данному факту находится в

том, что по мере увеличения времени выдержки при температуре насыщения и в случае одновременного насыщения несколькими компонентами, коэффициент диффузии изменяется во времени пропорционально времени

выдержки и химическому составу насыщающей среды. В пользу данного предположения говорит тот факт, что согласно теории Пригожина–Дефэя [20–21], химическая активность насыщающей среды зависит от химического потенциала насыщаемой поверхности. С учетом того, что химический состав насыщаемой поверхности изменяется во времени, меняется также и химическая активность насыщаемой поверхности. Как следствие, будет изменяться и коэффициент диффузии вводимых атомов пропорционально химическому составу насыщаемой поверхности. Наиболее близкие значения коэффициента диффузии D в нашем случае имеет коэффициент диффузии, определенный в [18].

Помимо исследования кинетики формирования диффузионного покрытия, исследовали также распределение микротвердости по сечению диффузионного покрытия. Результаты измерения микротвердости представлены на рисунке 3. Как видно из представленных графиков, при увеличении времени насыщения растет как толщина диффузионного покрытия, так и его микротвердость. Максимальная микротвердость диффузионного покрытия наблюдается не на поверхности, а на некотором удалении от нее. В среднем, на глубине 45–60 мкм от поверхности. При этом микротвердость на поверхности диффузионного покрытия, наоборот, стремится принять минимальное значение около 1800 HV_{0.1}.

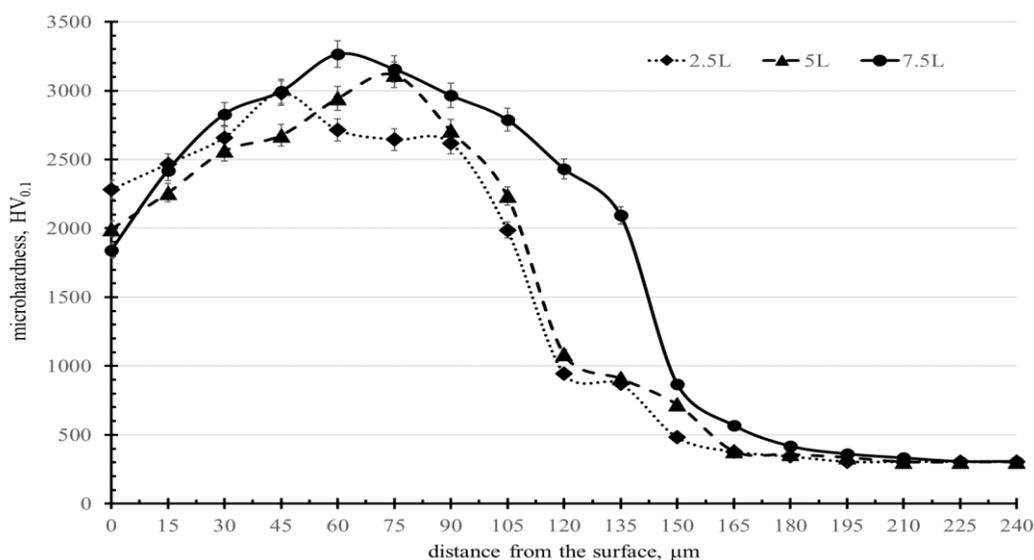


Рисунок 3 – Распределение микротвердости по сечению диффузионного слоя

Figure 3 -Distribution of microhardness over the cross section of the diffusion layer

Такое распределение микротвердости во многих случаях эксплуатации диффузионно упрочненных деталей будет благоприятным, так как это дает деталям возможность незначительного износа поверхности. И в результате этого – более плотное прилегание контактирующих поверхностей и более благоприятное распределение нагрузок.

ВЫВОДЫ

Разработанный способ и состав позволяет получать качественные боридные покрытия. Нехарактерное распределение микротвердости с увеличением от поверхности к середине слоя дает возможность применения финишной обработки (шлифовки или поли-

ровки) без значительных потерь свойств, присущих диффузионным боридным слоям, что позволяет значительно расширить область применения борирования ответственных деталей машин, имеющих высокие требования к размерной точности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ivanov S.G., Guriev A.M., Starostenkov M.D. [et al.] Special Features of Preparation of Saturating Mixtures for Diffusion Chromoborating // Russ Phys J. 57. P. 266–269, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11182-014-0234-6>.
2. Comparative study of saturating power boriding media of different composition / I.A. Garmeva [et al.] // Lett. Mater. 2016. 6 (4). P. 262–265.
3. Ivanov S.G., Guriev M.A., Loginova M.V. [et al.]. Boriding of titanium OT4 from powder saturating

ФОРМИРОВАНИЕ ДИФФУЗИОННОГО СЛОЯ НА СТАЛИ 45 ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ НАСЫЩЕНИИ БОРОМ, ХРОМОМ И ТИТАНОМ

media // *Russ. J. Non-ferrous Metals* 58. P. 244–249 (2017). <https://doi.org/10.3103/S1067821217030051>.

4. S.Q. Mei [et al.] 2019 IOP Conf. Ser. : Mater. Sci. Eng. 479 012055.

5. A.M. Guriev [et al.]. 2019 IOP Conf. Ser. : Mater. Sci. Eng. 479 012077.

6. A. Guryev, S. Ivanov, M. Guryev, S. Mei, Z. Quan. Complex diffusion saturation of carbon steel 1045 with boron, chromium, titanium and silicon, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1100, p. 012048, 2021.

7. A.M. Guryev [et al.] 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1100 012048 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1100/1/012048>.

8. Research on the Origin of Nonmetallic Inclusions in High-Strength Low-Alloy Steel Using Automated Feature Analysis / Kazakov A.A., Ryaboshuk S.V., Lyubochko D.A., Chigintsev L.S. // *Microscopy and Microanalysis*. 2015. V. 21. № 3. P. 1755–1756.

9. Vander Voort, G.F. Evaluation of Normal Versus Non-Normal Grain Size Distributions / Vander Voort G.F., Pakhomova O., Kazakov A. // *Materials Performance and Characterization*. 2016. V. 5. № 5. P. 521–534.

10. Metallurgical expertise as the base for determination of nature of defects in metal products / Kazakov A., Kovalev S., Ryaboshuk S. // *CIS Iron and Steel Review*. 2007. № 1–2. P. 7–13.

11. Nonmetallic Inclusions and Acicular Ferrite in Arc Welds of Pipeline Steels / Kazakov A., Lyubochko D. // *Microscopy and Microanalysis*. 2015. V. 21. № 3. P. 1749–1750.

12. Kazakov A., Kiselev D. Industrial Application of Thixomet // *Metallography, Microstructure and Analysis*. 2016. P. 294–301. DOI 10.1007/s13632-016-0289-6.

13. Vander Voort, G.F. ASM Handbook, Volume 9: Metallography and Microstructures. 2004. P. 493–512. DOI: 10.1361/asmhba0003752.

14. Vander Voort, G.F. Computer-Aided Microstructural Analysis of Specialty Steels // *Materials characterization*. 1991. № 27. P. 241–260.

15. Особенности методики подготовки образцов для автоматического анализа карбидной фазы стали X12Ф1 после цементации в вакууме с применением программного комплекса "ThixometPRO"/ Иванов С.Г. [и др.] // *Ползуновский вестник*. – 2020. № 2. С. 165–168.

16. Application of integral method for investigating the boriding kinetics of AISI 316 steel. ChaimaZouzou and Mourad Keddou, *Metall. Res. Technol.*, 117 2. (2020) 202. DOI: <https://doi.org/10.1051/metal/2020011>.

17. Chaima Zouzou, Mourad Keddou, Application of integral method for investigating the boriding kinetics of AISI 316 steel, *Metall. Res. Technol.* 117, 202. (2020).

18. Atila Gürhan Çelik Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2020. Vol. 56. № 4. P. 780–784. © Pleiades Publishing, Ltd., 2020.

19. Borsyakov A.S., Yuryev V.A., Ozyerlyev V.V., Levchenko E.V. (2020). Mathematical Modeling of the Kinetics of Counter Diffusion During the Formation of Boron-Containing Coatings on Steels. In:

Levchenko E., Dappe Y., Ori G. (eds) *Theory and Simulation in Physics for Materials Applications*. Springer Series in Materials Science. Vol. 296. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37790-8_14.

20. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2008. 568 с.

21. Пригожин И., Дефэй Р. *Химическая термодинамика* ; пер. с англ., 2-е изд. М. : Бинном. Лаборатория знаний, 2010. 533 с.

Информация об авторах

М. А. Гурьев – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

С. Г. Иванов – доктор технических наук, заведующий лабораторией Центра коллективного пользования лабораторно-исследовательским оборудованием Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

А. М. Гурьев – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Начертательная геометрия и графика» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, профессор Уханьского текстильного университета (КНР).

Б. Д. Лыгденов – доктор технических наук, профессор кафедры «Металловедение и технологии обработки материалов» Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, профессор Уханьского текстильного университета (КНР).

REFERENCES

1. Ivanov, S.G., Guriev, A.M., Starostenkov, M.D. et al. (2014). Special Features of Preparation of Saturating Mixtures for Diffusion Chromoborating. *Russ Phys J* (57), 266-269. <https://doi.org/10.1007/s11182-014-0234-6>.

2. Garmaeva, I.A., Guriev, A.M., Ivanova, T.G., Guriev, M.A. & Ivanov, S.G. (2016). Comparative study of saturating power boriding media of different composition. *Lett. Mater*, 6(4) 262-265.

3. Ivanov, S.G., Guriev, M.A., Loginova, M.V. et al. (2017). Boriding of titanium OT4 from powder saturating media. *Russ. J. Non-ferrous Metals*, (58), 244–249. doi.org/10.3103/S1067821217030051.

4. S.Q. Mei et al (2019). IOP Conf. Ser. : Mater. Sci. Eng. 479 012055.

5. A.M. Guriev et al (2019). IOP Conf. Ser. : Mater. Sci. Eng. 479 012077.

6. Guryev, A., Ivanov, S., Guryev, Mei, M. S. & Quan, Z. (2021). "Complex diffusion saturation of car-

bon steel 1045 with boron, chromium, titanium and silicon", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, (1100), 012048.

7. A.M. Guryev et al 2021 IOP Conf. Ser. : Mater. Sci. Eng. 1100 012048 DOI: [https://doi.org/ 10.1088/1757-899X/1100/1/012048](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1100/1/012048).

8. Kazakov, A.A., Ryaboshuk, S.V., Lyubochko, D.A. & Chigintsev, L.S. (2015). Research on the Origin of Nonmetallic Inclusions in High-Strength Low-Alloy Steel Using Automated Feature Analysis. *Microscopy and Microanalysis*. 21(3), 1755-1756.

9. Vander Voort, G.F., Pakhomova, O. & Kazakov, A. (2016). Evaluation of Normal Versus Non-Normal Grain Size Distributions. *Materials Performance and Characterization*, 5(5), 521-534.

10. Kazakov, A., Kovalev, S. & Ryaboshuk, S. (2007). Metallurgical expertise as the base for determination of nature of defects in metal products. *CIS Iron and Steel Review*, (1-2), 7-13.

11. Kazakov, A. & Lyubochko, D. (2015). Non-metallic Inclusions and Acicular Ferrite in Arc Welds of Pipeline Steels. *Microscopy and Microanalysis*, 21(3), 1749-1750.

12. Kazakov, A. & Kiselev, D. (2016). Industrial Application of Thixomet. *Metallography, Microstructure and Analysis*, P. 294-301. DOI 10.1007/s13632-016-0289-6.

13. Vander Voort, G.F. (2004). ASM Handbook. *Metallography and Microstructures*, (9), 493–512. DOI: 10.1361/asmhba0003752.

14. Vander Voort, G.F. (1991). Computer-Aided Microstructural Analysis of Specialty Steels. *Materials characterization*, (27), 241-260.

15. Ivanov, S.G., Guriev, A.M., Zemlyakov, S.A., Guriev, M.A. & Romanenko, V.V. (2020). Specific features of the sample preparation technique for automatic analysis of the carbide phase of X12Φ1 steel after carburizing in vacuum using the "Thixomet PRO" software. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 165-168. (In Russ.).

16. Chaima, Zouzou & Mourad, Keddad (2020). Application of integral method for investigating the boriding kinetics of AISI 316 steel., *Metall. Res. Technol.*, (117), 2 202. DOI: <https://doi.org/10.1051/metal/2020011>.

17. Chaima, Zouzou & Mourad, Keddad (2020).

Application of integral method for investigating the boriding kinetics of AISI 316 steel, *Metall. Res. Technol.*, (117), 202.

18. Atila Gürhan Çelik Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. (2020). © *Pleiades Publishing, Ltd.*, 56(4), 780-7842020.

19. Borsyakov, A.S., Yuryev, V.A., Ozyerlyev, V.V. & Levchenko, E.V. (2020). Mathematical Modeling of the Kinetics of Counter Diffusion During the Formation of Boron-Containing Coatings on Steels. In: Levchenko, E., Dappe, Y., Ori, G. (eds). *Theory and Simulation in Physics for Materials Applications. Springer Series in Materials Science*, Cham : Springer. vol 296. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37790-8_14.

20. Roldugin, V.I. (2008). *Physicochemistry of surfaces*. Dolgoprudny: PH "Intellect" (In Russ.).

21. Prigozhin, I. & Defey, R. (2010). *Chemical thermodynamics*. Moscow :Binom. Laboratoriyaznaniy. (In Russ.).

Information about the authors

M. A. Guryev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technologies and Equipment, Polzunov Altai State Technical University.

S. G. Ivanov – Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of the Center for Shared Use of Laboratory and Research Equipment, Polzunov Altai State Technical University.

A. M. Guryev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Descriptive Geometry and Graphics, Polzunov Altai State Technical University, Professor of the Wuhan Textile University (PRC).

B. D. Lygdenov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metallurgy and Materials Processing Technologies of East Siberia State University of Technology and Management, Professor of Wuhan Textile University (PRC).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.05.2021; одобрена после рецензирования 24.05.2021; принята к публикации 01.06.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 May 21; approved after review on 24 May 21; accepted for publication on 01 June 21.



Научная статья
05.16.09 – Материаловедение (по отраслям) (технические науки)
УДК 621.891
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.032

ОПТИМИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛА УЗЛА ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Евгений Александрович Письменный¹, Андрей Михайлович Марков²

^{1,2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия
¹ pismennyi.eug@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7454-0830>
² andmarkov@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3101-9711>

Аннотация. В настоящее время на промышленных предприятиях Российской Федерации серийно изготавливаются фрикционные клинья из стали марки 20Л и чугуна СЧ35. Основными проблемами при эксплуатации вагонов, оборудованных такими фрикционными клиньями, является недостаточная износостойкость и, как следствие, сокращение межремонтного пробега вагона в целом. Предложено изготавливать из стали 50СЛ конструкцию фрикционного клина в целях повышения прочности и износостойкости. Материалы для пар трения подбирались с целью максимального охвата всех используемых для изготовления фрикционного клина сталей, учитывая в том числе и предлагаемую сталь 50СЛ. Для определения трибологических свойств предложенной для изготовления фрикционного клина стали были изготовлены образцы для исследования взаимодействия трущихся поверхностей на машине трения. В качестве испытательного оборудования выступала машина трения УМТ 2168. Анализ величины износа образцов, изготовленных из стали 50СЛ, показал, что суммарный износ в парах трения стали 50 СЛ по стали 50 СЛ и 20Л в среднем на 56 и 25 % меньше потери массы в парах трения 20Л–20Л, 20Л–30ХГСА, 50СЛ–30ХГСА соответственно. Таким образом, наиболее перспективными материалами в качестве контртела деталей стали 50СЛ, по данным испытаний, являются детали из сталей 50СЛ и 20Л. Отсутствие предельного состояния при приложении динамической нагрузки в вертикальном направлении контролировали на двух образцах, устанавливая их в оснастку, имитирующую работу рессорного подвешивания тележки грузового вагона. После проведения стендовых испытаний достигнуто предельное состояние клиньев фрикционных при приложении в вертикальном направлении 2×10^6 циклов динамической нагрузки, согласно п.5.1.4 ГОСТ 34503-2018.

Ключевые слова: сталь, износостойкость, микроструктура, термообработка, испытания на износ, стендовые испытания конструкции.

Благодарности: Микроструктурные исследования выполнены в Лаборатории структурных исследований ЦКПЛиО АлтГТУ.

Для цитирования: Письменный Е. А., Марков А. М. Исследование износостойкости пар трения узла гашения колебаний тележки грузового вагона // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 225–232. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.032.

Original article

OPTIMIZATION MATERIAL FOR UNIT DAMPING OF THE VIBRATION OF THE TRAM FOR FREIGHT CAR

Evgenij A. Pismenny¹, Andrey M. Markov²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia
¹ pismennyi.eug@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7454-0830>
² andmarkov@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3101-9711>

© Письменный Е. А., Марков А. М., 2021

Abstract. At present, industrial enterprises of the Russian Federation are serially producing friction wedges from steel grade 20L and cast iron SCh35. The main problems in the operation of cars equipped with such friction wedges are insufficient wear resistance and, as a result, a reduction in the overhaul mileage of the car as a whole. It is proposed to make a friction wedge structure from 50SL steel in order to increase the strength and wear resistance. Materials for friction pairs were selected in order to maximize coverage of all steels used for the manufacture of a friction wedge, including the proposed 50SL steel. To determine the tribological properties of the steel proposed for the manufacture of a friction wedge, samples were made to study the interaction of rubbing surfaces on a friction machine. The UMT 2168 friction machine was used as the test equipment. Analysis of the wear value of specimens made of steel 50SL showed that the total wear in friction pairs of steel 50 SL over steel 50 SL and 20L is, on average, 56 and 25% less weight loss in friction pairs 20L – 20L, 20L – 30HGSA, 50 SL – 30HGSA, respectively. Thus, according to test data, the most promising materials as a counter body for parts of steel 50SL are parts made of steels 50SL and 20L. The absence of a limiting state when a dynamic load was applied in the vertical direction was monitored on two samples by installing them in a tooling simulating the operation of a spring suspension of a freight car bogie. After bench tests, the limiting state of the friction wedges was reached when 2×10^6 dynamic load cycles were applied in the vertical direction, in accordance with clause 5.1.4 of GOST 34503-2018.

Keywords: steel, wear resistance, microstructure, heat treatment, wear tests, bench design tests.

Acknowledgements: Microstructural studies were carried out at the Laboratory for Structural Research CfCULR & D ASTU.

For citation: Pismenny, E. A. & Markov, A. M. (2021). Optimization material for unit damping of the vibration of the tram for freight car. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 225-232. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.032.

ВВЕДЕНИЕ

Фрикционный клин узла гашения колебаний (рисунок 1) является одной из ответственных деталей грузового вагона, подверженных интенсивному абразивному износу. Фрикционный клин служит для предотвращения раскачивания кузова вагона при движении. При этом работоспособность и ресурс работы фрикционных клиньев определяется такими характеристиками, как прочность и износостойкость.

В настоящее время на промышленных предприятиях Российской Федерации серийно изготавливаются фрикционные клинья из стали марки 20Л и чугуна СЧ35. Основными проблемами при эксплуатации вагонов, оборудованных такими фрикционными клиньями,

являются недостаточная износостойкость и, как следствие, сокращение межремонтного пробега вагона в целом. В процессе эксплуатации чаще всего наблюдается преждевременный износ наклонной и рабочей поверхности, что, в свою очередь, может послужить причиной отцепов вагона в ремонт.

С целью повышения ресурса работы фрикционных клиньев узла гашения колебаний грузового вагона путем оптимизации его конструкции и материала предложена новая конструкция фрикционного клина, защищенная патентом на полезную модель № 194823 от 22.10.2019 г (рисунок 1), которую в целях повышения прочности и износостойкости предложено изготавливать стали 50СЛ, химический состав которой представлен в таблице 1.

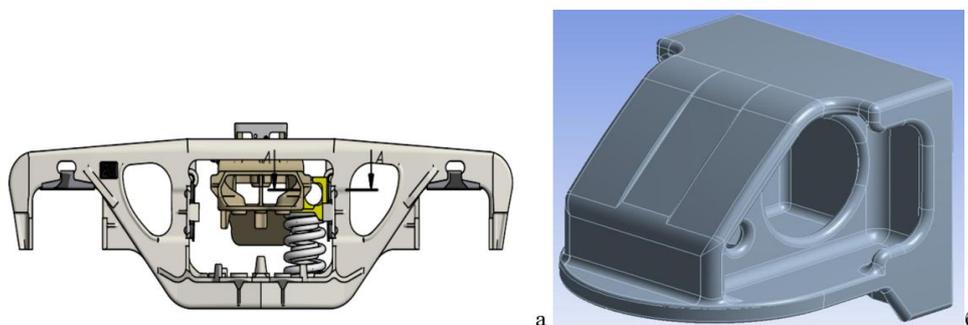


Рисунок 1 – Типовая конструкция узла гашения колебаний (а) и фрикционный клин узла гашения колебаний (б)

Figure 1 - Typical design of vibration damping unit (a) and Friction wedge of vibration damping unit (b)

Таблица 1 – Химический состав стали 50СЛ

Table 1 - Chemical composition of steel 50SL

| Марка стали | Массовая доля элементов, % | | | | | | | | |
|-------------|----------------------------|-----------|-----------|---------|---------|----------|---------|--------|--------|
| | C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu | Al |
| 50СЛ | 0,46 - 0,57 | 1,2 - 1,6 | 0,4 - 0,7 | до 0,25 | до 0,03 | до 0,025 | до 0,35 | до 0,2 | до 0,2 |

МЕТОДЫ

Для определения трибологических свойств предложенной для изготовления фрикционного клина стали были изготовлены образцы для исследования взаимодействия трущихся поверхностей на машине трения. Схема испытания представлена на рисунке 2.

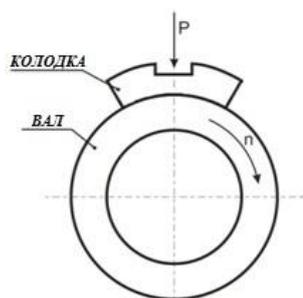


Рисунок 2 – Схема испытания

Figure 2 - Test setup

В качестве испытательного оборудования выступала машина трения УМТ 2168. Исследования проводились с использованием специально изготовленных образцов, представляющих собой пару «вал – колодка» в соответствии с методикой проведения испытаний.

Исследование поверхностной микроструктуры стали после проведения механических испытаний на износостойкость проводили

на поверхностных шлифах, изготовленных из деталей пар трения. Для исследования микроструктуры проводили полировку поверхностей износа при помощи алмазной суспензии зернистостью 1 мкм с последующим последовательным травлением в реактивах «Ниталь» и «Пикраль» по методикам, описанным в [1–13]. Металлографические исследования проводили на оптическом микроскопе Carl Zeiss Axio Observer Z1m при помощи программного пакета «Thixomet PRO».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Материалы для пар трения подбирались с целью максимального охвата всех используемых для изготовления фрикционного клина сталей, учитывая в том числе и предлагаемую сталь 50СЛ. Данные по подбору материалов пар трения, режимов испытаний и твердость деталей пар трения, определенная методом Бринелля по ГОСТ 9013-59, представлены в таблице 2. Результаты испытаний пар трения в абсолютных значениях потерянной массы представлены в таблице 3, удельные показатели относительного износа деталей пар трения в относительных единицах, представлены на рисунке 3. Фотографии изношенных поверхностей образцов представлены на рисунке 4 [14–16].

Таблица 2 – Пары трения

Table 2 – Friction pairs

| № | Вал | | Колодка | | Условия испытаний | |
|---|----------|---------------|----------|---------------|----------------------|---|
| | Материал | Твердость, НВ | Материал | Твердость, НВ | Кол-во оборотов вала | Усилие прижима колодки к валу, кг/см ² |
| 1 | 50СЛ | 367 | 50СЛ | 395 | 8000 | 20 |
| 2 | 50СЛ | 310 | 20Л | 158 | 8000 | 20 |
| 3 | 20Л | 163 | 20Л | 158 | 8000 | 20 |
| 4 | 20Л | 158 | 30ХГСА | 293 | 8000 | 20 |
| 5 | 50СЛ | 300 | 30ХГСА | 293 | 8000 | 20 |

Таблица 3 - Результаты испытаний образцов на машине трения

Table 3 - Results of testing samples on a friction machine

| № | Пара трения Вал (НВ) - Колодка (НВ) | Средняя масса весового износа, гр. | | Суммарный износ, гр. |
|---|--|------------------------------------|---------|----------------------|
| | | Вал | Колодка | |
| 1 | 50СЛ (367) – 50СЛ (395) | 0,15 | 0,06 | 0,21 |
| 2 | 50СЛ (310) – 20Л (158) | 0,16 | 0,3 | 0,36 |
| 3 | 20Л (163) – 20Л (158) | 0,18 | 0,32 | 0,50 |
| 4 | 20Л (158) – 30ХГСА (293) | 0,25 | 0,23 | 0,48 |
| 5 | 50СЛ (300) – 30ХГСА (293) | 0,2 | 0,25 | 0,45 |

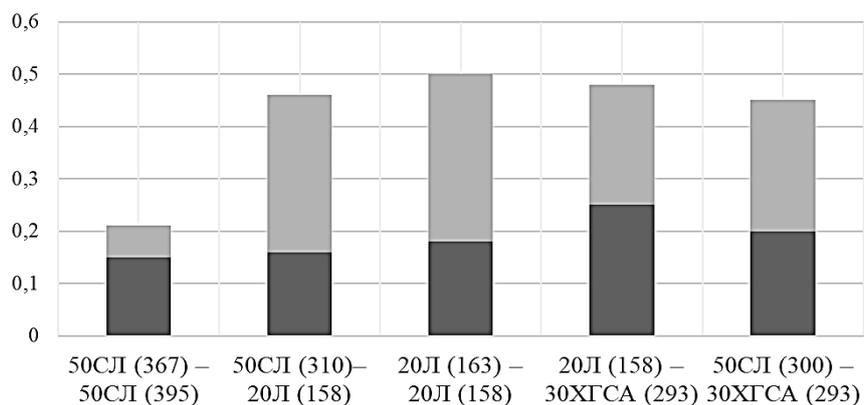


Рисунок 3 – Гистограмма результатов испытаний на машине трения с усилием прижима колодки 20 кг/см², 8000 об
 Figure 3 - Histogram of test results on a friction machine with a pad pressing force of 20 kg/cm², 8000 rpm



Рисунок 4 – Фотографии образцов после испытаний

Figure 4 - Photos of samples after testing

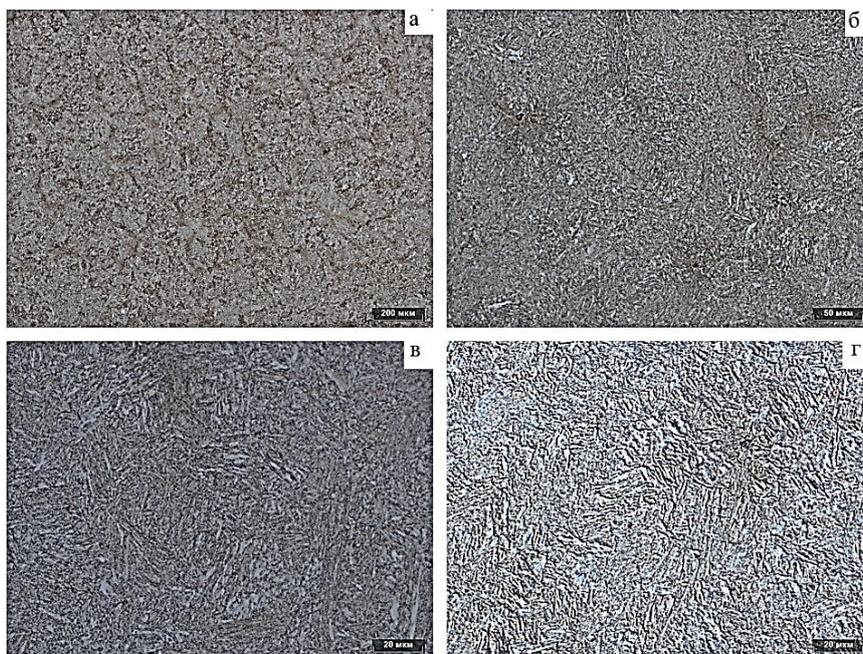


Рисунок 5 – Микроструктура полученных образцов стали 50СЛ до (а, в) и после (б, г) проведения испытаний на машине трения

Figure 5 - Microstructure of the obtained samples of steel 50SL before (a, в) and after (б, г) Testing on a friction machine

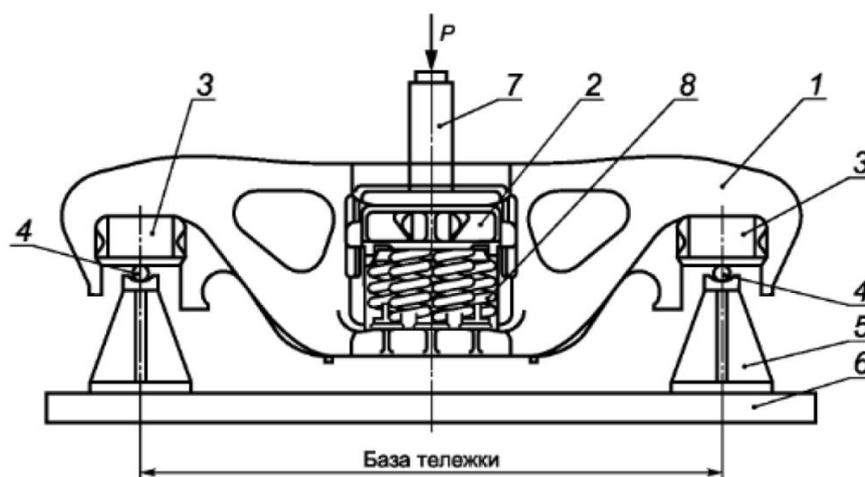
ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ величины износа образцов, изготовленных из стали 50СЛ, свидетельствует о высоких показателях износостойкости разработанного материала, так как суммарный износ в парах трения стали 50 СЛ по стали 50 СЛ и 20Л составляет соответственно 0,26 и 0,31 г, что в среднем на 56 и 25 % меньше потери массы в парах трения 20Л–20Л, 20Л–30ХГСА, 50СЛ–30ХГСА соответственно (таблица 3). Таким образом, наиболее перспективными материалами в качестве контртела деталей стали 50СЛ, по данным испытаний, являются детали из сталей 50СЛ и 20Л [17–19]. Микроструктуры полученных образцов представлены на рисунке 5.

Микроструктура представленных образцов – бейнит с небольшим количеством (около

3–7 масс. %) игольчатого феррита, средняя величина зерна соответствует 9 баллу. Заметно присутствие в микроструктуре остаточной скелетной эвтектики, а также единичных шлаковых включений размерами 7–9 мкм. Как видно из рисунка 5, микроструктура стали 50СЛ в результате испытаний значимых изменений не претерпевает, что свидетельствует об относительно слабом разогреве трущихся поверхностей из стали 50СЛ [20–23].

Отсутствие предельного состояния при приложении динамической нагрузки в вертикальном направлении контролировали на двух образцах, устанавливая их в оснастку, имитирующую работу рессорного подвешивания тележки грузового вагона. Схемы установки и приложения силы к оснастке для испытаний клиньев приведены на рисунке 6.



1 – боковая рама; 2 – концевая часть балки; 3 – переходник; 4 – цилиндрическая опора; 5 – опорная тумба; 6 – опорная поверхность; 7 – приспособление; 8 – рессорное подвешивание

Рисунок 6 – Схема установки и приложения силы к оснастке для испытаний клиньев

1 - side frame; 2 - end part of the beam; 3 - adapter; 4 - cylindrical support; 5 - support pedestal; 6 - support surface; 7 - device; 8 - spring suspension

Figure 6 - Scheme of installation and application of force to the tooling for testing wedges

Определение износостойкости клиньев фрикционных, изготовленных из стали 50СЛ при приложении в вертикальном направлении 2×10^6 циклов динамической нагрузки, проводилось путем оценки состояния и износа рабочих поверхностей клиньев, фрикционных планок, завышения (занижения) клиньев, коэффициента относительного трения перед началом испытаний и в процессе испытаний. Первые измерения проводились через 250 000 циклов, а затем не реже одного раза каждые 500 000 циклов динамической нагрузки, что соответствует минимальным нормативным требованиям, предъявляемым к данным деталям. Результаты оценки *POLZUNOVSKIY VESTNIK № 2 2021*

испытаний представлены в таблице 4.

После проведения испытаний с приложением в вертикальном направлении 2×10^6 циклов динамической нагрузки износ фрикционных клиньев с фрикционной планкой с верхней стороны клиньев составляет 0,5 мм, плоскости касания с фрикционной планкой с нижней стороны клина 3 мм, с наклонной плоскостью от 1,5 до 3 мм, что соответствует п.5.1.4 ГОСТ 34503-2018. Таким образом, стендовые испытания подтверждают испытания на машине трения и свидетельствуют о высоких трибологических свойствах полученного сплава.

Таблица 4 – Изменение характеристик фрикционных клиньев при испытаниях приложением динамической нагрузки в вертикальном направлении

Table 4 - Changes in the characteristics of friction wedges when tested by applying a dynamic load in the vertical direction

| Изменение массы фрикционных клиньев в процессе испытаний по проверке отсутствия предельного состояния при приложении динамической нагрузки в вертикальном направлении | | | | | |
|---|-------------------|------------------|----------|--------------------|----------|
| Наименование показателя | Единицы измерения | Клин фрикционный | | Планка фрикционная | |
| | | усл. № 4 | усл. № 5 | усл. № 1 | усл. № 2 |
| Масса до испытаний | кг | 10,017 | 9,746 | 1,940 | 1,968 |
| Масса после 250 000 циклов | | 9,891 | 9,693 | 1,831 | 1,888 |
| Масса после 750 000 циклов | | 9,845 | 9,620 | 1,756 | 1,816 |
| Масса после 1 250 000 циклов | | 9,818 | 9,603 | 1,673 | 1,744 |
| Масса после 1 750 000 циклов | | 9,758 | 9,545 | 1,557 | 1,645 |
| Масса после 2 000 000 циклов | | 9,739 | 9,446 | 1,532 | 1,656 |
| Общее изменение массы | | 0,278 | 0,300 | 0,408 | 0,312 |
| Износ фрикционных клиньев в процессе испытаний по проверке отсутствия предельного состояния при приложении динамической нагрузки в вертикальном направлении | | | | | |
| Наименование показателя | Единицы измерения | Клин фрикционный | | | |
| | | усл. № 4 | усл. № 5 | | |
| До испытаний: | мм | 0 | 0 | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с верхней стороны клина; | | 236 | 235 | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с нижней стороны клина; | | 2 | 5 | | |
| - наклонная плоскость | | 0 | 0 | | |
| После 250 000 циклов: | | 235 | 233 | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с верхней стороны клина; | | 3,0 | 6 | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с нижней стороны клина; | | 0 | 0 | | |
| - наклонная плоскость | | 235 | 233 | | |
| После 750 000 циклов: | | 3,5 | 6 | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с верхней стороны клина; | | 0 | 0,5 | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с нижней стороны клина; | | 235 | 233 | | |
| - наклонная плоскость | | 4 | 6 | | |
| После 1 250 000 циклов: | 0,5 | 0,5 | | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с верхней стороны клина; | 234 | 233 | | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с нижней стороны клина; | 4 | 6,5 | | | |
| - наклонная плоскость | 0,5 | 0,5 | | | |
| После 1 750 000 циклов: | 233 | 232 | | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с верхней стороны клина; | 4 | 6,5 | | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с нижней стороны клина; | 0,5 | 0,5 | | | |
| - наклонная плоскость | 233 | 232 | | | |
| После 2 000 000 циклов: | 4 | 6,5 | | | |
| Общее изменение размера: | 0,5 | 0,5 | | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с верхней стороны клина; | 3 | 3 | | | |
| - плоскость касания с фрикционной планкой с нижней стороны клина; | 2 | 1,5 | | | |
| - наклонная плоскость | | | | | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Наиболее перспективными материалами в качестве контртел деталей из стали 50СЛ, по данным испытаний, являются детали из сталей 50СЛ и 20Л: потеря массы в результате износа в этом случае на 30–50 % меньше в сравнении со сталью 30ХГСА.

2. Суммарный износ деталей пары трения 50СЛ–50СЛ на 56 % меньше по сравнению с используемой в настоящее время парой трения 20Л–20Л, что подтверждает высокую перспективность использования, стали 50СЛ для изготовления фрикционного клина.

3. Микроструктура трущихся поверхностей стали 50СЛ в результате испытаний на трение износа, значимых изменений не претерпевает, что свидетельствует об относительно слабом разогреве трущихся поверхностей из стали 50СЛ и, соответственно, высокой стабильности фрикционного сопряжения.

4. В результате стендовых испытаний подтверждено, что предлагаемая конструкция фрикционных клиньев из стали 50СЛ позволяет на 50 % увеличить межремонтный период тележек грузовых вагонов железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Kazakov A.A., Kiselev D.V. Industrial Application of Thixomet Image Analyzer for Quantitative Description of Steel and Alloys // *Microstructure. Microscopy and Microanalysis*. 2015. V. 21. № 3. P. 457–458. DOI: 10.1017/S1431927615003086.
- Kazakov A.A., Ryaboshuk S.V., Lyubochko D.A., Chigintsev L.S. Research on the Origin of Non-metallic Inclusions in High-Strength Low-Alloy Steel Using Automated Feature Analysis. // *Microscopy and Microanalysis*. 2015. V. 21. № 3. P. 1755–1756. DOI: 10.1017/S1431927615009551.
- G. Vander Voort, O. Pakhomova and A. Kazakov. Evaluation of Normal Versus Non-Normal Grain Size Distributions : *Materials Performance and Characterization* 5. No. 5 (2016). 521–534. <https://doi.org/10.1520/MPC20160001>.
- Kazakov A., Kovalev S., Ryaboshuk S. Metallurgical expertise as the base for determination of nature of defects in metal products // *CIS Iron and Steel Review*. 2012. DOI: 10.13140/RG.2.1.4675.3688.
- Kazakov A., Lyubochko D. Nonmetallic Inclusions and Acicular Ferrite in Arc Welds of Pipeline Steels // *Microscopy and Microanalysis*. 2015. V. 21. № 3. P. 1749–1750.
- Kazakov A., Kiselev D. Industrial Application of Thixomet // *Metallography, Microstructure and Analysis*. 2016. P. 294–301. DOI 10.1007/s13632-016-0289-6.
- ASM Handbook, Volume 9: *Metallography and Microstructures*. P. 493–512 DOI : 10.1361/asmhba0003752.
- Беккерт М., Клемм Х. Способы металлографического травления : справ. изд. ; пер. с нем. , 2-е изд., перераб. и доп. М. : *Металлургия*, 1988. 400 с.
- Вашуль Х. Практическая металлография. Методы изготовления образцов. М. : *Металлургия*. 1988. 320 с.
- Иванов С.Г., Гурьев А.М., Земляков С.А., Гурьев М.А., Романенко В.В. Особенности методики подготовки образцов для автоматического анализа карбидной фазы стали Х12Ф1 после цементации в вакууме с применением программного комплекса "ThixometPro" // *Ползуновский вестник*. 2020. № 2. С. 165–168.
- Гурьев А.М., Гурьев М.А., Земляков С.А., Иванов С.Г. Выявление особенностей морфологии и фазового состава сталей методами специального металлографического травления. В кн.: *Эволюция дефектных структур в конденсированных средах. Сборник тезисов XVI Международной школы-семинара / Под ред. М.Д. Старостенкова*. 2020. С. 83–84.
- Иванов С.Г., Гурьев А.М., Земляков С.А., Гурьев М.А. Методика пробоподготовки образцов высоколегированных сталей для автоматического анализа карбидной фазы // *Ползуновский вестник*. 2020. № 3. С. 102–105.
- Vander Voort G.F. *Materials characterization*. 1991. № 27. P. 241–260. DOI: 10.1016/1044-5803(91)90040-V.
- Габец А.В., Гавриков Д.В. Совершенствование конструкции подклиновой пружины узла гашения колебаний тележки грузового вагона средствами 3D-моделирования // *Инженерный вестник Дона*, 2015. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3450.
- Фрикционный клин тележки железнодорожного вагона : пат. 194823 Рос. Федерация. № 2019133574; заявл. 22.10.2019; опубл. 24.12.2019.
- CAD-модель концепта фрикционного клина тележки грузового вагона: свидетельство: 2020619875 Рос. Федерация. № 2020618630; заявл. 06.08.2020; опубл. 25.08.2020.
- Сухов А.В., Борщ Б.В., Габец А.В. Оценка фрикционных свойств в парах трения клинового гасителя колебаний тележки грузового вагона // *Вестник ВНИИЖТ*. 2015. № 2. С. 32–37.
- Письменный Е.А., Габец А.В., Марков А.М., Габец Д.А. Разработка и расчет на прочность новой конструкции фрикционного клина узла гашения колебания тележки грузового вагона // *Инженерный вестник Дона*. 2020. № 5. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazinearchive/N5y2020/6485>.
- Габец Д.А., Марков А.М. Исследование влияния легирующих элементов на структуру и свойства серых чугунов, работающих в условиях ударно-фрикционного износа // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2019. Т. 21. № 1. С. 70–81. doi:10.17212/1994-6309-2019-21.1-70-81.
- Гольдштейн Я.Е., Мизин В.Г. Модифицирование и микролегирование чугунов и стали. М. : «Металлургия», 1986.
- Комаров, О.С., Розенберг Е.В., Урбанович Н.И. Особенности модифицирования различных типов железоуглеродистых сплавов // *Литье и металлургия*. 2015. № 2 (79). С. 24–28.
- Луценко В.А., Голубенко Т.Н., Луценко О.В., Козачек А.С., Глазунова Н.А. Влияние химического состава на механические свойства легированной стали // *Литье и металлургия*. 2018. №1 (90). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-himicheskogo-sostava-na-mehaniicheskie-svoystva-legirovannoy-stali>

(дата обращения: 02.09.2020).

23. Чигарев В.В., Рассохин Д.А., Лоза А.В. Изменение структуры и свойств литого металла легированием в отливках из чугуна и стали // *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія : Технічні науки*. 2010. Вип. 21. С. 61–66.

Информация об авторах

Е. А. Письменный – аспирант Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

А. М. Марков – доктор технических наук, ректор, профессор кафедры «Технология машиностроения» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Kazakov, A.A. & Kiselev, D.V. (2015). Industrial Application of Thixomet Image Analyzer for Quantitative Description of Steel and Alloys. *Microstructure. Microscopy and Microanalysis*, 21(3), 457-458. DOI: 10.1017/S1431927615003086.
2. Kazakov, A.A., Ryaboshuk, S.V., Lyubochko, D.A. & Chigintsev, L.S. (2015). Research on the Origin of Nonmetallic Inclusions in High-Strength Low-Alloy Steel Using Automated Feature Analysis. *Microscopy and Microanalysis*, 21(3), 1755-1756. DOI: 10.1017/S1431927615009551.
3. Vander Voort, G., Pakhomova, O. & Kazakov, A. (2016). Evaluation of Normal Versus Non-Normal Grain Size Distributions. *Materials Performance and Characterization*, 5(5), 521-534. <https://doi.org/10.1520/MPC20160001>.
4. Kazakov, A., Kovalev, S. & Ryaboshuk, S. (2012). Metallurgical expertise as the base for determination of nature of defects in metal products. *CIS Iron and Steel Review*. DOI: 10.13140/RG.2.1.4675.3688.
5. Kazakov, A. & Lyubochko, D. (2015). Nonmetallic Inclusions and Acicular Ferrite in Arc Welds of Pipeline Steels. *Microscopy and Microanalysis*, V. 21(3), 1749-1750.
6. Kazakov, A. & Kiselev, D. (2016). Industrial Application of Thixomet. *Metallography, Microstructure, and Analysis*, P. 294-301. DOI 10.1007/s13632-016-0289-6.
7. Vander Voort, G.F. (2004). *ASM Handbook. Metallography and Microstructures*, (9), 493-512. DOI: 10.1361/asmhba0003752.
8. Bekkert, M. & Klemm X. (1988). *Methods of metallographic etching*. Moscow: Metallurgiya. (In Russ.).
9. Vashul', H. (1988). *Practical metallography. Methods for making samples*. Moscow: Metallurgiya. (In Russ.).
10. Ivanov, S.G., Gur'ev, A.M., Zemlyakov, S.A., Gur'ev, M.A. & Romanenko, V.V. (2020). Specific features of the sample preparation technique for automatic analysis of the carbide phase of H12F1 steel after carburizing in vacuum using the "Thixomet Pro" software package. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 165-168. (In Russ.).
11. Gur'ev, A.M., Gur'ev, M.A., Zemlyakov, S.A. & Ivanov, S.G. (2020). Revealing the features of the morphology and phase composition of steels by methods of

special metallographic etching. *Evoluciyadeфекtnyhstruktur v kondensirovannyhsredah. Sbornik tezisov XVI Mezhdunarodnoy shkoly-seminara. Pod red. M.D. Starostenkova*. P. 83-84. (In Russ.).

12. Ivanov, S.G., Gur'ev, A.M., Zemlyakov, S.A. & Gur'ev, M.A. (2020). Sample preparation technique for high-alloy steel samples for automatic analysis of the carbide phase. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 102-105. (In Russ.).

13. Vander Voort, G.F. (1991). Computer-aided microstructural analysis of specialty steels. *Materials characterization*, 27(4), 241-260. DOI: 10.1016/1044-5803(91)90040-B.

14. Gabec, A.V., Gavrikov, D.V. (2015). Improvement of the sub-wedge spring design of the vibration damping unit of a freight car bogie by means of 3D modeling. *Inzhenerniy vestnik Dona*, (4), URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2015/3450.

15. Friction wedge of railway carriage bogie. (2019). *Pat. 194823 Russian Federation*, publ. 24.12.2019. (In Russ.).

16. CAD-model of the concept of a friction wedge of a freight car bogie: svidetel'stvo. (2020). *Pat. 2020619875. Russian Federation*. Publ. 25.08.2020. (In Russ.).

17. Suhov, A.V., Borshch, B.V. & Gabec, A.V. (2015). Evaluation of frictional properties in friction pairs of a wedge damper for a freight car bogie. *Vestnik VNIIZHT*, (2), 32-37. (In Russ.).

18. Pismennyj, E.A., Gabec, A.V., Markov, A. M. & Gabec, D.A. (2020). Development and strength calculation of a new design of a friction wedge of a vibration damping unit for a freight car bogie. *Inzhenerniy vestnik Dona*, (5), URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/N5y2020/6485>. (In Russ.).

19. Gabec, D.A. & Markov, A.M. (2019). Study of the influence of alloying elements on the structure and properties of gray cast irons operating under shock-friction wear. *Obrabotkametallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty)*, 21(1), 70-81. doi:10.17212/1994-6309-2019-21.1-70-81. (In Russ.).

20. Gol'dshtejn, YA.E. & Mizin, V.G. (1986). *Modification and microalloying of cast iron and steel*. Moscow: Metallurgiya. (In Russ.).

21. Komarov, O.S., Rozenberg, E.V. & Urbanovich, N.I. (2015). Features of modification of various types of iron-carbon alloys. *Lit'eimetalurgiya*, 2 (79), 24-28. (In Russ.).

22. Lucenko, V.A., Golubenko, T.N., Lucenko, O.V., Kozachek, A.S. & Glazunova, N.A. (2018). Effect of chemical composition on the mechanical properties of alloy steel. *Lit'yoimetalurgiya*, 1(90). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-himicheskogo-sostava-na-mehaniicheskie-svoystva-legirovannoy-stali>. (In Russ.).

23. Chigarev, V.V., Rassohin, D.A. & Loza, A.V. (2010). Changes in the structure and properties of cast metal by alloying in cast iron and steel castings. *Visnik Priazovskogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu. Seriya: Tekhnichninauki*, (21), 61-66.

Information about the authors

E. A. Pismennyj – graduate student of the Polzunov Altai State Technical University.

A. M. Markov – Doctor of Technical Sci., Rector, Professor of the Department of TM, 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 01.05.2021; одобрена после рецензирования 24.05.2021; принята к публикации 28.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 May 21; approved after review on 24 May 21; accepted for publication on 28 May 21.



Научная статья
05.16.09 – Материаловедение (по отраслям) (технические науки)
УДК 620.22:621.375.826
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.033

ВЛИЯНИЕ КОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН И ТКАНЕЙ

Сергей Владимирович Овечкин ¹, Сергей Владимирович Ананьин ²,
Ольга Витальевна Андрухова ³, Иван Александрович Попов ⁴

^{1,2,3,4} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия
¹ sergei260895@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9758-6145>
² fitib@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4858-6576>
³ ova17@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8181-883X>
⁴ ivanpopov364@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7617-1653>

Аннотация. В работе исследуется влияние когерентного лазерного излучения на свойства поверхности и тонкого приповерхностного слоя арамидных волокон и тканей. Проводится экспериментальная оценка капиллярности и смачиваемости волокон и тканей из высокопрочных синтетических материалов, предварительно обработанных в поле лазерного излучения мощностью 300 мВт и 500 мВт, с длинами волн 532 нм и 410 нм соответственно. Так же определяется эффективное время облучения и длительность эффекта, после чего исследуется изменение упруго-прочностных характеристик материала. В результате работы было обнаружено, что при облучении происходит улучшение адгезионной способности и гидрофилизация поверхности, при этом упруго-прочностные характеристики материала не изменяются, а возможно и улучшаются. На основании проведенных исследований предложен метод фотоактивации по поверхности арамидного волокна с помощью когерентного маломощного лазерного излучения. Актуальность работы заключается в поиске нового метода и разработки методики модификации арамидных тканей, не приводящего к потере свойств материала, при видимом улучшении других.

Ключевые слова: арамидное волокно, арамидная ткань, модификация, лазерное излучение, капиллярность, прочностные характеристики.

Для цитирования: Влияние когерентного излучения на прочность арамидных волокон и тканей / С. В. Овечкин [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 233–238. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.033.

Original article

INFLUENCE OF COHERENT RADIATION ON THE STRENGTH OF ARAMID FIBERS AND TISSUES

Sergey V. Ovechkin ¹, Sergey V. Ananyin ², Olga V. Andrukhova ³, Ivan A. Popov ⁴

^{1,2,3,4} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia
¹ sergei260895@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9758-6145>
² fitib@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4858-6576>
³ ova17@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8181-883X>
⁴ ivanpopov364@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7617-1653>

© Овечкин С. В., Ананьин С. В., Андрухова О. В., Попов И. А., 2021

Abstract. The paper investigates the effect of coherent laser radiation on the properties of the surface and a thin surface layer of aramid fibers and fabrics. An experimental evaluation of the capillarity and wettability of fibers and fabrics made of high-strength synthetic materials pretreated in the field of laser radiation with a power of 300 mW and 500 mW, with wavelengths of 532 nm and 410 nm, respectively, is carried out. The effective time of irradiation and the duration of the effect are also determined, after which the change in the elastic-strength characteristics of the material is investigated. As a result of the work, it was found that irradiation leads to an improvement in the adhesion capacity and hydrophilization of the surface, while the elastic-strength characteristics of the material do not change, but, possibly, improve. On the basis of the studies carried out, a method of photoactivation of the aramid fiber surface using coherent low-power laser radiation is proposed. The relevance of the work lies in the search for a new method and the development of a technique for modifying aramid fabrics that does not lead to the loss of material properties, with a visible improvement in others.

Keywords: aramid fiber, aramid fabric, modification, laser radiation, capillarity, strength characteristics.

For citation: Ovechkin, S. V., Ananyin, S. V., Andrukhova, O. V. & Popov, I. A. Influence of coherent radiation on the strength of aramid fibers and tissues. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 233-238. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.033.

Основной задачей создания новых материалов является поиск иных методов модификации уже имеющихся компонентов. Широкий спектр применения обуславливает необходимость модификации свойств поверхности и тонкого приповерхностного слоя арамидного волокна и тканей без изменения их объемных характеристик, т. к. при нанесении различных покрытий часто наблюдаются недостаточная адгезионная способность и смачиваемость поверхностей, обусловленные низкой поверхностной энергией.

На основе ранее предложенных методов активации поверхности волокон: радиационно-химической обработкой [1, 2]; плазменной модификацией поверхности [3–5], использование которых может привести к ухудшению либо потере одних свойств волокон, при видимом улучшении других, а также усложняет технологический процесс и экологическую ситуацию на производстве, сделан вывод о необходимости поиска новых методов модификации арамидных волокон (СВМ), лишенных этих проблем.

Исходя из этого, целью работы ставится исследование влияния предложенного метода фотоактивации поверхности арамидного во-

локна когерентным лазерным излучением малой мощности на прочность арамидных волокон и тканей.

Для изучения влияния лазерного излучения (ЛИ) на прочность пара-арамидного волокна и ткани, и определения разрывной нагрузки используется электромеханическая испытательная машина INSTRON. Образцы облучались лазерным излучением мощностью 300 мВт и 500 мВт с длинами волн 532 нм и 410 нм соответственно.

В первой серии экспериментов испытывались на разрыв отдельные нити, подвергнутые в течение 20 секунд облучению в видимой части спектра электромагнитного излучения ($\lambda_1 = 532 \pm 10$ нм и $\lambda_2 = 410 \pm 10$ нм) с помощью твердотельных полупроводниковых лазеров. В качестве контрольного образца использовалась не облученная нить.

В автоматическом режиме были определены максимальная разрывная нагрузка, определяющая прочность материала, модуль Юнга и максимальное напряжение при растяжении (упругие свойства материала). Для большей наглядности влияния лазерного облучения на характеристики арамидных нитей средние значения фиксируемых в эксперименте параметров были сведены в одну таблицу 1.

Таблица 1 – Средние значения механических характеристик арамидной нити при разрыве

Table 1 - Average values of mechanical characteristics of aramid thread at break

| Тип образцов | Максимальная нагрузка (Н) | Модуль Юнга (МПа) | Максимум напряжения нити при растяжении (МПа) |
|----------------------|---------------------------|-------------------|---|
| Без облучения | 45,57 | 238378,28 | 5802,25 |
| $\lambda_1 = 532$ нм | 44,00 | 229985,53 | 5602,05 |
| $\lambda_2 = 410$ нм | 42,42 | 208064,52 | 5401,39 |

ВЛИЯНИЕ КОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН И ТКАНЕЙ

Таким образом, из полученных результатов следует, что под воздействием электромагнитного излучения упруго-прочностные характеристики арамидного волокна снижаются. Облучение образцов лазером с длиной волны когерентного излучения $\lambda_1 = 532$ нм привело к снижению фиксируемых параметров не более чем на 3,4 %. При облучении образцов с $\lambda_2 = 410$ нм максимальная нагрузка, выдерживаемая нитью, уменьшилась на 6,9 %, модуль Юнга – на 13 %, максимальное напряжение нити – 6,9%.

Во второй серии экспериментов испытания на разрыв проводились для полосок из арамидной ткани шириной 10 мм. В качестве контрольных образцов использовались полоски, не подвергавшиеся лазерному воздействию. Для большей наглядности влияния лазерного облучения на характеристики полосок арамидной ткани средние значения фиксируемых в эксперименте параметров были сведены в одну таблицу 2.

Таблица 2 – Средние значения механических характеристик арамидной ткани при разрыве

Table 2 - Average values of mechanical characteristics of aramid fabric at break

| Тип образцов | Максимальная нагрузка (Н) | Модуль Юнга (МПа) | Максимум напряжения при растяжении (МПа) |
|----------------------|---------------------------|-------------------|--|
| без облучения | 553,84 | 6775,25 | 276,92 |
| $\lambda_1 = 532$ нм | 607,48 | 5983,41 | 303,74 |
| $\lambda_2 = 410$ нм | 603,85 | 4863,02 | 301,92 |

Из полученных результатов следует, что воздействие электромагнитного излучения положительно влияет на упруго-прочностные характеристики образцов из арамидной ткани саржевого переплетения нитей.

Облучение образцов лазером с длиной волны когерентного излучения $\lambda_1 = 532$ нм привело к тому, что максимально выдерживаемая при разрыве нагрузка и максимальное напряжение в образце возросли на 10–12 %, тогда как модуль упругости (модуль Юнга) уменьшился на 12 %. При облучении с $\lambda_2 = 410$ нм максимальная нагрузка и максимальное напряжение ткани возросли на 9 %, а модуль Юнга понизился на 28 %.

По-видимому, снижение прочностных характеристик отдельных арамидных нитей и их рост в случае воздействия на образцы тканей обусловлен тем, что под действием электромагнитного излучения наблюдается разрушение ковалентных связей между поверхностными атомами волокон и приводит к образованию поверхностных радикалов, в тканевом образце под воздействием лазерного излучения ковалентные связи частично восстанавливаются между поверхностными атомами соседних нитей. В результате чего прочность заметно возрастает, но упругость образца снижается.

Так как значительных изменений упруго-прочностных характеристик не последовало, разумным решением стала проверка других характеристик, влияющих на пропитку материала связующим веществом. Для этого был проведен ряд дополнительных экспериментов.

При изучении влияния электромагнитного излучения на капиллярность и смачиваемость арамидной нити в зависимости от длины волны использовались заранее подготовленные не облученные (контрольные) образцы и облученные арамидные нити (время экспозиции $t = 40$ с). Нити закреплялись на испытательном стенде, а в поддон наливалась вода при комнатной температуре. В ходе эксперимента, общая длительность которого 60 минут с интервалом в 10 минут, измерялась высота капиллярного поднятия жидкости (воды) в волокне для каждого образца.

В таблице 3 для анализа полученных экспериментальных данных приведены средние по времени значения исследуемой физической величины для каждой серии экспериментов.

Наглядно изменение капиллярности арамидного волокна при облучении показано на обобщенной диаграмме по трем типам образцов (рисунок 1).

Таблица 3 – Средние значения высоты капиллярного столба жидкости

Table 3 - Average values of the height of the capillary liquid column

| Тип образца | h_{cp} , мм | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| без облучения | 47 | 53 | 46 | 48 | 48 | 51 | 53 | 52 | 52 | 50 |
| $\lambda = 532$ нм | 65 | 68 | 58 | 66 | 60 | 56 | 55 | 62 | 57 | 60 |
| $\lambda = 410$ нм | 58 | 62 | 57 | 66 | 56 | 57 | 67 | 56 | 55 | 65 |

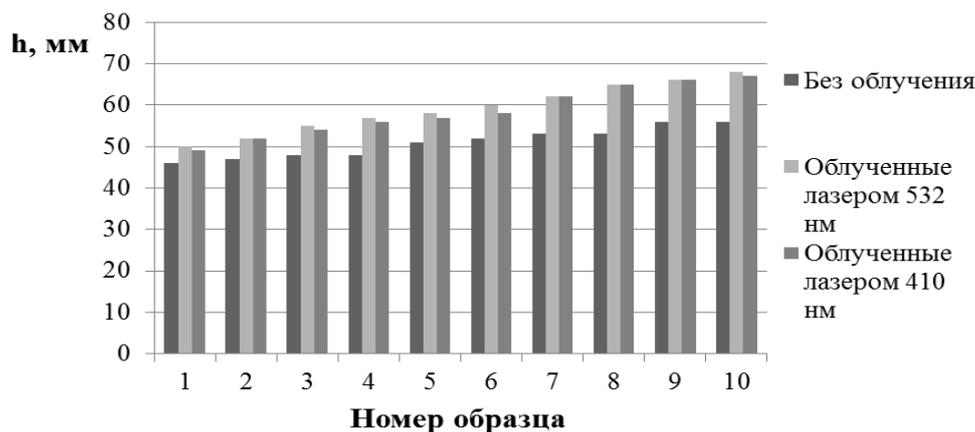


Рисунок 1 – Сравнение капиллярности не облученных и облученных образцов

Figure 1 - Comparison of the capillarity of non-irradiated and irradiated samples

Таким образом, из полученной диаграммы, можно сделать следующие выводы:

1) наименьшей капиллярностью обладают образцы, не подвергавшиеся облучению. Среднее значение высоты поднятия капиллярного столба в этом случае составляет ~ 49 мм;

2) при облучении, независимо от длины волны когерентного электромагнитного излучения, наблюдается рост капиллярности образцов. Среднее значение высоты поднятия капиллярного столба составило 61 мм для зеленого диапазона длин волн и 59 мм для фиолетового ($\sim 25\%$ при времени облучения 40 с).

Для проверки длительности эффекта воздействия лазерного излучения на волокно был проведён эксперимент, в котором определялась высота поднятия капиллярного столба в волокнах облучённых лазером с длиной волны когерентного излучения $\lambda_1 = 532$ нм и различным временем выдержки после него. Исследовались образцы непосредственно сразу после облучения, через 12 часов, 24 часа и 456 часов (≈ 19 дней) после облучения. Для чистоты эксперимента исследовались и образцы без облучения, т. к. на подъем капиллярного столба влияют внешние факторы: атмосферное давление, температура и влажность воздуха в помещении.

236

В ходе эксперимента установлено, что вне зависимости от внешних условий наблюдается рост капиллярности во всех образцах облученных волокон, то есть полученный эффект сохраняется.

Для анализа полученных результатов определялась относительная высота столбика жидкости в образце: $\delta = \frac{h_{\lambda,t}}{h_0}$, где $h_{\lambda,t}$ – высота капиллярного столба в облученном образце, h_0 – в необлученном жгуте арамидного волокна. Диаграмма «относительная высота – время выдержки» (рисунок 2) хорошо иллюстрирует тот факт, что полученный эффект не является временным. Сначала наблюдается некоторое падение капиллярности волокна (от 0 до 12 часов), но затем данная величина принимает стационарное значение.

Для анализа зависимости эффективности воздействия лазерного излучения от времени экспозиции арамидные нити обрабатывались лазером ($\lambda = 532$ нм) с разным временем воздействия на образец – 10, 30, 60, 180 и 300 секунд соответственно. Для наглядного сравнения полученных данных была построена диаграмма «высота капиллярного столба – время облучения», показанная на рисунке 3.

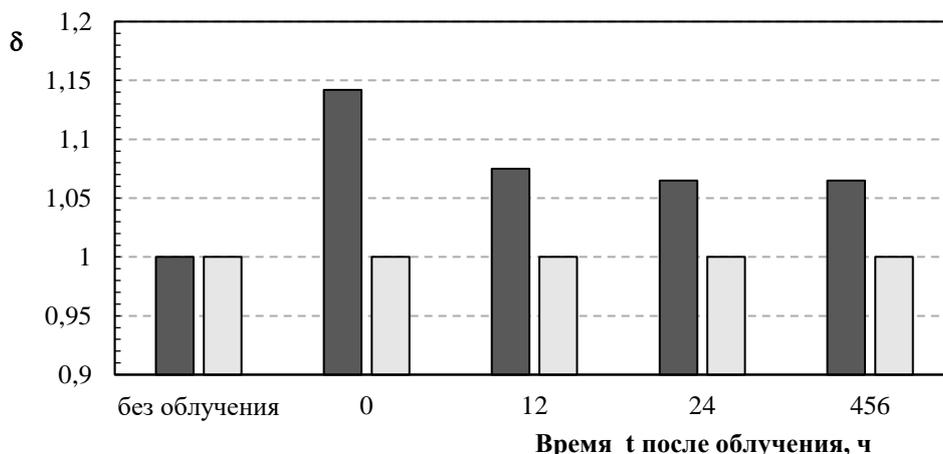


Рисунок 2 – Диаграмма зависимости относительной высоты капиллярного столба в волокне от времени, прошедшего после воздействия ЛИ

Figure 2 - Diagram of the dependence of the relative height of the capillary column in the fiber on the time elapsed after exposure to laser radiation

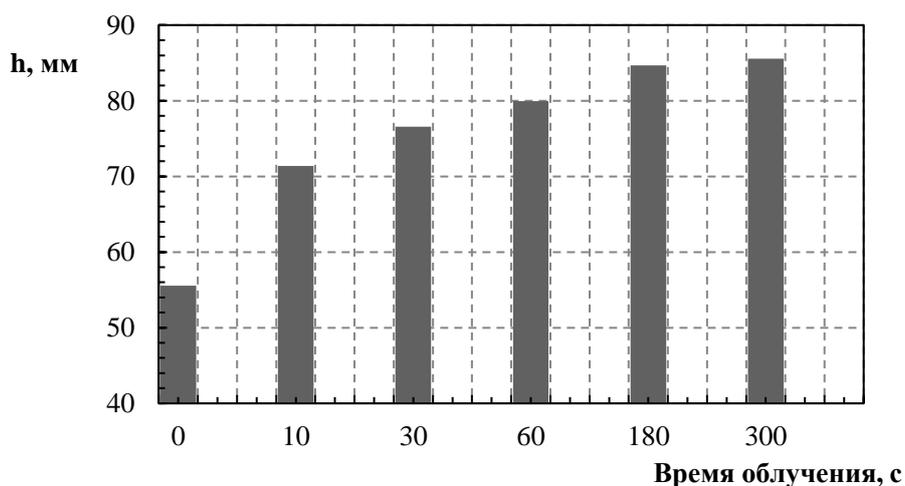


Рисунок 3 – Диаграмма «высота капиллярного столба – время облучения»

Figure 3 - "Capillary column height – irradiation time" diagram

Анализ полученных результатов показал, что наблюдается рост капиллярности арамидного волокна в зависимости от времени облучения, однако прослеживается наличие некоторого порога эффективности облучения, после которого высота капиллярного столба жидкости перестает изменяться. По-видимому, это обусловлено тем, что при неизменном радиусе капиллярных трубок в арамидных волокнах краевой угол смачивания достигает своего предельного значения.

Очевидно, что при увеличении времени облучения наблюдается рост высоты подъема

капиллярного столба, что обусловлено уменьшением краевого угла смачивания. Таким образом, при облучении арамидных волокон происходит улучшение смачиваемости арамидных волокон, что ведет улучшению пропитки арамидного наполнителя связующим компонентом и созданию прочного соединения между волокном и матрицей.

Заключение

Проведенные исследования показали эффективность модификации арамидного волокна и ткани когерентным излучением малой

мощности. По результатам наблюдается незначительное изменение упруго-прочностных характеристик, но при этом капиллярности и смачиваемости материала значительно улучшается, что соответствует поставленной цели данной работы.

Учитывая все аспекты работы и характер влияния лазерного излучения на арамидные волокна и ткани, представляется возможной разработка мало затратной и сравнительно недорогой методики и технологии модифицирования арамидного волокна с помощью лазерного излучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плескачевский Ю.М., Смирнов В.В., Макаренко В.М. ; АН БССР, Ин-т механики металлополимер. систем. Введение в радиационное материаловедение полимерных композитов. Минск : Наука и техника, 1991. 190 с.
2. Иванова А.С., Кривенко Е.А., Головина Е.А. Технология создания силовой оболочки корпуса твердотопливного ракетного двигателя с модификацией поверхности арамидных волокон и теплозащитой // Ползуновский альманах. 2017. № 1–2. С. 66–71.
3. Абдуллин И.Ш., Желтухин В.С., Сагбиев И.Р., Шаехов М.Ф. Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления / И.Ш. Абдуллин. Казань : Изд-во Казан. технол. ун-та, 2017. С. 280–324.
4. Сергеева Е.А., Гайнутдинова А.Р. Плазменная гидрофилизация арамидной ткани для создания баллистических композитов // Дизайн. Материалы. Технология. 2016. № 1. С. 80–83.
5. Сергеева Е.А., Гришанова И.А., Абдуллин И.Ш. Влияние плазмы ВЧЕ-разряда на физико-механические свойства волокон и композиционных материалов // Вестник Казан. технол. ун-та. 2015. № 7. С. 109–112.

Информация об авторах

С. В. Овечкин – студент Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

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

Статья поступила в редакцию 26.04.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 27.05.2021.

The article was received by the editorial board on 26 Apr 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 27 May 21.

С. В. Ананын – кандидат технических наук, доцент, декан факультета специальных технологий Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

О. В. Андрухова – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Физика» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

И. А. Попов – студент Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Pleskachevskiy, Yu.M., Smirnov, V.V. & Makarenko, V.M. (1991). *Introduction to Radiation Materials Science of Polymer Composites*. Minsk : Navukaitehnika. (In Russ.).
2. Ivanova, A.S, Krivenko, Ye.A. & Golovina, Ye.A. (2017). *Polzunovskiy Almanah*, (1-2), 66-71. (In Russ.).
3. Abdullin, I.Sh., Zheltukhin, V.S., Sagbiev, I.R. & Shaekhov, M.F. (2017). *Modification of Nanolayers in High-Frequency Low-Pressure Plasma*. Kazan : Kazan Technological University Publishing), pp 280-324. (In Russ.).
4. Sergeeva, Ye.A. & Gainutdinova, A.R. (2016). *Dis. Mat. Techn.* (1),80-83. (In Russ.).
5. Sergeeva, Ye.A., Grishanova, I.A. & Abdullin, I.Sh. (2015). *Vest. of Kazan Tech. Un.* (7), 109-112. (In Russ.).

Information about the authors

S. V. Ovechkin – student of the 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.

O. V. Andrukhnova – Ph.D. of Physico-mathematical Sciences, Docent of the Department of Physics, Polzunov Altai State Technical University.

I. A. Popov – student of the Polzunov Altai State Technical University.



Научная статья
05.16.09 – Материаловедение (по отраслям) (технические науки)
05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
УДК 678. 620.3
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.034

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ОБЪЕМЕ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «DG ANALYZER»

Алеся Андреевна Коркина ¹, Петрук Евгений Викторович ²,
Гулмадов Ифтихор Ибрахимович ³, Ананьева Елена Сергеевна ⁴

^{1, 3, 4} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

¹ alesia.markova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4887-1679>

² petruk_evgeniy@mail.ru

³ gulmadov-ii@mail.ru

⁴ eleana2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5768-3912>

Аннотация. Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают интересным набором свойств, которые позволяют использовать их для широкого спектра потенциальных применений в жидких суспензиях, растворах полимеров, расплавах полимеров и полимерных композитах. Их необычные свойства включают высокие модули упругости, высокие коэффициенты упругости, отличную тепловую и электрическую проводимость, а также магнитные свойства. Важными задачами для разработки приложений для этих уникальных материалов являются: равномерная и воспроизводимая дисперсия; устойчивая ориентация этих твердых частиц в жидкой и расплавленной фазах. Процессы производства углеродных нанотрубок часто приводят к образованию смесей твердых морфологий, которые механически запутаны или которые самоассоциируются в агрегаты. Запутанные или агрегированные частицы часто необходимо диспергировать в жидкие суспензии, чтобы получить материалы, обладающие уникальными механическими характеристиками.

В данной статье рассматривается влияние измельчения, ультразвука на характер распределения углеродных нанотрубок и их взаимодействия в жидкой фазе. Предложен экспресс-метод оценки степени диспергируемости и ориентацию УНТ в вязкой среде с применением программного обеспечения для анализа изображений «DG Analyzer».

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, эпоксидные смолы, нанокompозиты, стабильность дисперсии, ориентация, анализ изображения, равномерность распределения

Для цитирования: Коркина А. А., Петрук Е. В., Гулмадов И. И., Ананьева Е. С. Анализ распределения углеродных нанотрубок в объеме полимерного связующего с применением программного комплекса «DG Analyzer» // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 239–245. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.034.

Original article

CARBON NANOTUBE DISTRIBUTION ANALYSIS IN THE VOLUME OF THE POLYMER BINDER USING THE SOFTWARE PACKAGE «DG ANALYZER»

Alesya A. Korkina¹, Evgeny V. Petruk², Iftikhor I. Gulmadov³,
Elena S. Anan'eva⁴

^{1, 3, 4} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

¹ alesia.markova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4887-1679>

² petruk_evgeniy@mail.ru

³ gulmadov-ii@mail.ru

⁴ eleana2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5768-3912>

Abstract. Carbon nanotubes (CNTs) have an interesting set of properties that position them for a wide variety of potential applications in liquid suspensions, polymer solutions, polymer melts, and polymer composites. Their unusual properties include high moduli of elasticity, high aspect ratios, excellent thermal and electrical conductivities, and magnetic properties. Important challenges to developing applications for these unique materials include uniform and reproducible dispersion and orientation of these solids in liquid and melt phases. Production processes for carbon nanotubes often produce mixtures of solid morphologies that are mechanically entangled or that self-associate into aggregates. Entangled or aggregated nanoparticles often need to be dispersed into fluid suspensions in order to develop materials that have unique mechanical characteristics.

This paper reviews the effects of milling, ultrasonication, on the distribution of carbon nanotubes and their interactions in the liquid phase. An express method for estimating the degree of dispersibility and orientation of CNTs in a viscous medium using the image analysis software "DG Analyzer" proposed.

Keywords: carbon nanotubes, epoxy resins, nanocomposites, dispersion stability, orientation, image analysis, uniformity of distribution

For citation: Korkina, A. A., Petruk, E. V., Gulmadov, I. I. & Anan'eva, E. S. (2021). Carbon nanotube distribution analysis in the volume of the polymer binder using the software package «DG Analyzer». *Polzunovskiy vestnik*, (2), 239-245. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.034.

Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают такими уникальными свойствами, как большая удельная поверхность (до 1000 м²/г), размер нанометрового диапазона, высокое аспектное соотношение (более 100) хемо- и термостабильность, высокая прочность, жесткость и электропроводность. Набор данных характеристик открывает широкие перспективы для их использования в инновационных областях науки и технологии, в том числе при производстве конструкционных композиционных материалов [1–7].

Модификация УНТ является одним из перспективных методов улучшения свойств полимерных армированных композиционных материалов [3–7]. Однако высокая удельная

поверхность УНТ обуславливает их склонность к агрегированию, при этом размер агрегатов может достигать нескольких микронов, что приводит к достижению обратных эффектов от модификации – к крупномасштабному разупорядочению структуры полимеров и, соответственно, к существенному снижению их механических характеристик, в первую очередь, модуля упругости, по сравнению с характеристиками, прогнозируемыми моделями.

Теоретически и экспериментально обосновано [9–11], что на эффективность модификации существенное влияние оказывает равномерность распределения УНТ по объему полимера и размер агрегатов УНТ (распределение агрегатов по размерам). Эти факторы

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ОБЪЕМЕ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «DG ANALYZER»

обуславливают механизм упрочнения, распределение полей напряжений, условия зарождения и развития структурной поврежденности. На рисунке 1 представлены модели возможного распределения агрегатов УНТ в объеме полимерного связующего [9].

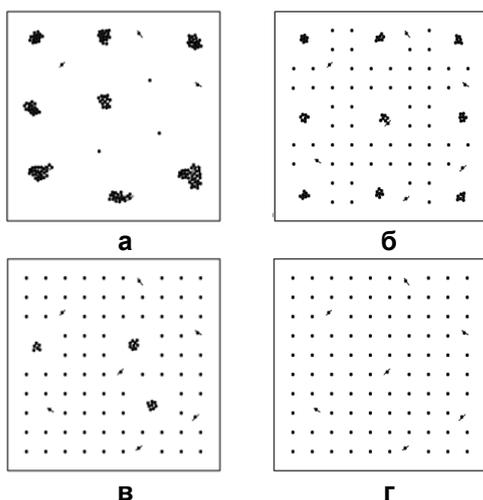


Рисунок 1 – Варианты распределения УНТ в объеме полимерного связующего: а – крупные агрегаты; б – небольшие агрегаты и «единичные» пучки; в – «единичные» пучки и агрегаты средних размеров; г – «единичные» пучки

Figure 1 - Variants of CNT distribution in the volume of a polymer binder: a-large aggregates; б - small aggregates and "single" beams; в - "single" beams and agglomerates of medium size; г - "single" beams

Одними из распространенных методов характеристики структуры и морфологии продольных и поперечных срезов, полученных композиционных материалов, являются методы сканирующей и электронной микроскопии. Данное исследование требует наличие специального оборудования – электронных сканирующих, просвечивающих и других микроскопов, для получения высококачественных электронно-микроскопических изображений нанообъектов. На рисунке 2 представлено изображение агрегатов УНТ в объеме модельной высоковязкой матрицы.

Однако на практике при разработке технологических операций по интенсификации процессов диспергирования и распределения УНТ в объеме полимеров появляется необходимость использования экспресс метода для анализа качества диспергирования и геометрии распределения частиц УНТ.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования были выбраны УНТ (SWCNT TUBALL™) производства компании Ocsial (г. Новосибирск) (рисунок 3), удельная площадь поверхности которых 800–1600 м²/г, первичный диаметр 1,6–2,0 нм [7].

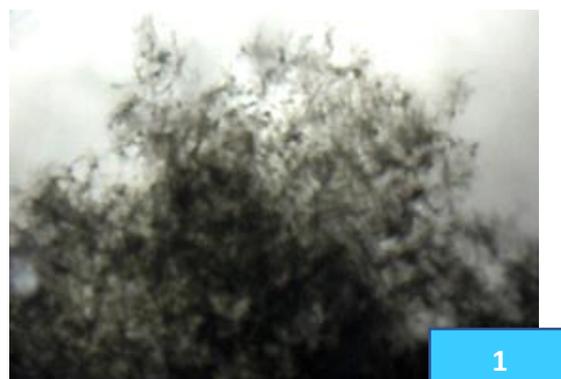


Рисунок 2 – Агломераты УНТ в модельной матрице

Figure 2 - CNT agglomerates in the model matrix

Среда, в которой производили диспергирование – эпоксидное связующее на основе смолы ЭД-22 и ангидридного отвердителя (Изо-МТГФА).

Для оценки структурных параметров распределения УНТ в объеме полимера, получения изображения с распределением частиц по размерам, оценки изменения формы УНТ и их ориентации применили «DG Analyzer» – программное обеспечение для анализа изображений.

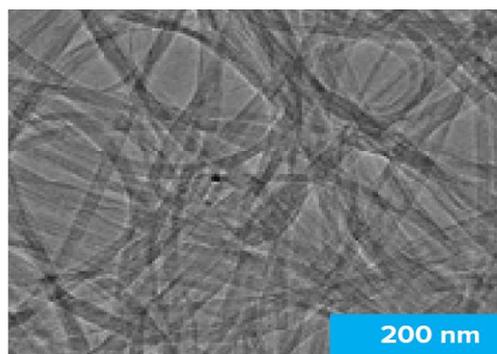


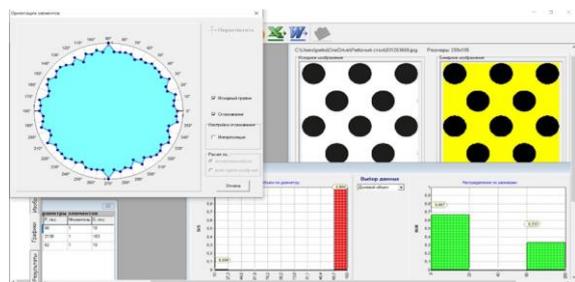
Рисунок 3 – ТЭМ изображение SWCNT TUBALL™ [7]

Figure 3 - TEM image SWCNT TUBALL™ [7]

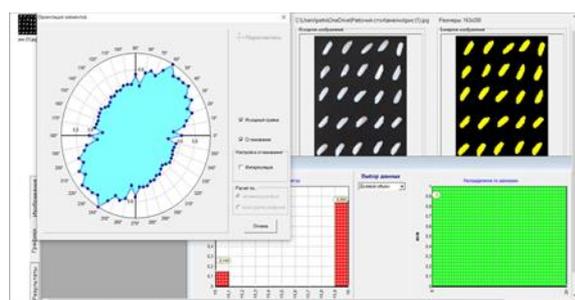
Программа бинаризирует изображение, т. е. конвертирует исходное изображение в черно-белое, выставляет четкий порог светлых и темных участков исследуемого изображения от фонового пространства и фильтрации шумов, что позволяет получить значения

относительного количества белых пикселей, периметра и площади микроструктурных элементов, средних приведенных диаметров элементов, выявить ориентированность светлых участков. Результаты обработки изображений выводятся в численном и графическом виде.

Для получения характерных распределений и ориентации наполнителей в объеме связующего использовались модели эквивалентных сфер («клубки» – агломераты волокон) и вытянутых частиц (вытянутые пучки волокон).



а



б

Рисунок 4 – Распределение наполнителей в модельных системах: а – эквивалентные сферы; б – вытянутые частицы

Figure 4 - Distribution of fillers in model systems: a - equivalent spheres; b - elongated particles

На рисунке 4 представлены варианты ориентации модельных систем. При равномерном распределении агломератов, которые мы можем вписать в радиус описываемой сферы, наблюдается равноосное распределение в объеме и максимальная площадь перекрытия среза с возрастанием степени наполнения.

При введении вытянутых частиц (ориентированных пучков волокон) появляется преимущественное направление ориентации в плоскости среза. Таким образом, можно предположить, что при диспергировании во время интенсивного перемешивания компонентов может происходить разделение комков агломератов на отдельные ориентированные пучки волокон.

Если в процессе смешения происходит диспергирование УНТ, то размер, распределение и форма агломератов УНТ становится

отличной от первоначальной. Это предопределяет произвольный характер распределения в объеме УНТ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментально установлено, что в результате диспергирования изменяется объемное содержание УНТ в связующем при уменьшении размеров агломератов. На рисунке 5 представлено распределение УНТ в объеме связующего до и после механического диспергирования.

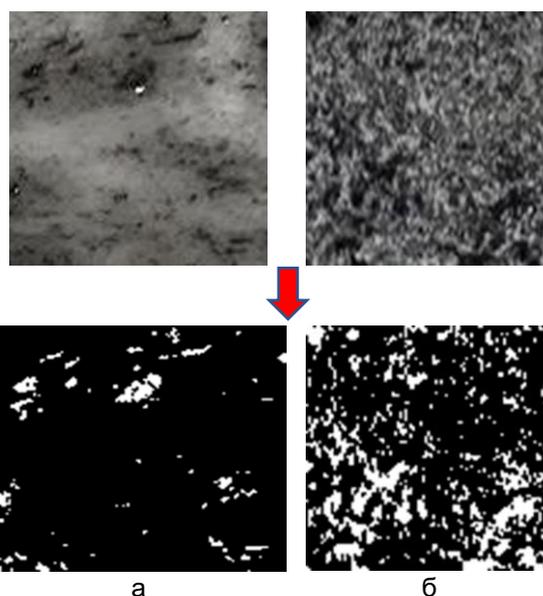


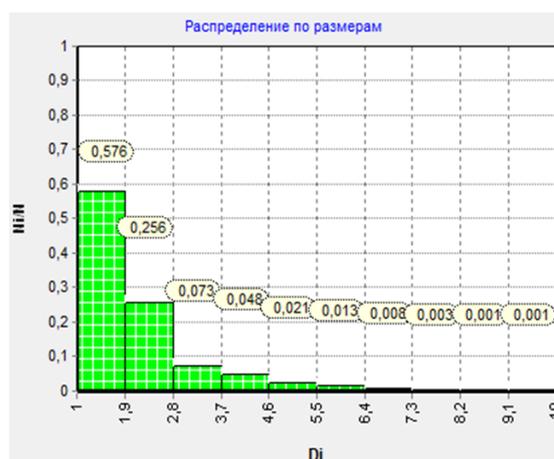
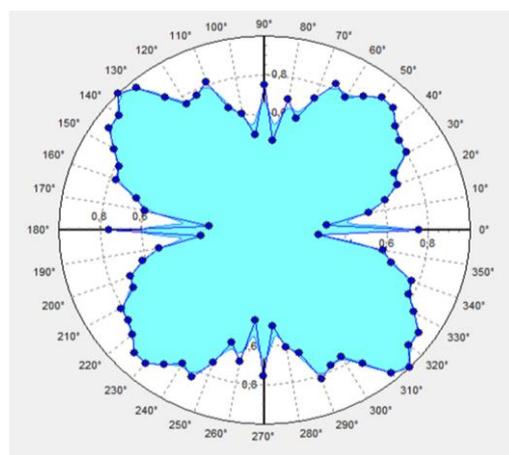
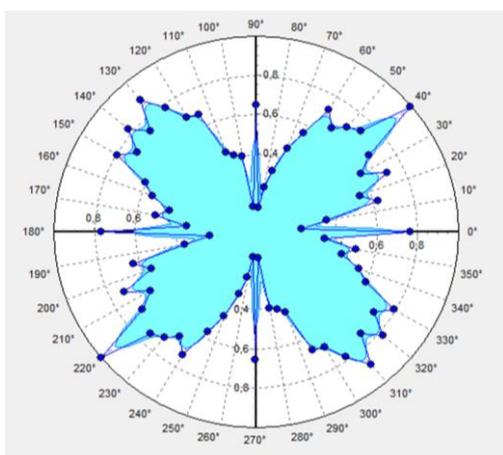
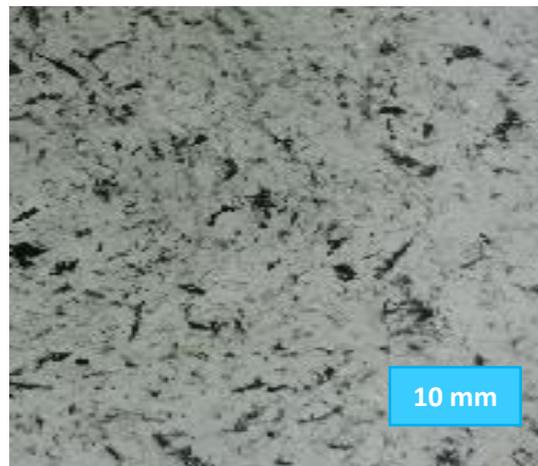
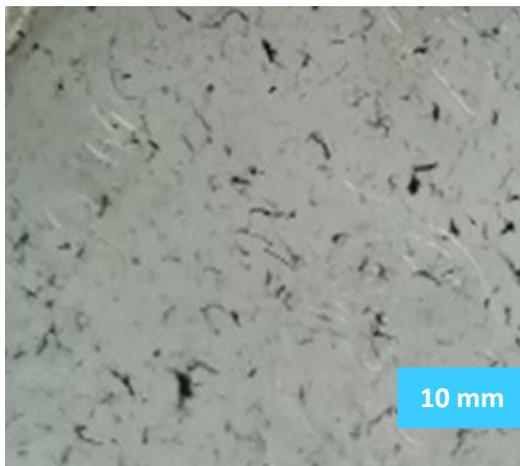
Рисунок 5 – Распределение УНТ в эпоксидном связующем: а – до диспергирования; б – после диспергирования

Figure 5 - Distribution of CNTs in the epoxy binder: a - before dispersion; b - after dispersion

Анализ изображений «DG Analyzer» позволил получить структурные параметры наполненной системы. Так, количество «пучков» до и после диспергирования (масса навески 10 г) составило 76 и 304 соответственно, изменив долю волокон в плоскости среза с 3,8 % до 21 % и увеличив суммарную площадь (пкс²), занимаемую ими в 3 раза.

С целью апробирования методики экспресс-оценки качества распределения и диспергируемости УНТ в объеме эпоксидного связующего были проанализированы отвержденные образцы с толщиной среза до 1 мм. Были выбраны степени наполнения 0,01 и 0,05 объемных %, механическое диспергирование 250 об/мин в течение 2 минут. Выбор режима обусловлен стремлением минимизировать возможность газификации смеси и получением четких фотографий для анализа. Графические результаты, полученные с помощью «DG Analyzer», представлены на рисунке 6.

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ОБЪЕМЕ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «DG ANALYZER»



а

б

Рисунок 6 – Распределение агломератов УНТ в эпоксидном связующем по размерам и их ориентация в плоскости среза: а – 0,01 об. %; б – 0,05 об. %

Figure 6 - The size distribution of CNT agglomerates in the epoxy binder and their orientation in the cut plane a - 0.01 vol. %; b - 0.05 vol. %

Результаты оценки распределения при «идеальном» распределении и максимально возможном диспергировании в условиях эксперимента, достигнутом комбинированием механического измельчения, механического диспергирования при 800 об./минуту в связующем и ультразвуковой обработкой смеси [12] в течение 4 часов, приведены на рисунке 7.

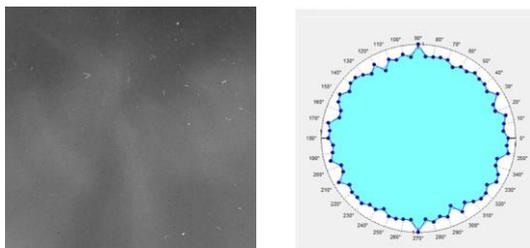


Рисунок 7 – «Идеальное» распределение и максимально возможное диспергирование

Figure 7 - "Ideal" distribution and maximum possible dispersion

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований разработан и апробирован метод экспресс-оценки качества распределения и диспергирования агломерированного волокнистого наполнителя в вязкой среде по полученным изображениям с применением программы «DG Analyzer» в плоскостях среза до 1 мм. Стоит отметить, что для того чтобы получить полную картину распределения по высоте и ширине образца, необходимо проанализировать N плоскостей срезов, и чем тоньше плоскость среза, тем более достоверную картину распределения получим по объему материала.

Практическое применения данного экспресс-метода эффективно при отработке технологии смешения и диспергирования нанонаполнителей в вязких жидкостях как в лабораторных, так и в производственных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Coleman J.N., Khan U. and Gun'ko Y.K., Mechanical reinforcement of polymers using carbon nanotubes, *Advanced Materials*. 18(6). 689–706 (2006).
2. Каблов Е.Н., Кондрашов С.В., Юрков Г.Ю. Перспективы использования углеродсодержащих наночастиц в связующих для полимерных композиционных материалов // *Российские нанотехнологии*. 2012. Т. 8. Вып. 3–4. С. 24–42.
3. Конструкционные полимерные угленаноконкомпозиты – новое направление материаловедения / Г.М. Гуняев [и др.] // *Труды ВИАМ*. 2011. № 4. С. 4–14.

4. Беляева Е.А., Косолапов А.Ф., Осипчик В.С., Ананьева Е.С., Кравченко Т.П., Шацкий С.Ш. Влияние модификаторов различной химической природы на эксплуатационные свойства эпоксидных связующих для композитов на основе волокон из СВМПЭ // *Пластические массы*. 2019. № 7–8. С. 57–61.

5. Shaffer M., Sandler J. Carbon Nanotube. Nanofibre Polymer Composites Processing and Properties of Nanocomposites / S.G. Advani ed., World Scientific, Singapore. 2006. P. 1–59.

6. Elastomer – carbon nanotube composites / Fritzsche J., Lorenz H., Kluppel M. [et al.] // *Polymer – Carbon Nanotube Composites*. 2011. P. 193–229.

7. Composites of Single-Walled Carbon Nanotubes and Styrene-Isoprene Copolymer Latices / Ha M.L.P. Grady B.P., Lolli G. [et al.] // *Macromolecular chemistry and physics*. 2007. V. 208. № 5. P. 446–456.

8. Компания OCSIAL : официальный сайт. URL : <https://ocsial.com>. (дата обращения : 24.10.2020).

9. Jenny Hilding, Eric A. Grulke, Z. George Zhang, Fran Lockwood. Dispersion of Carbon Nanotubes in Liquids // *JOURNAL OF DISPERSION SCIENCE AND TECHNOLOGY*. – Vol. 24. – № 1. – P. 1–41, 2003.

10. Хвостов С.А., Роголев А.В., Ананьева Е.С., Маркин В.Б. Влияние уровней распределения ультрадисперсных частиц на структуру терморезистивных матриц // *Ползуновский альманах*. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2007. – Т. 1. – С. 5–8.

11. Smrutişikha, B. Dispersion and reinforcing mechanism of carbon nano-tubes in epoxy nanocomposites / B. Smrutişikha // *Bull. Mater. Sci.* – 2010. – Vol. 33. – №1. – P. 27–31.

12. Gkikas G., Barkoula N. M. and Paipetis A. S. Effect of dispersion conditions on the thermo-mechanical and toughness properties of multi walled carbon nanotubes-reinforced epoxy, *Composites Part B: Engineering* <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.01.070>.

13. Lu K.L., Lago R.M., Chen Y.K. [et al.] Mechanical damage of carbon nanotubes by ultrasound. – *Carbon*, 34(6). – 814–816 (1996).

Информация об авторах

А. М. Коркина – аспирант 3 курса кафедры современных специальных материалов Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Е. В. Петрук – магистр 2 года обучения кафедры наноконкомпозитных материалов Новосибирского государственного университета.

И. И. Гулмадов – выпускник аспирантуры кафедры современных специальных материалов Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Е. С. Ананьева – кандидат технических наук, доцент кафедры современных специ-

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ОБЪЕМЕ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «DG ANALYZER»

альных материалов Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Coleman, J.N., Khan, U. & Gun'ko, Y.K. (2006). Mechanical reinforcement of polymers using carbon nanotubes. *Advanced Materials*, 18(6), 689-706.
2. Kablov, E.N., Kondrashov, S.V. & Yurkov, G.Yu. (2012). Prospects for the use of carbon-containing nanoparticles in binders for polymer composite materials. *Russian Nanotechnologies*, 8(3-4), 24-42. (in Russ).
3. Gunyaev, G.M., Chursova, L.V., Komarova, O.A. & others. (2011). Structural polymer carbon nanocomposites – a new direction of materials science. *Proceedings of VIAM*, (4), 4-14.
4. Belyaeva, E.A., Kosolapov, A.F., Osipchik, V.S., Anan'eva, E.S., Kravchenko, T.P. & Shatsky, S.S. (2019). Influence of modifiers of various chemical nature on the performance properties of epoxyamine binders for composites based on fibers from HMPE. *Plastic masses*, (7-8), 57-61.
5. Shaffer, M. & Sandler, J. (2006). *Carbon Nanotube. Nanofibre Polymer Composites Processing and Properties of Nanocomposites*, S.G. Advani ed. Singapore : World Scientific. P. 1-59.
6. Fritzsche, J., Lorenz, H., Kluppel, M. & et al (2011). Elastomer – carbon nanotube composites. *Polymer – Carbon Nanotube Composites*. P. 193-229.
7. Ha M.L.P. Grady B.P, Lolli G. & et al. (2007). Composites of Single-Walled Carbon Nanotubes and Styrene-Isoprene Copolymer Latices. *Macromolecular chemistry and physics*, 208(5), 446-456.
8. OCSiAl (2020). *What are graphene nanotubes?* Retrieved from <https://ocsial.com>.
9. Jenny Hilding, Eric A. Grulke, Z. George Zhang & Fran Lockwood. (2003). Dispersion of Carbon Nanotubes in Liquids. *Journal of dispersion science and technology*, 24(1), 1–41.
10. Khvostov, S.A., Rogalev, A.V., Anan'eva, E.S. & Markin, V.B. (2007). Influence of the distribution levels of ultradisperse particles on the structure of thermo-setting matrices. *Polzunovskiy Almanah*, (1), 5-8. (in Russ).
11. Smrutisikha, B. (2010). Dispersion and reinforcing mechanism of carbon nano-tubes in epoxy nanocomposites. *Bull. Mater. Sci.*, 33(1), 27-31.
12. Gkikas, G., Barkoula, N.M. & Paipetis, A.S. (2012). Effect of dispersion conditions on the thermo-mechanical and toughness properties of multi walled carbon nanotubes-reinforced epoxy, *Composites Part B: Engineering* <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.01.070>.
13. Lu, K.L., Lago, R.M., Chen, Y.K. & et al. (1996). Mechanical damage of carbon nanotubes by ultrasound. *Carbon*, 34(6), 814-816.

Information about the authors

A. M. Korkina – 3rd year postgraduate student of the Department modern special materials Polzunov Altai State Technical University.

E. V. Petruk – master 2 years of training of the Department nanocomposite materials Novosibirsk state University.

I. I. Gulidov – graduate student of the Department modern special materials Polzunov Altai State Technical University.

E. S. Ananyeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department modern special materials 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 01.05.2021; одобрена после рецензирования 22.05.2021; принята к публикации 27.05.2021.

The article was received by the editorial board on 01 May 21; approved after editing on 22 May 21; accepted for publication on 27 May 21.



Научная статья
05.16.09 – Материаловедение (по отраслям) (технические науки)
УДК 621.794
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.035

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Пурэвдорж Батхуу ¹, Галаа Омонцоо ², Бурьял Дондокович Лыгденов ³,
Алексей Михайлович Гурьев ⁴

^{1,2} Монгольский государственный университет науки и технологии, Улан-Батор, Монголия

^{3,4} Уханьский текстильный университет, Ухань, Китай

³ Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия

⁴ Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ batpuje@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3922-2589>

² galaaoom@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0001-6938-8486>

³ lygdenov59@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3580-6165>

⁴ gurievam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7570-8877>

Аннотация. Абразивное и коррозионное воздействие шлама и быстрые изменения рабочей скорости интенсивно влияют на процесс износа элементов насоса, особенно рабочего колеса. Подсчитано, что срок службы насоса составляет от 212 до 248 часов. Всего за один год примерно 400 насосов снимаются с линии для ремонта на ремонтном заводе. Большинство из них вышли из строя из-за износа только крыльчатки. Например, согласно нашему исследованию, 80 процентов из 400 насосов вышли из строя только из-за износа рабочего колеса. Затраты на производство спирали, крыльчатки и защитной пластины составляют 10,5; 5,1 и 1,5 миллиона тугриков (единица монгольской валюты, равная примерно 2000 долларам США к 2015 году) соответственно. Всего один восстановленный насос стоит около 20 миллионов тугриков (10 тысяч долларов США). В этом исследовании анализировалось влияние лазерной обработки, такие как сварка, наплавка и поверхностная обработка расплавом, на микроструктуру, твердость и износостойкость высокохромистого белого чугуна, который используется для изготовления больших шламовых насосов. Износостойкий высокохромистый белый чугун – это материал высокой твердости и абразивной износостойкости. Любое ремонтное действие для износостойкого белого железа должно обеспечивать твердость более 50 HRC и равную или большую износостойкость, чем у базового чугуна. Лазерная наплавка только металл-керамического (по составу близкого к ИНКО-702) порошка могла бы удовлетворить вышеуказанное требование, но она дает чугуну поры и трещины. Исследования были направлены на снижение образования трещин и пор в процессе обработки.

Износостойкий белый чугун может быть сварен лазером с предварительным нагревом. Тонкие срезы высокохромистого белого чугуна, сваренные с образцами чугуна и стали, не имеют дефектов в зоне сварки. Поверхностная обработка расплавом, вероятно, менее эффективна для высокохромистого белого чугуна из-за низких механических свойств расплавленной поверхности. Кроме того, высокая скорость охлаждения в процессе лазерного поверхностного плавления не позволяет аустенитной фазе трансформироваться и не обеспечивает термические условия, необходимые для желаемого образования вторичных карбидных осадков или мартенситных превращений.

Ключевые слова: сварка, наплавка, лазерная обработка, аустенит, износостойкость, твердость, закалка, фаза.

Для цитирования: Восстановление и упрочнение поверхности деталей из высокохромистого чугуна лазерной обработкой / П. Батхуу [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 246–257. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.035.

Original article

RESTORATION AND STRENGTHENING OF THE SURFACE OF HIGH-CHROMIUM CAST IRON PARTS BY LASER TREATMENT

Purevdorzh Batkhoo¹, Galaa Omontsoo², Buryal D. Lygdenov³,
Alexey M. Guryev⁴

^{1,2} Mongolian State University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

^{3,4} Wuhan Textile University, Wuhan, China

³ East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

⁴ Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ batpuje@gmail.com, [https://orcid.org/\[0000-0002-3922-2589](https://orcid.org/[0000-0002-3922-2589)

² galaaom@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0001-6938-8486>

³ lygdenov59@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3580-6165>

⁴ gurievam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7570-8877>

Abstract. *The abrasive and corrosive effects of the sludge and the rapid changes in the working speed intensively affect the wear process of the pump elements, especially the impeller. It is estimated that the service life of the pump is from 212 to 248 hours. In just one year, approximately 400 pumps are removed from the line for repair at the repair plant. Most of them failed due to the wear of the impeller only. For example, according to our study, 80 percent of the 400 pumps failed just because of impeller wear. The production costs of the helix, impeller, and protective plate are 10.5, 5.1, and 1.5 million tugriks (a unit of Mongolian currency equal to approximately 2000 US dollars by 2015), respectively. Only one restored pump costs about 20 million tugriks (10 thousand US dollars). This study analyzed the effects of laser processing, such as welding, surfacing, and surface melt treatment, on the microstructure, hardness, and wear resistance of high-chromium white cast iron, which is used to make large slurry pumps. Wear-resistant high-chromium white cast iron is a material of high hardness and abrasive wear resistance. Any repair action for wear-resistant white iron must provide a hardness of more than 50 HRC and equal or greater wear resistance than that of the base cast iron. Laser surfacing of only a metal-ceramic powder (similar in composition to INCO-702) could satisfy the above requirement, but it gives the cast iron pores and cracks. The research was aimed at reducing the formation of cracks and pores during the processing process. Wear-resistant white cast iron can be laser-welded with preheating. Thin sections of high-chromium white cast iron, welded with samples of cast iron and steel, have no defects in the welding zone. Surface melt treatment is probably less effective for high-chromium white cast iron due to the low mechanical properties of the molten surface. In addition, the high cooling rate during laser surface melting does not allow the austenitic phase to transform and does not provide the thermal conditions necessary for the desired formation of secondary carbide precipitates or martensitic transformations.*

Keywords: *welding, surfacing, laser processing, austenite, wear resistance, hardness, quenching, phase.*

For citation: Batkhoo, P., Omontsoo, G., Lygdenov, B. D. & Guryev, A. M. (2021). Restoration and strengthening of the surface of high-chromium cast iron parts by laser treatment. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 246-257. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.035.

ВВЕДЕНИЕ

Ремонтный завод Erdenet Mining Company (EMC) крупнейшей медедобывающей компании Монголии производит шламовые насосы из износостойкого высокохромистого белого чугуна (HCrWI) и износостойкие футеровки для рудных мельниц из износостойкой высокомарганцевой аустенитной стали (HMnAS). HCrWI, отлитый в EMC, имеет 27–30 мас. % Cr и 1,5–3 мас. % Mn, 2,7–3 мас. % C

и используется для изготовления крыльчатки, спирали, корпуса и защитной пластины, основных компонентов больших шламовых насосов, используемых на рудоперерабатывающем заводе. Все виды шламовых насосов используются для работы в очень тяжелых условиях. Абразивное и коррозионное воздействие шлама и быстрые изменения рабочей скорости интенсивно влияют на процесс износа элементов насоса, особенно рабочего колеса. Подсчитано, что срок службы насоса составляет от 212 до 248 часов. Всего за один год,

примерно 400 насосов снимаются с линии для ремонта на ремонтном заводе [9]. Большинство из них вышли из строя из-за износа только крыльчатки. Например, согласно нашему исследованию, 80 процентов из 400 насосов вышли из строя только из-за износа рабочего колеса. Затраты на производство спирали, крыльчатки и защитной пластины составляют 10,5; 5,1 и 1,5 миллиона тугриков (единица монгольской валюты, равная примерно 2000 долларам США к 2015 году) соответственно. Всего один восстановленный насос стоит около 20 миллионов тугриков (10 тысяч долларов США) [9]. Очевидно, что очень важно увеличить срок службы насоса за счет внедрения нового способа производства или технологии ремонта. В настоящее время широко распространена практика, когда изношенные детали насоса весом от 250 до 750 кг отправляются в литейный цех на переработку без каких-либо попыток ремонта.

Использование лазера для ремонта этих деталей может привести к значительной экономии затрат, поскольку альтернативой является расплав и литье деталей насоса с последующими механической и термической обработками. Лазерная обработка поверхностей изношенных материалов может обеспечить значительную экономию по сравнению с текущей процедурой переработки. Это исследование было направлено на то, чтобы определить, можно ли использовать обработку, такую как лазерная наплавка, для поддержания или улучшения твердости и износостойких свойств HCrWI. Лазерная сварка может быть использована для соединения твердого облицовочного покрытия из высокохромистого белого чугуна со стальными или железными подложками, потому что твердость и износостойкость HCrWI были рассмотрены в качестве основных критериев его ремонтной обработки. Твердость, превышающая 50 HRC, делает HCrWI отличным износостойким материалом для оборудования горнодобывающей промышленности.

На практике не так много попыток применения, как лазерной сварки, так и наплавки HCrWI, потому что считается, что HCrWI становится непригодным для использования из-за свойств зоны термического влияния (ЗТВ). Несколько исследований, связанных с лазерной сваркой только для серых чугунов, были найдены в литературе [5, 8]. Некоторые автомобильные компании, такие как BMW, использовали лазерную сварку для соединения закаленной стальной кольцевой передачи с корпусом дифференциала, отлитым из серого чугуна в шестерне заднего моста автомобиля [1]. Позже эта работа была более глубоко изучена

в Южной Корее [2]. Сверхвысокопрочная хромистая сталь с мартенситной микроструктурой сварена лазером и исследована [5]. Процесс лазерной наплавки используется на некоторых инструментальных сталях [11].

Доэвтектические чугуны, содержащие 16 и 26 мас. % Cr с отдельными добавками Ni, Cu, Mo и V, а также без добавления, были изучены на предмет изменений микротвердости матрицы при термообработке [10].

Несмотря на то, что белый чугун трудно сваривается, в работе была предпринята попытка возможности лазерной сварки, при этом достигая удовлетворительной твердости сварной оболочки на изношенной подложке HCrWI. Для этого необходим тщательный контроль обработки в процессе сварки, чтобы определить, может ли быть достигнут удовлетворительный ремонт.

На практике содержание хрома во всех HCrWI находится в пределах 12 мас. %, 18–22 мас. % и 27–30 мас. % в зависимости от типа чугуна [13]. HCrWI с 18–22 мас. % наиболее популярен благодаря своей превосходной износостойкости. Но он имеет более низкую прочность, чем другие чугуны. Наиболее благоприятное сочетание износостойкости, коррозионной стойкости и ударной вязкости достигается в чугуне с 27–30 мас. % Cr, что делает его хорошим материалом для шламовых насосов. HCrWI отличается высоким содержанием хрома, внедренного в виде твердой эвтектики хрома и вторичных карбидов в мартенситную матрицу после закалки [12, 13]. Незакаленный HCrWI состоит из аустенитных дендритов и эвтектических карбидов. Механические свойства и износостойкость такого чугуна зависят от типа, твердости, морфологии, распределения, объемной доли и ориентации этих карбидов [13]. Механические свойства HCrWI широко изменяются при термической обработке. Имеется достаточное количество публикаций, связанных с микроструктурной модификацией не только чистых HCrWI, но и сплавов с другими карбидообразующими элементами, такими как титан, ванадий и вольфрам, полученных термической обработкой [10]. В литом состоянии HCrWI с 28 мас. % Cr состоит из первичных аустенитных дендритов и эвтектических карбидов M_7C_3 . Частично эвтектический аустенит вокруг эвтектического карбида может превратиться в мартенсит. Твердость в литом состоянии составляет около 450 HB. Термическая обработка, названная процессом дестабилизации, вносит большие изменения в микроструктуру HCrWI. Дестабилизация аустенита в течение 1–6 часов позволяет осаждать вторичные карбиды в матрице аустенита, вызывая снижение содержания хрома и углерода в аустените.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

При быстром охлаждении до комнатной температуры аустенит с меньшим содержанием Cr и C превращается в мартенсит. Осаждение вторичного карбида и мартенситное превращение аустенита повышают твердость до 700 НВ [12, 13]. Абразивно-эрозионные износостойкие свойства HCrWI изучались в ряде литературных источников [12, 6, 3]. Эрозионная износостойкость связана с объемной твердостью. Объемная твердость необработанных белых чугунов зависит от объемной доли карбида. Потеря износа HCrWI представляет собой комбинацию потери веса из-за удаления матрицы и карбида. Матрица из аустенита показала большие потери на износ, чем мартенситная матрица с вторичными карбидами.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Образцы прямоугольной формы с размерами 30 x 35 x 30 мм из HCrWI и высокомарганцевой стали были получены методом литья в песчаную форму (рисунок 1).

Образцы HCWI нагревали до температуры 900 °С и после выдержки в течение 1 часа охлаждали на воздухе в течение 24 часов. Затем химический состав и твердость измеряли спектрометрическим методом и твердомером Бринеля. Химическое содержание HCWI составляло: 2,72 % С, 30,9 % Cr, 1,42 % Ni, 1,06 % Mn и 65,1 % Fe.

Твердость образцов железа составляла 480–550 НВ. Образцы высокомарганцевой аустенитной стали использовались для лазерной сварки с образцами HCrWI, чтобы определить свариваемость. Химическое содержание стали: 13,6 % Mn, 0,72 % Cr, 0,36 % Ni и 84,6 % Fe.

Затем образцы были подготовлены для экспериментов по лазерной обработке, включая сварку, наплавку и обработку поверхности.

Система лазерного осаждения, использо-

ванная в исследовании, представляла собой лазерный источник Nd : YAG мощностью 3 кВт с диаметром пучка 2,85 мм. Скорость лазерной обработки была установлена на уровне 254 мм/мин. После лазерной сварки, лазерной наплавки и лазерной обработки поверхности все образцы были испытаны на абразивный износ и металлографический анализ микроструктуры с помощью оптического микроскопа и СЭМ-изображений.

Химический анализ и испытание на абразивный износ были проведены для всех образцов, обработанных лазером.

Лазерная сварка. В экспериментах по лазерной сварке железо и сталь сваривались при 700 Вт в двух конфигурациях: 1) чугун–чугун, состоящее из двух пар свариваемых образцов; 2) чугун–сталь, состоящее из трех пар свариваемых образцов. Перед сваркой образцы предварительно нагревали до 600 °С лазерным лучом с низкой энергии. На рисунке 2 показаны ориентации сварных швов. Технические характеристики сварки были следующими:

Чугун – к – чугуну:

1. Образцы сечением 10 x 12 мм приваривают к чугунному куску с длинной стороны 35 мм.

2. Образцы сечением 1, 5 x 3 мм привариваются к чугунному куску фланцевым соединением.

Чугун – сталь:

1. Образцы сечением 11 x 15 мм привариваются к стальному куску с его стороны длиной 30 мм.

2. Образцы сечением 1,5 x 3 мм свариваются на стальной заготовке фланцевым соединением.

3. Образцы шириной 2 мм свариваются на большом стальном куске Т-образным соединением.



Рисунок 1 – Предварительные образцы HCWI и HMS
(I и S используются для обозначения чугуна и стали соответственно)

Figure 1 - Preliminary samples of HCWI and HMS
(I and S are used to denote cast iron and steel, respectively)

Лазерная наплавка. Подготовленные образцы износостойкого высокохромистого белого чугуна были покрыты тремя видами порошковых материалов: металллокерамическими, износостойкими материалами стеллит-21 и стеллит-1 с одно- и многослойными покрытиями. Металлокерамический порошок предназначен для создания износостойкого покрытия методом TIG или плазменной дуговой сварки. Для оценки наплавки HCrWI в

сравнении с металллокерамической наплавкой использовали порошок стеллит-21 и стеллит-1. Перед наплавкой образцы предварительно нагревали до 600 °С низкоэнергетическим лазерным лучом. Во время наплавки мощность лазера была установлена на 1300 Вт. Порошковые материалы вдуваются инертным газом аргона в зону расплава со скоростью подачи 3,4 г/мин. Каждый из порошков осаждался в виде отдельных шариков и в 1–5 слоев.

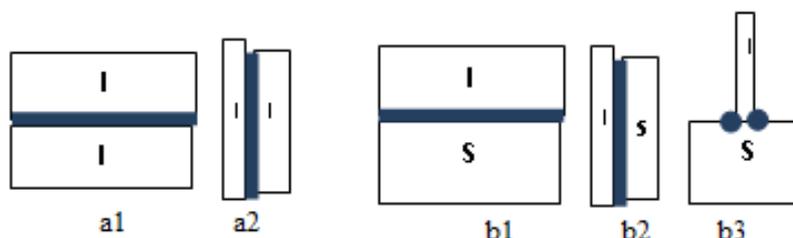


Рисунок 2 – Конфигурация сварки:
a1, a2 – два сварных шва железо-железо, b1, b2, b3 – три сварных шва чугун – сталь

Figure 2 - Welding configuration:
a1, a2 - two welds iron-iron, b1, b2, b3 - three welds cast iron – steel

Единичные шарики из металллокерамических и стеллит-21 материалов были изготовлены для сравнения их технологической способности с помощью анализа поведения разбавления.

Лазерная наплавка или лазерная обработка поверхности расплавом. Предпринята попытка оценить изменение поверхностных свойств HCrWI, автором выполнена лазерная обработка плавлением с быстрым охлаждением. Для поверхностного плавления использовали образец HCrWI размером 28 x 40 x 12 мм мощностью 1000 Вт с перекрытием пучка 30 % между последующими проходами.

Микроструктура. Для металлографического анализа все сварные, плакированные и обработанные лазерным расплавом образцы были отполированы и вытравлены стандартным методом. В процессе полировки последовательно использовались бумаги из карбида кремния с зернистостью 240, 400, 600 и 1200. Затем для окончательной полировки использовали коллоидные суспензии алмазных частиц размером 9, 6 и 3 мкм. После полировки образцы травили 2 % Нитала (2 % азотной кислоты и метанола). Для некоторых сварных образцов использовали безводный Каллин (50 мл HCl, 25 мл CuCl₂ и 50 мл этанола), чтобы выявить интересующие фазы. Для исследования микроструктур использовали металлографический оптический микроскоп AXIO Cam MRc5. Для химического и микроструктурного

анализа использовались рентгеновский тестер и SEM-анализатор.

Механические свойства, такие как твердость и абразивная износостойкость сваренных лазером, плакированных и обработанных расплавом поверхностей, оценивались по единице HRC и значениям потерь на абразивный износ. Базовый чугун и базовая сталь также были включены в испытания и измерения механических свойств.

Для испытаний на износ используются машина для испытания на сухое истирание ASTM G65 и абразивный материал из карбида кремния. Испытательная машина была настроена на скорость вращения 200 об / мин, с 30 фунтами контактного усилия и 10 минутами времени тестирования.

РЕЗУЛЬТАТ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА

При ограниченной информации в литературе относительно лазерной сварки высокохромистого белого чугуна наблюдались уникальные морфологии в микроструктуре. Пример лазерной сварки серого чугуна со сталями был найден при производстве дифференциалов для автомобильной промышленности [4, 2]. В этих исследованиях уменьшение трещин и улучшение механических свойств были достигнуты за счет использования присадочного металла на основе Ni. Использование терморегулируемой предварительной и окончательной

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

термической обработки помогает смягчить проблемы свариваемости, при сплавлении высокоуглеродистых сплавов. В этом исследовании вредные изменения механических свойств и микроструктуры для сварки плавлением HCrWI

были уменьшены в результате минимального теплового эффекта, минимальной зоны плавления и быстрого затвердевания при лазерной обработке. Образцы лазерной сварки показаны на рисунке 3.



Рисунок 3 – Лазерная сварка образцов чугуна–чугун и чугуна–сталь

Picture 3 - Laser welding of samples of cast iron-cast iron and cast iron-steel

На рисунке 4 показаны микроструктуры сварного шва чугуна со сталью и чугуна с чугуном. Никаких явных дефектов или проблем в зоне сварки этих сварных швов обнаружено не было.

Микроструктуры показывают, что сварное

соединение лазером прочно удерживает не только один и тот же, но и другой вид образцов, которые достаточно прочны в целом с образцом HCrWI.



Рисунок 4 – Сварка (а) Т-образного соединения чугуна со сталью и (б) фланцевого соединения чугуна с чугуном

Figure 4 - Welding (a) a T-shaped joint of cast iron to steel and (b) a flange joint of cast iron to cast iron

Детальное исследование размера зоны сварки в образце HCrWI / HMS было показано на рисунке 5. Толщина зоны сварки составляла около 0,6 мм, а толщина зоны термического воздействия (ЗТВ) – 0,3 мм. Подложка (а) имела аустенитные дендриты с некоторыми мартенситными и эвтектическими карбидами. В ЗТВ (б) по мере приближения к расплавленной области наблюдалось огрубление аустенитных дендритов. В промежуточной переходной зоне (с) между сварным швом и ЗТВ крупные аустенитные дендриты окружены сверху вновь затвердевшими материалами.

Зона сварки (d) над ЗТВ состоит из металлической матрицы и эвтектических карбидов. Зона сварки также представляет собой смесь высокохромистого белого железа и высокомарганцевой аустенитной стали, обработанной лазерным лучом.

Химически HCrWI имеет: 2,72 % C, 30,9 % Cr, 1,42 % Ni, 1,06 % Mn и 65,1 % Fe, в то время как высокомарганцевая аустенитная сталь: 13,6 % Mn, 0,72 % Cr, 0,36 % Ni и 84,6 % Fe.

После лазерной сварки химический состав свариваемой зоны должен быть не таким, как в базовом сплаве. Например, содержание

хрома, никеля и углерода уменьшается почти вдвое, тогда как содержание марганца и железа увеличивается. Мы предполагаем, что объем сварной зоны может содержать около 15 % мас. Cr, 6 % мас. Mn, 75 % мас. Fe, 0,8 % мас. Ni и 2 % мас. C соответственно. Уменьшение содержания хрома и углерода и увеличение содержания железа дают сварной зоне

больше возможности на образование твердых цементитных и мартенситных фаз. В металлической матрице увеличивалось количество мартенситной фазы. В результате твердость была увеличена до 55 HRC. Это может привести к вредному воздействию на сварной шов. В этом исследовании трещин не наблюдалось.



Рисунок 5 – Изменения микроструктуры при лазерной сварке чугуна со сталью:
а – чугунная подложка; б – ЗТВ; в – переходная зона; г – сварная зона

Figure 5 - Changes in the microstructure during laser welding of cast iron with steel:
a - cast iron substrate, b - HAZ, c - transition zone, d - welded zone

2. ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА

Целью лазерной наплавки является улучшение износостойкости, ударопрочности и коррозионной стойкости поверхностей путем создания защитного покрытия на подложке с более низкими эксплуатационными характеристиками. Качество процесса лазерной наплавки на высокохромистом белом чугуне зависит не только от факторов, связанных с лазерным процессом, но и от химических и структурных свойств подложки.

Традиционно высокохромистый белый чугун не сваривается плавлением, потому что возникают термические напряжения и происходит микроструктурная деградация. Автору не удалось найти никакой литературы, сообщающей об использовании лазерной наплавки на белом чугуне на момент этой публикации. Данное исследование было направлено на выявление возможных методов поддержания или повышения твердости и абразивной износостойкости HCrWI.

Для лазерной плакировки образцов железа использовали три типа порошковых материалов: металлокерамический (по составу близкий к ИНКО-702), стеллит-21 и стеллит-1 и исследовали твердость и абразивную износостойкость.

На рисунке 6 показаны микроструктуры одиночных шариков stellite-21 и металлокерамического лазера. Микрофотография поперечного сечения stellite-21 ® свидетельствует о хорошей связи между шариком и подложкой без разбавления. В металлокерамическом шарике имеется ряд больших и малых отверстий. Диаметр самых больших пор достигает 0,6 мм. Это может быть вызвано некоторыми видами флюсовых материалов в порошке. Хуже было при многослойном осаждении с хрупким режимом. Действительно, покрытие было сломано, когда его разрезали. Многослойный осажденный материал stellite-21 ® образовал хорошее покрытие без видимой пористости или трещин.

На рисунке 6 показаны микроструктуры поперечного сечения валика лазерной наплавки при применении порошка стеллит-21 и металлокерамики. Микроструктура поперечного сечения валика свидетельствует о хорошей адгезии между валиком и основным металлом без смешивания. В металлокерамическом покрытии обнаружены ряд больших и маленьких пор. Диаметр самых больших пор достигает 0,6 мм. Это может быть вызвано наличием в порошке некоторых флюсовых частиц, что может повысить

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

хрупкость при многослойной наплавке вплоть до разрушения валика. При многослойной наплавке с применением стеллит-21 образуется

хорошее покрытие без видимой пористости или трещин.

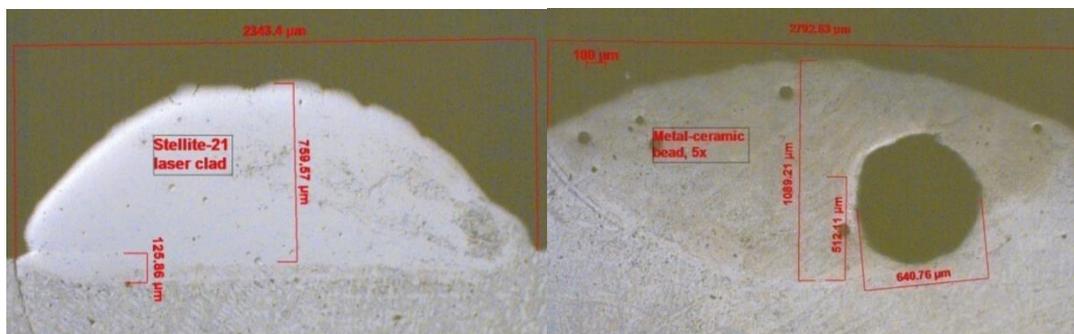


Рисунок 6 – Поперечное сечение валика при наплавке из порошка (а) стеллита-21 и (б) металлокерамических порошков

Figure 6 - Cross-section of the bead when surfacing from powder (a) Stellite-21 and (b) metal-ceramic powders

Металлокерамическое покрытие не дает необходимой твердой поверхности, но один слой покрытия увеличивает износостойкость по сравнению с литым HCWI.

На рисунке 7 показано, что металлокера-

мическое покрытие, содержащее обилие частиц карбида хрома, распределенных в мартенситной и аустенитной фазах, обладает повышенной абразивной износостойкостью почти в два раза по сравнению с базовым чугуном.

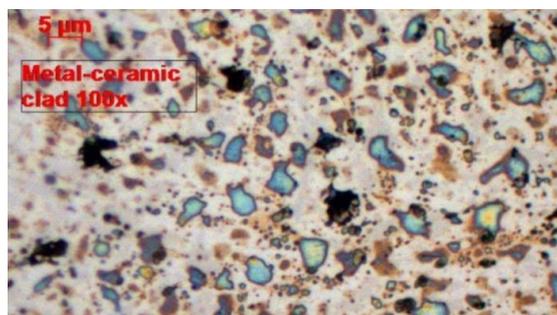


Рисунок 7 – Микроструктура металлокерамического покрытия (1000 x mag)

Picture 7 - Microstructure of cermet coating (1000 x mag)

На рисунке 8 показаны микроструктуры многослойной лазерной наплавки из порошка стеллит-21 и стеллит-1. В данном случае не

обнаружено трещин или пор ни в одноразовом, ни в многослойном покрытиях.

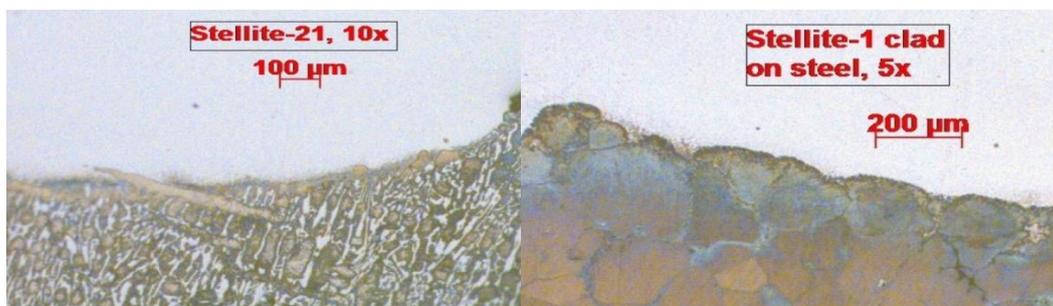


Рисунок 8 – Покрытия из порошка стеллит-21 (100x) и стеллит-1 (50x) на подложках HCWI и HMS

Figure 8 - Coatings of stellite-21 (100x) and stellite-1 (50x) powder on HCWI and HMS substrates

Металлокерамическое покрытие содержит 19 мас. % хрома и 46 мас. % никеля. Уменьшение содержания хрома с 30 до 19 мас. % и увеличение количества никеля стабилизируют превращение аустенита в мартенсит. Обилие карбидов хрома, эвтектического цементита и мартенситной фазы в удерживаемом аустените придает покрытию более твердость и устойчивость к абразивному износу, чем базовый чугун. Порошковые покрытия стеллит-21 и стеллит-1 содержат примерно 60 мас. % кобальта и 27 мас. % хрома.

Твердость и потеря износа основных материалов и их лазерно-плакированных поверхностей с тремя выбранными материалами покрытия показаны на рисунках 10 и 11. Базовый чугунный материал имеет твердость 55 HRC. Металлокерамическое покрытие имеет твердость 54,4 HRC. Наименьшую твердость имеет сталь с высоким содержанием марганца.

Несмотря на то, что марганцевая сталь имеет низкую твердость по сравнению с другими испытанными материалами, износостойкость в два раза выше, чем стеллит-1 и лазерная расплавленная поверхность, оцененная в этом исследовании.

3. ЛАЗЕРНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ

Лазерная глазурованная поверхность HCrWI с ранее отмеченной глубиной проникновения 0,5 мм была дополнительно оценена и различные микроструктурные морфологии приведены на рисунке 9. В заключительные моменты затвердевания высокохромистого белого чугуна первичной фазой являются аустенитные дендриты, а орторомбический карбид M7C3 не осаждается в результате быстрого затвердевания и низкой теплоемкости, характерной для лазерной обработки материала.

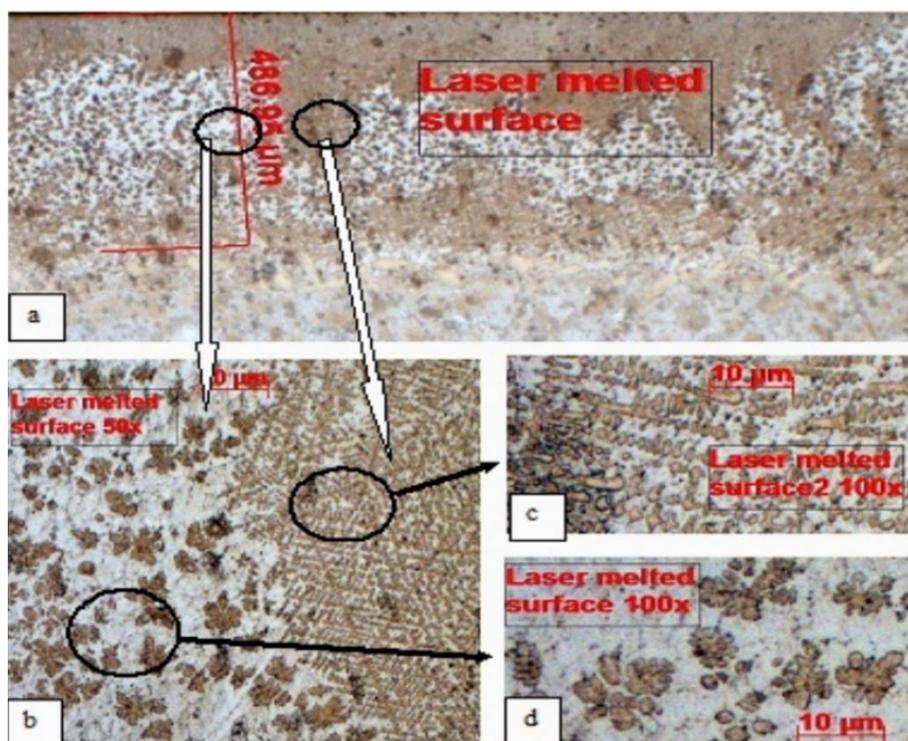


Рисунок 9 – Комбинированная микроструктура обработанной лазерным расплавом поверхности

Figure 9 - Combined microstructure of laser-treated surface

HCrWI в различных увеличениях: а – толщина обработанной поверхности (100 х); б – смесь тонких и грубых дендритов аустенита (500 х); в – мелкие дендриты; д – грубые дендриты (1000 х).

Такое быстрое охлаждение не обеспечивает достаточно времени для диффузионного процесса, необходимого для осаждения вторичных карбидов из аустенитной матрицы. В этом

исследовании лазерная расплавленная поверхность HCrWI показывает три различные микроструктурные зоны, которые были сформированы. Верхний и нижний слои имеют тонкие дендриты аустенита и эвтектические карбиды. Средний слой имеет крупные не плотноупакованные сфероидные дендриты аустенита с мор-

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

фологией лепестка цветка в пластинках эвтектической структуры.

На границе между дендритами аустенита и эвтектических карбидов происходит некоторое превращение аустенита в более мартенситные морфологии. В аустените не осаждаются вторичные карбиды. Вся расплавленная поверхность имеет ограниченное количество мартенситной фазы.

Установлено, что твердость и абразивная износостойкость обработанной лазерным расплавом поверхности HCrWI значительно ниже, чем у основного железа. Это объясняется тем, что при быстром охлаждении поверхности лазерного расплава недостаточно времени для осаднения вторичных карбидов диффузионным процессом и последующего мартенситного пре-

вращения. После лазерной обработки поверхности плавлением твердость HCrWI была снижена с 55 до 42 HRC. Это объясняется отсутствием вторичного карбидного осаждения и мартенситного превращения аустенита. Износостойкость расплавленного лазером HCrWI составляет почти одну пятую от исходного HCrWI.

Наиболее износостойким материалом является металллокерамическое покрытие. Он в 1,9 раза устойчивее базового чугуна. В результате было определено, что металллокерамический порошок является наиболее привлекательным материалом для лазерного ремонта HCrWI. На рисунке 10 показана сравнительная твердость покрытий. Все испытанные на абразивный износ образцы с номерами индикации скорости износа показаны на рисунке 11.

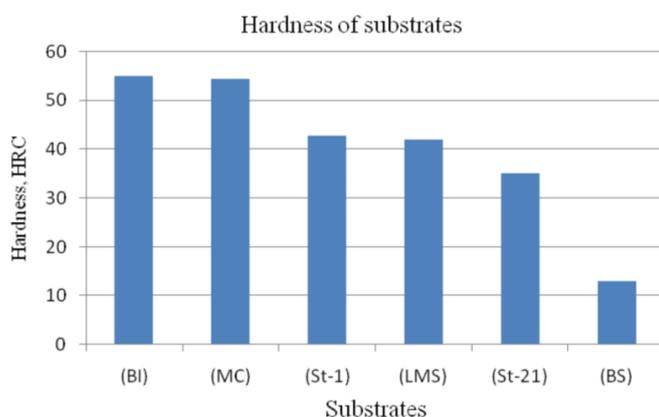


Рисунок 10 – Твердость базовых материалов и лазерно-плакированных поверхностей
Figure 10 - Hardness of base materials and laser-clad surfaces

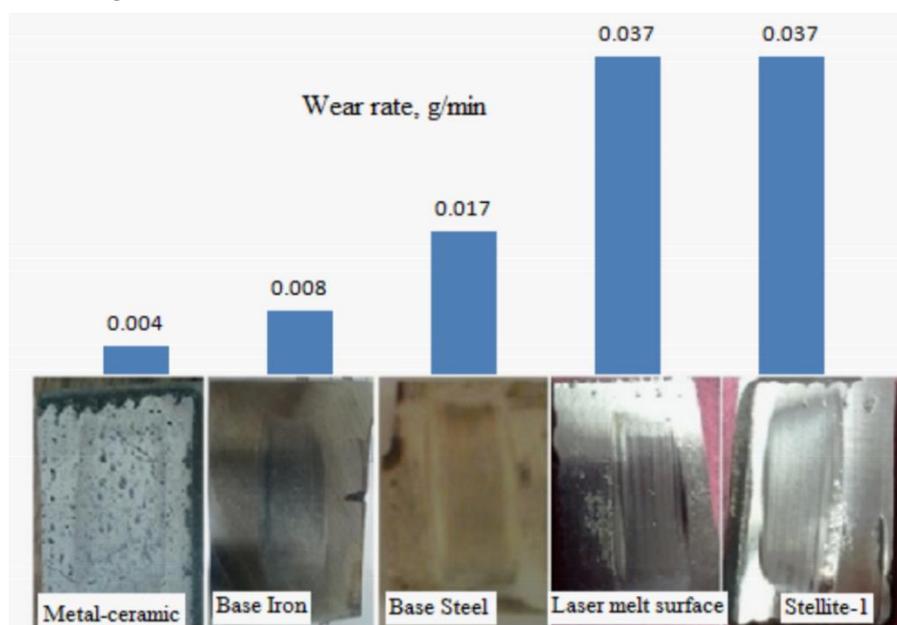


Рисунок 11 – Отметка абразивного износа и скорость износа на каждом образце

Figure 11 - Mark of abrasive wear and wear rate on each sample

Оценка изменений химических и механических свойств. Химический состав основного чугуна и стали и лазерно-осажденных порошков на

железной подложке приведены в таблице 1, а твердость базовых и лазерно-обработанных поверхностей образцов в таблице 2.

Таблица 1 – Химическое содержание основных материалов и лазерных покрытий, мас. %

Table 1 - Chemical content of basic materials and laser coatings, wt. %

| Chemical elements | Base materials and laser coatings | | | | |
|-------------------|-----------------------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| | Base materials | | Coatings | | |
| | HCWI | HMS | Metal-ceramic | Stellite-21 | Stellite-1 |
| Fe | 65,1 | 84,6 | 31,9 | 3,0 | 2,12 |
| Cr | 30,9 | 0,72 | 19,6 | 27 | 27,8 |
| Mn | 1,06 | 13,6 | 0,50 | 1,23 | |
| Ni | 1,42 | 0,36 | 46,6 | 2,59 | 0,48 |
| Co | 0,08 | – | 0,6 | 59,4 | 63,1 |
| Mo | – | – | – | 5,3 | – |
| W | – | – | – | – | 5,5 |
| V | 0,23 | 0,14 | – | – | – |
| Cu | – | 0,09 | 0,5 | – | – |

Таблица 2 – Твердость базовых и лазерно-обработанных поверхностей образцов HCWI и HMS

Table 2 - Hardness of base and laser-treated surfaces of HCWI and HMS specimens

| Coated surfaces | Hardness, HRC | Wear loss, G | Wear resistance | Rank by wear resistance |
|---------------------------------|---------------|--------------|-----------------|-------------------------|
| Base Iron (BI) | 55 | 0,08 | 1 | 2 |
| Metal-ceramic coating (MC) | 54,4 | 0,042 | 1,9 | 1 |
| Stellite-1 coating (St-1) | 42,8 | 0,375 | 0,2 | 4 |
| Laser glazed iron surface (LMS) | 42 | 0,375 | 0,2 | 5 |
| Stellite-21 coating (St-21) | 35,2 | 0,42 | 0,19 | 6 |
| Base steel (BS) | 13 | 0,17 | 0,47 | 3 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этом исследовании анализировалось влияние лазерной обработки, такой как сварка, наплавка и поверхностная обработка расплавом, на микроструктуру, твердость и износостойкость высокохромистого белого чугуна, который используется для изготовления больших шламовых насосов в Монгольской горнодобывающей компании Erdenet. Основные выводы представлены следующим образом:

1) износостойкий высокохромистый белый чугун – это материал высокой твердости и абразивной износостойкости. Любое ремонтное действие для износостойкого белого железа должно обеспечивать твердость более 50 HRC и равную

или большую износостойкость, чем у базового чугуна. Лазерная наплавка только металллокерамического (по составу близкого к ИНКО-702) порошка могла бы удовлетворить вышеуказанное требование, но она дает чугуну поры и трещины. Дальнейшие исследования должны быть направлены на снижение образования трещин и пор в процессе обработки без влияния на перспективные износостойкие свойства металллокерамического покрытия;

2) износостойкий белый чугун может быть сварен лазером с предварительным нагревом. Тонкие срезы высокохромистого белого чугуна, сваренные с образцами чугуна и стали, не имеют дефектов в зоне сварки. Это позволило бы сде-

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

лать наплавочную подложку для стального корпуса методом лазерной сварки.

3) Поверхностная обработка расплавом, вероятно, менее эффективна для высокохромистого белого чугуна из-за низких механических свойств расплавленной поверхности. Кроме того, высокая скорость охлаждения в процессе лазерного поверхностного плавления не позволяет аустенитной фазе трансформироваться и не обеспечивает термические условия, необходимые для желаемого образования вторичных карбидных осадков или мартенситных превращений.

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ

Эта работа была поддержана проектом «L2766-MON: Реформа высшего образования», финансируемым Азиатским банком развития и выполняемым Министерством образования, культуры, науки и спорта Монголии.

Информация об авторах

П. Батхуу – преподаватель кафедры «Машиностроение» Монгольского государственного университета науки и технологии.

Г. Омонцоо – к.т.н., зав. кафедрой «Машиностроение» Монгольского государственного университета науки и технологии.

Б. Д. Лыгденов – д.т.н., профессор Уханьского текстильного университета.

А. М. Гурьев – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Начертательная геометрия и графика» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Mahmoud, E.R.I. & El-Labban, H.F. (2014). Microstructure and Wear Behavior of TiC Coating Deposited on Spheroidized Graphite Cast Iron Using Laser Surfacing. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 4(5), 696-701.
2. Jiyoung, Yu, Taikmin, Jung, Sulae, Kim & Sehun, Rhee. (2011). Laser welding of cast iron and carburized steel for differential gear. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 25 (11). 2887-2893.
3. Karantzalis, A.E., Lekatou, A. & Mavros., H. (2009). Microstructural modifications of as-cast high-chromium white iron by heat treatment. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 18(2), 174-181. DOI:10.1007/s12206-011-0809-x.
4. Laser welding cast iron and steel. Retrieved from <http://www.industrial-lasers.com/articles/print/volume-23/issue-5/departments/update/laser-welding-cast-iron-and-steel.html>.

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

Статья поступила в редакцию 01.05.2021; одобрена после рецензирования 24.05.2021; принята к публикации 28.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 01 May 21; approved after review on 24 May 21; accepted for publication on 28 May 21.

5. Dahmen, Martin, Janzen, Vitalij, Lindner, Stefan & Wagener, Rainer. (2014). Laser beam welding of ultra-high strength chromium steel with martensitic microstructure. *Conference: 8th International Conference on Photonic Technologies LANE*, (56), 525-534.

6. Nelson, G.D, Powell, G.L.F & Linton, V.M. (2006). Investigation of the Wear Resistance of High Chromium White Irons. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/267792427_Investigation_of_the_Wear_Resistance_of_High_Chromium_White_Irons.

7. Ocelík, V., Oliveira, U., Boer, M., & J.Th.M. de Hosson. (2007). Thick Co-based coating on cast iron by side laser cladding: Analysis of processing conditions and coating properties. *Surface & Coatings Technology*. 5875-5883.

8. Peng, Yi., Pengyun, Xu., Changfeng, Fan., Guanghui, Yang., Dan, Liu. & Yongjun, Shi. (2014). Microstructure Formation and Fracturing Characteristics of Grey Cast Iron Repaired Using Laser. *Scientific World Journal*, (16), 541569, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/541569>.

9. Purevdorj, B. (2011). Study of slurry pumps use in Erdenet Mining Company. *ICKI 2011. Proceeding of International Conference on Knowledge Based Industry*. Ulaanbaatar. July 6-8. 473-477. Retrieved from <http://mustinkor.wordpress.com/2011/05/13/icki2011-call-for-papers>.

10. Sudsakorn, Inthidech & Yasuhiro, Matsubara. (2008). Effect of Alloying Elements on Variation of Micro-Hardness during Heat Treatment of Hypoeutectic High Chromium Cast Iron. *Materials Transactions*, 49(10), 2322-2330. The Japan Institute of Metals.

11. Vilar, R., Colaco, R. & Almeida, A. (1995). Laser surface treatment of tool steels. *Optical and Quantum Electronics*, 27(12), 1273-1289. DOI:10.1007/BF00326481.

12. Wiengmoon, A., Pearce, J.T.H. & Chairuangri, T. (2011). Relationship between microstructure, hardness and corrosion resistance in 20 wt. % Cr, 27 wt. % Cr and 36 wt. % Cr high chromium cast irons. *Materials Chemistry and Physics*, (125), 739-748.

13. Wiengmoon, A. (2011). Carbides in High Chromium Cast Irons. DOI:10.14456/nuej.2011.6.

Information about the authors

P. Batkhuu – Lecturer at the Department of Mechanical Engineering, Mongolian State University of Science and Technology.

G. Omonzoo – Ph.D., Head, Department of "Machine-building", Mongolian State University of Science and Technology.

B. D. Lygdenov – Doctor of Technical Sciences, Professor of Wuhan Textile University.

A. M. Guryev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Descriptive Geometry and Graphics, Polzunov Altai State Technical University.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

| | | | |
|--------------------|----------|---------------------|----------|
| Албина А. А. | 63 | Лепешкин А. И. | 75 |
| Алексеев Г. В. | 182 | Лисина С. В. | 132 |
| Аммосов С. С. | 175 | Лыгденов Б. Д. | 218, 246 |
| Ананьева Е. С. | 239 | Лыков П. В. | 212 |
| Ананьин С. В. | 233 | Мадышев И. Н. | 205 |
| Андрухова О. В. | 233 | Макарова Н. В. | 63 |
| Аникина В. А. | 160 | Марков А. М. | 225 |
| Бадмаева И. И. | 160 | Машкина Е. И. | 124 |
| Батхуу П. | 246 | Маюрникова Л. А. | 140 |
| Бесчастнов И. А. | 63 | Михайлова О. Ю. | 7 |
| Болгова И. Н. | 36 | Мотовилов К. Я. | 95 |
| Борисова А. В. | 88 | Мурадова М. Б. | 75 |
| Бочкарёва З. А. | 132 | Надточий Л. А. | 75 |
| Бычкова Е. А. | 88 | Намсараева З. М. | 160 |
| Вагнер В. А. | 67 | Науменко И. В. | 95 |
| Варивода А. А. | 153 | Некрасов М. С. | 200 |
| Волков И. Е. | 110 | Нечаева В. С. | 55 |
| Волончук С. К. | 95 | Николаев И. Н. | 110 |
| Воронина М. С. | 63 | Нициевская К. Н. | 55 |
| Горелова О. М. | 194, 200 | Новоселов С. В. | 140 |
| Горников Н. В. | 140 | Овечкин, С. В. | 233 |
| Горшков В. В. | 124 | Омонцоо Г. | 246 |
| Гулмадов И.И. | 239 | Орлов А. И. | 146 |
| Гуляева А. Н. | 63 | Остриков А. Н. | 36 |
| Гурьев А. М. | 218, 246 | Охлопкова А. А. | 175 |
| Гурьев, М. А. | 218 | Передерин Ю. В. | 188 |
| Дворяткина И. Б. | 67 | Петрова И. В. | 205 |
| Демиденко Н. Ю. | 102 | Петрова Н. Н. | 175 |
| Дубинина Е. В. | 27 | Петрук Е.В. | 239 |
| Дьяконов А. А. | 175 | Письменный Е. А. | 225 |
| Ездин Д. П. | 82 | Попов И.А. | 233 |
| Ездина А. А. | 82 | Проскура А. В. | 75 |
| Елисеева С. А. | 44 | Пчелинцева О. Н. | 132 |
| Еременко О. Н. | 102 | Резепин А. И. | 95 |
| Ермошин Н. А. | 110 | Резниченко И. Ю. | 146 |
| Затонская Л. В. | 212 | Резниченко Р. О. | 182 |
| Захаров М. А. | 27 | Родионова Л. Я. | 167 |
| Зинуров В. Э. | 205 | Ротькина А. С. | 140 |
| Зирка А. Ю. | 140 | Саберзянова Г. В. | 116 |
| Золотухина Д. Ю. | 63 | Санжаровская Н. С. | 14 |
| Иванов, С. Г. | 218 | Скороспелова Е. В. | 7 |
| Ивахненко А. Р. | 205 | Слепцова С. А. | 175 |
| Иринина О. И. | 44 | Смагин В. П. | 212 |
| Исаева А. А. | 212 | Соболь И. В. | 167 |
| Каменская Е. П. | 116 | Сокол Н. В. | 14 |
| Каршева К. О. | 182 | Сомин В. А. | 200 |
| Клейменова Н. Л. | 36 | Сычев А. А. | 110 |
| Ковшова Н. А. | 82 | Тарасова П. Н. | 175 |
| Козубаева Л. А. | 20 | Тарнопольская В. В. | 102 |
| Комарова Л. Ф. | 200 | Туисов А. Г. | 175 |
| Копылов М. В. | 36 | Усольцева И. О. | 188 |
| Коркина А. А. | 239 | Фомина С. В. | 82 |
| Кох Ж. А. | 102 | Фоминых А. В. | 82 |
| Красноселова Е. А. | 153 | Хамаганова И. В. | 160 |
| Крикунова Л. Н. | 27 | Хашим, М. А. | 75 |
| Кузьмина С. С. | 20 | Цырендоржиева С. В. | 160 |
| Кутищева Е. С. | 188 | Чечеткина А. Ю. | 75 |
| Кычкин А. А. | 175 | Шанин В. А. | 182 |
| Кычкин А. К. | 175 | Шарифуллина Ю. Б. | 14 |
| Лазарева И. В. | 27 | Шелковская Н. К. | 7, 67 |
| Лазуткина Ю. С. | 194 | | |

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Статья объемом 5 страниц (по согласованию с редакцией, допускаются статьи объемом от 3 до 10 страниц), имеющая индекс УДК, аннотацию и ключевые слова на русском языке, перевод метаданных статьи на английский язык, сведения об авторах (учёной степени, звания и места работы, e-mail и идентификаторе ORCID).

Работы принимаются в текстовом редакторе Microsoft Word.

Во вкладке «Разметка страницы»: используется размер бумаги формата А4, ориентация листа книжная. Поля: верхнее – 3,5 см; нижнее – 2,5 см; левое – 2,5 см; правое – 2,5 см; переплет – 0 см; В диалоге «Колонки» – «Другие колонки» выбирается расположение текста в "две" колонки, устанавливается ширина колонок – 7,65 см, промежуток между ними – 0,7 см. В диалоге «Расстановка переносов» выбирается "авто".

Во вкладке «Вставка» выбирается «Верхний колонтитул» – «Пустой», далее появляется вкладка «Конструктор», включаются "Особый колонтитул для первой страницы" и "Разные колонтитулы для четных и нечетных страниц". Колонтитулы от края: верхний – 2,0 см; нижний – 2,0 см.

Структура статьи в обязательном порядке должна содержать:

- Тип статьи (научная статья, обзорная статья), научная специальность, индекс УДК и doi (размещение в левом верхнем углу документа, каждая запись на отдельной строке, без точек).

- Названия статей набираются прописными буквами (шрифт «Arial», размер шрифта текста – 14 пунктов, полужирный) по центру документа.

- Имена, отчества и фамилии авторов размещаются под названием статьи (шрифт «Arial», размер шрифта текста – 12 пунктов), над фамилией ставят надстрочную цифру, по порядку, ниже все надстрочные цифры расшифровываются (сведения о месте работы, город, страна, адрес электронной почты и идентификатор ORCID авторов).

- Аннотацию формируют по ГОСТ Р 7.0.99. Объем аннотации от 150 до 250 слов. Перед аннотацией приводят слово «Аннотация» («Abstract»). Шрифт «Arial», размер шрифта – 10 пунктов, курсив, красная строка – 0,8 см, интервал между строками «одинарный». Аннотация должна быть информативной (не содержать общих слов), оригинальной, отражать основное содержание статьи и результаты исследования (обоснование, предмет, цель работы, метод или методологию проведения работы, область применения результатов, выводы).

- Перед ключевыми словами приводят слово «Ключевые слова» («Keywords») Количество ключевых слов или словосочетаний от 10 до 15. (шрифт «Arial», размер шрифта – 10 пунктов, курсив, красная строка – 0,8 см, интервал между строками «одинарный»).

- После ключевых слов могут быть приведены слова благодарности организациям, учреждениям, руководителям, могут быть приведены сведения о проектах, научно-исследовательских работах, финансировании и т.п. Эти сведения приводят с предшествующим словом «Благодарности» («Acknowledgements») (шрифт «Arial», размер шрифта – 10 пунктов, курсив, красная строка – 0,8 см, интервал между строками «одинарный»).

- Далее отделяют чертой строку и ниже пишут «Для цитирования» («For citation»), после вставляют библиографическую запись на статью для дальнейшего цитирования (составляют по ГОСТ Р.7.0.5-2008). После записи отделить чертой данный текст.

- После записи всех метаданных статьи на русском языке необходимо привести все метаданные на английском языке (отчества сокращают до буквы в английском языке).

- Основной текст (для основной части текста используется шрифт «Arial», размер шрифта основного текста – 10 пунктов, красная строка (отступ) – 0,8 см, интервал между строками «одинарный»).

Структура основного текста статьи:

1) **Введение** – в этом разделе описывается существующая научная проблема и представляется краткий литературный обзор по состоянию обозначенной проблемы.

2) **Методы / методология / методика исследований** – приводится теория или методика экспериментального исследования, приводится обоснование выбора данного материала и методов исследования.

3) **Результаты и их обсуждение** – раздел содержит краткое описание полученных теоретических или экспериментальных результатов. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. В обсуждении рекомендуется объяснить значимость вашего исследования. Показать, какие знания были получены результате исследования, обозначить их перспективы и сравнить их с существующим положением в данной области, описанным в разделе «Введение». Данные должны быть систематизированы и иметь логическую связь с текстом.

4) **Выводы** – этот раздел рекомендуется начать с нескольких фраз, подводящих итог проделанной работе, а затем в виде списка представляются основные выводы.

5) **Список литературы** (шрифт «Arial», размер – 9 пунктов) – не менее 10 позиций, оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

- Сведения об авторах приводятся после списка литературы, с предшествующими словами «Информация об авторах» - инициалы, фамилия — учёная степень, звание, место работы, телефон);
- После приводят список литературы на латинице (REFERENCES) согласно стилю APA (American Psychological Association - <https://apastyle.apa.org>). Нумерация записей в дополнительном перечне должна совпадать с нумерацией записей в основном перечне затекстовых библиографических ссылок.
- Ниже приводятся сведения об авторах на английском языке после слов «Information about the authors».
- В конце статьи авторы должны указать об отсутствии или наличии конфликта интересов.

Для создания формул и таблиц используются встроенные возможности Microsoft Word. Рисунки цифрового формата (в электронном виде) создаются средствами Microsoft Word или другими программами и вставляются в нужное место документа, название таблиц и рисунков дублируются на английском языке.

Размеры рисунков не должны превышать границы полей страницы основного текста документа с учетом подрисуночной подписи. Рисунки издательством не редактируются. Если рисунок по ширине превышает размер колонки, то необходимо ставить перед ним и после него разрыв раздела на текущей странице и располагать рисунок в начале или в конце страницы.

Рисунки, надписи и объекты Microsoft Word должны перемещаться вместе с текстом, т.е. быть не поверх текста.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ:

Научная статья

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

УДК 533.9.07

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.001

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ХРАНЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ПУТЕМ ОБРАБОТКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГАЗОВОЙ ПЛАЗМОЙ

Имя Отчество Фамилия ¹, Имя Отчество Фамилия ²,
Имя Отчество Фамилия ³, Имя Отчество Фамилия ⁴,
Имя Отчество Фамилия ⁵

^{1, 2, 3} Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

¹ moskalenko_nu@usue.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8204-97>

² tihonov_75@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4863-98>

³ tihonov_75@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5841-17>

⁴ Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности, Сергиев Посад, Россия, ssvictory@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6597-0492>

⁵ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова, Москва, Россия, ssvictory@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5889-91>

Аннотация. Целью исследования является разработка и оценка эффективности.....

Ключевые слова: низкотемпературная плазма атмосферного давления, холодная плазма, генератор плазмы, аргоновая плазма, мясо, срок хранения, микроорганизмы, бактерицидное действие.

Благодарности: работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (государственное задание № -40-01 от 21.02.2019; мнемокод 01-2019-03; номер темы FM-20203).

Для цитирования: Разработка устройства для увеличения продолжительности хранения пищевой продукции путем обработки низкотемпературной газовой плазмой / И. О. Фамилия и др. // Ползуновский вестник. 2021. № 1. С. 3-7. doi: 10.25712/ ASTU.2072-8921.2021.01.001.

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR INCREASING THE DURATION OF STORAGE OF FOOD PRODUCTS BY PROCESSING WITH LOW-TEMPERATURE GAS PLASMA

**Imya O. Familiya¹, Imya O. Familiya², Imya O. Familiya³,
Imya O. Familiya⁴, Imya O. Familiya⁵**

^{1, 2, 3} Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

¹ moskalenko_nu@usue.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8204-97>

² tihonov_75@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4863-98>

³ tihonov_75@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5841-17>

⁴ All-Russian Scientific Research Institute of Poultry Processing Industry, Sergiev Posad, Russia, ccvictory@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6597-04>

⁵ V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia, ccvictory@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5889-91>

Abstract. *The aim of the research is to develop and evaluate the effectiveness of the equipmen.....*

Keywords: *low-temperature atmospheric pressure plasma, cold plasma, plasma generator, argon plasma, meat, shelf life.*

Acknowledgements: *the work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (state task No. 05-60-01 of 21.03.2019; mnemonic code 06-2019-01; topic number FM-203).*

For citation: Familiya, I. O., Familiya, I. O., Familiya, I. O., Familiya, I. O. & Familiya, I. O. (2021). Development of a device for increasing the duration of storage of food products by processing with low-temperature gas plasma. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 3-7. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.001.

Пищевые продукты животного происхождения играют жизненно важную роль в питании человека благодаря своим сенсорным качествам и высокой пищевой ценности. Одной

из хорошо известных проблем таких продуктов является высокая скоропортящаяся способность и ограниченный срок хранения, если не применяются соответствующие методы консервирования или обработки.

Таблица 1 - Микробиологические показатели

Table 1 - Microbiological indicators of chilled

| Группа | Наименование показателя | | | |
|--------|--------------------------|--|--|--|
| | КМАФАнМ, не более, КОЕ/г | БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г | Бактерии рода <i>Salmonella</i> , не допускаются в массе продукта, г | <i>Listeria monocytogenes</i> , не допускаются в массе продукта, г |

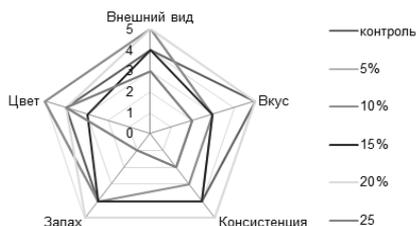


Рисунок 1 – Профиллограмма органолептической оценки

Figure 1-Organoleptic evaluation profile

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скурихин И.М. Тутельян В.А. Химический состав российских продуктов питания: Справочник. М.: ДеЛипринт, 2002. 236 с.
2. Лебедева, Н.Г., Борисова А.В. Разработка технологии приготовления супа-пюре с использованием различных способов тепловой обработки // Вестник КрасГАУ. 2019. № 3. С. 148-153.

Информация об авторах

С. Л. Тихонов — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии Уральского государственного экономического университета.

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

Статья поступила в редакцию 28.01.2021; одобрена после рецензирования 12.02.2021; принята к публикации 27.02.2021.

The article was received by the editorial board on 28 Jan 21; approved after reviewing on 12 Feb 21; accepted for publication on 27 Feb 21.

К статье необходимо предоставлять следующие документы: экспертное заключение, согласие каждого автора на размещение статьи, согласие на обработку персональных данных.

К публикации принимаются статьи, **ранее нигде не опубликованные** и не представленные к печати в других изданиях. Статьи, отбираемые для публикации в журнале, проходят двухстороннее слепое рецензирование. Автор статьи имеет право предложить двух рецензентов по научному направлению своего исследования.

Публикации в журнал принимаются на русском и английском языках.

Электронная версия публикации должна быть отправлена в формате текстового редактора Microsoft Word (расширения .doc, .docx) по электронной почте по адресу polz_journal@mail.ru. Название файла формируется из фамилии и инициалов первого автора (к примеру, «ИвановАА.doc»). Если статей несколько, то к названию файла через знак подчеркивания добавляется порядковый номер (к примеру, «ИвановАА_1.doc»).

Все статьи будут проверены в системе «Антиплагиат», при оригинальности менее 75 % статьи будут возвращены авторам.

Контактная информация:

г. Барнаул, пр-т Ленина, д. 46, 113 А ГК, почтовый индекс: 656038.
Стопорева Татьяна Александровна – тел.: 8 (3852) 290946, e-mail: polz_journal@mail.ru.

REFERENCES

1. Skurikhin I. M. & Tutelyan V. A. (2002). Chemical composition of Russian food products: Handbook. Delhi print. (In Russ.).
2. Lebedeva, N. G. & Borisova A.V. (2019). Development of technology for preparing soup-puree using various methods of heat treatment. *Vestnik KrasGAU*, (3), 148-153. (In Russ.).

Information about the authors

S. L. Tikhonov — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Engineering of the Ural State University of Economics.

Подписано в печать 25.06.2021. Формат 60×84 1/8. Печать цифровая.
Усл. п. л. 30,46. Тираж 200 экз. Заказ 2021 -
Отпечатано в типографии АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

Издательство АлтГТУ им. И.И. Ползунова
656038 г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, каб. 113 главного корпуса
тел. +7 (3852) 29-09-46
сайт: <https://polzvestnik.altstu.ru>
e-mail: polz_journal@mail.ru
Дизайн обложки: Р.С. Жуковский, доцент кафедры ТИАрх