

ISSN 2311-6447

ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АПК- ПРОДУКТЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

TECHNOLOGIES FOR THE FOOD AND PROCESSING INDUSTRY OF AIC - HEALTHY FOOD

№ 4, 2025



**Ассоциация
«Технологическая платформа «Технологии пищевой
и перерабатывающей промышленности АПК –
продукты здорового питания»
(Ассоциация «ТППП АПК»)**

**Association
«Technology platform «Technologies of Food and Processing Industries
of Agro-industrial Complex– Healthy Food»
(Association «TFPI AIC»)**

**ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОЙ
И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АПК –
ПРОДУКТЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ**

**TECHNOLOGIES FOR THE FOOD
AND PROCESSING INDUSTRY
OF AIC – HEALTHY FOOD**

№ 4, 2025

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

**Воронеж
2025**

**2025
Voronezh**

**Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией
Министерства образования и науки Российской Федерации
для опубликования диссертационных исследований**

Журнал издается при информационной поддержке Министерства здравоохранения РФ

Материалы журнала размещаются в БД РИНЦ (<http://elibrary.ru>, л/д № 234-04/2014)

БД AGRIS (ИНСХБ <http://www.cnshb.ru/>)

ЭБС Лань (<http://e.lanbook.com>, л/д № 11/08)

ЭБ КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>, л/д № 32325-01)

**РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА
РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА**

Главный редактор:

Чертов Евгений Дмитриевич - д.т.н., профессор, председатель Правления Ассоциации «ТППП АПК», советник при ректорате ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Заместитель главного редактора:

Антипов Сергей Тихонович – д.т.н., профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Члены редакционного совета:

Лисицын Андрей Борисович – д.т.н., профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии РФ, Председатель Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», научный руководитель ФГБНУ «ФНЦ Пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Панфилов Виктор Александрович – д.т.н., академик РАН, руководитель рабочей группы «Машиностроение» Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Трунов Юрий Викторович – д.т.н., заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Завражнов Анатолий Иванович – д.т.н., профессор, почетный работник высшего образования, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, академик РАН, заместитель Председателя Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», главный научный сотрудник университета ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Антипова Людмила Васильевна – д.т.н., Заслуженный деятель науки РФ, руководитель рабочей группы «Производство пищевых продуктов» Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Сычева Ольга Владимировна – д.с.-х.н., профессор, академик Российской Академии продовольственной безопасности, Почетный работник АПК РФ, заведующая кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «СтГАУ»

Васильева Лидия Михайловна - д.с.-х.н., доцент, заместитель председателя Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», руководитель научно-образовательного центра «Осетроводство» ФГБОУ ВО «АГУ»

Корнеева Ольга Сергеевна – д.б.н., профессор, Заслуженный работник высшей школы РФ, заместитель Председателя Экспертного совета Ассоциации «ТППП АПК», врио ректора ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Алексанян Игорь Юрьевич – д.т.н., профессор кафедры технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО «АГТУ»

Росляков Юрий Федорович – д.т.н., Заслуженный изобретатель РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, профессор кафедра пищевой инженерии ФГБОУ ВО «КубГТУ»

Романова Елена Михайловна – д.б.н., профессор, заведующая кафедрой биологии, экологии, паразитологии, водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Федоренко Борис Николаевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной механики и инжиниринга технических систем ФГБОУ ВО «МГУПП»

Нухади Ибрагимович Рабазанов - д.б.н., профессор, Заслуженный деятель науки РД, директор Прикаспийского института биологических ресурсов Дагестанского Федерального Исследовательского Центра РАН

Пучков Михаил Юрьевич - д.с.-х.н., доцент, заведующий лабораторией селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур ФГБОУ ВО «АГУ»

Захаров Вячеслав Леонидович - д.с.-х.н., доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «ЕГУ им. И.А. Бунина»

Алиев Таймасхан Гасан-Гусейнович - д.с.-х.н., профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Бобрович Лариса Викторовна - д.с.-х.н., профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Ламонов Сергей Александрович - д.с.-х.н., профессор кафедры технологии производства, хранения и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Сушков Василий Степанович - д.с.-х.н., профессор кафедры технологии производства, хранения и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Скоркина Ирина Алексеевна - д.с.-х.н., профессор кафедры технологии производства, хранения и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Международный состав:

Барулин Николай Валерьевич – д.н., заведующий кафедрой ихтиологии и рыбоводства Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», респ. Беларусь

Асылбекова Сауле Жангировна – д.б.н., ассоциированный профессор, заместитель генерального директора «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», респ. Казахстан

Дьякун Ярослав – д.т.н., профессор Кошалинского политехнического университета, Польша

Оспанов А.А. – д.т.н., академик КазНАЕН, профессор КазНАУ, руководитель научно-исследовательского центра технологии перерабатывающих производств, респ. Казахстан

Акулич А.В. – д.т.н., профессор УО «МГУП», заслуженный изобретатель РБ, респ. Беларусь

Варади Ласло – д.б.н., президент сети центров аквакультуры Центральной и Восточной Европы (НАСИ), президент Венгерской ассоциации аквакультуры, Венгрия

Кизатова Майгуль Жалеловна – д.т.н., профессор, профессор кафедры фармацевтической технологии Казахского национального медицинского университета имени С.Д. Асфендиярова, республика Казахстан

РЕДАКЦИОННЫЕ КОЛЛЕГИИ РУБРИК**Сельское хозяйство**

Белозеров Г.А. (гл. ред.), Григорьева Л.В., Савельева Н.Н., Василенко В. Н., Причко Т.Г., Черемушкина И.В.

Аквакультура

Васильева Л.М., Мукатова М.Д., Иванова Е.Е.

Пищевые системы. Биотехнология

Антипова Л.В. (гл. ред.), Чернуха И. М., Елисеева Л.Г., Родионова Н.С., Пономарева Е.И.

Машиностроение в АПК

Панфилов В.А. (гл. ред.), Остриков А.Н., Шаззо А.Ю., Шахов С.В., Мокрозуб В.Г., Федоренко Б.Н., Магомедов Г.О.

Ответственный секретарь: Сухарева И.А.

Учредитель: Ассоциация «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания» (Ассоциация «ТППП АПК»)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор): Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-61466 от 10 апреля 2015 г.

Подписной индекс в объединенном каталоге «ПРЕССА РОССИИ» 38920

Адрес Ассоциации «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания»
394036, Воронеж, пр. Революции, 19, ауд. 409
тел.: 8(961)187-65-88
Е-mail: red.platforma@mail.ru
платформа-апк.рф
Адрес редакции, издателя: 394036 г. Воронеж, ул. Арсенальная, д. 3, оф. 226
Адрес типографии: 394019, Воронеж, ул. Краснодонская, д. 16И, офис 7

Сдано в набор 01.12.2025.

Дата выхода в свет 26.12.2025.

Формат 70×100 1/8.

Усл. печ. л. 32,5. Тираж 1000 экз. Заказ 450

Цена – свободная.

© Ассоциация «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания», 2025

12+

Любое воспроизведение материалов и их фрагментов возможно только с письменного разрешения редакции.

**The Journal is included in the list of publications, which recommended
by the Highest Attestation Commission of the Ministry of Education and Science
of the Russian Federation for publishing dissertation researches**

The Journal is polished with information support of The Ministry of Health of the Russian Federation
Journal articles are placed in the base of Russian Science Citation index data (<http://elibrary.ru>,
license agreement № 234-04/2014)

In the base of AGRIS (CNCHB <http://www.cnshb.ru/>)

In the electronic library system of publishing house Lan' (<http://e.lanbook.com>, license agreement № 11/08)

In the electronic library CyberLeninka (<http://cyberleninka.ru/>)

EDITORIAL BOARD

EDITORIAL COUNCIL OF THE JOURNAL

Editor-in-Chief:

Evgeny Dmitrievich Chertov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Management Board of the Association "CCI AIC", Adviser to the Rector of the VSUIT

Deputy Editor-in-Chief:

Antipov Sergey Tikhonovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Production Machines and Apparatuses of VSUIT

Members of the Editorial Board:

Lisitsyn Andrey Borisovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, laureate of the State Prize of the Russian Federation, Chairman of the Expert Council of the Association "CCI AIC", Scientific Director of the FSBI "V.M. Gorbатов Food Systems Research Center" of the Russian Academy of Sciences

Panfilov Viktor Aleksandrovich – Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, head of the working group "Mechanical Engineering" of the Expert Council of the Association "CCI AIC", Professor of the Department of Processes and Devices of Processing Industries FGBOU IN RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

Trunov Yuri Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor of the Department of Horticulture, Biotechnology and Crop Breeding, Michurinsky State Agrarian University

Zavrazhnov Anatoly Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Honorary Worker of Higher Education, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Academician of the Russian Academy of Sciences, Deputy Chairman of the Expert Council of the Association "CCI AIC", Chief Researcher of the University of the Michurinsky State Agrarian University

Antipova Lyudmila Vasilyevna – Doctor of Technical Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, head of the working group "Food Production" of the Expert Council of the Association "CCI Agroindustrial Complex", Professor of the Department of Technology of Animal Products FGBOU HE "VGUIT"

Olga Vladimirovna Sycheva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Food Security, Honorary Worker of the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products of the FSUE VO "StGAU"

Vasilyeva Lidiya Mikhailovna - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Deputy Chairman of the Expert Council of the Association "CCI Agroindustrial Complex", head of the scientific and educational center "Sturgeon Breeding" FGBOU VO "ASU"

Korneeva Olga Sergeevna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Deputy Chairman of the Expert Council of the Association "CCI AIC", Vice-Rector for Scientific and Innovative Activities of the VSUIT

Aleksanyan Igor Yurievich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Machines and Equipment of the Federal State Budgetary Educational Institution "AGTU"

Roslyakov Yuri Fedorovich – Doctor of Technical Sciences, Honored Inventor of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Professor of the Department of Food Engineering of the FSBEI HE "KubSTU"

Romanova Elena Mikhailovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biology, Ecology, Parasitology, Aquatic Bioresources and Aquaculture of the Ulyanovsk State University

Boris Fedorenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Mechanics and Engineering of Technical Systems of the Moscow State Pedagogical University "MGUP"

Nuhkadi Ibragimovich Rabazanov - Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Republic of Tatarstan, Director of the Caspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Mikhail Yuryevich Puchkov - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Agricultural Crops of the ASU

Vyacheslav L. Zakharov - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products of the I.A. Bunin YSU

Aliyev Taimaskhan Hasan-Huseynovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology GBOU IN Michurinsky GAU

Larisa Viktorovna Bobrovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology GBOU IN Michurinsky GAU

Lamonov Sergey Alexandrovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production, Storage and Processing of Livestock Products of the Michurinsky State Agrarian University

Vasily Stepanovich Sushkov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Production, Storage and Processing of Livestock Products of the Michurinsky State Agrarian University

Skorkina Irina Alekseevna - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Production, Storage and Processing Technology livestock products of the Michurinsky State Agricultural University

International composition:

Nikolay V. Barulin – Doctor of Sciences, Head of the Department of Ichthyology and Fish Farming Educational Institution "Belarusian State Order of the October Revolution and the Red Banner of Labor Agricultural Academy", Rep. Belarus

Asylbekova Saule Zhangirownna – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Deputy General Director of the Scientific and Production Center of Fisheries, Rep. Kazakhstan

Jaroslav Dyakun – Doctor of Technical Sciences, Professor of Koszalin Polytechnic University, Poland

Ospanov A.A. – Doctor of Technical Sciences, Academician of KazNAU, Professor of KazNAU, head of the Research Center for Technology of Processing Industries, Rep. Kazakhstan

Akulich A.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Educational Institution "MGUP", Honored Inventor of the Republic of Belarus, Rep. Belarus

Varadi Laszlo – PhD, President of the Network of Aquaculture Centers of Central and Eastern Europe (NASI), President of the Hungarian Aquaculture Association, Hungary

Kizatova Maigul Zhalelovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Pharmaceutical Technology of the Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Republic of Kazakhstan

EDITORIAL BOARD COLUMNS**Agricultural production**

Belozerov G.A. (chief editor), Grigorieva L.V., Savelyeva N.N., Vasilenko V.N., Prichko T.G., Cheremushkina I.V.

Aquaculture

Vasilyeva L.M., Mukatova M.D., Ivanova E.E.

Production food product

Antipova L.V. (chief editor), Chernukha I.M., Eliseeva L.G., Rodionova N.S., Ponomareva E.I.

Food mechanical engineering

Panfilov V.A. (chief editor), Ostrikov A.N., Shazzo A.Yu., Shakhov S.V., Mokrozub V.G., Fedorenko B.N., Magomedov G.O

Executive Secretary: Sukhareva I.A.

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, information technologies and mass communications (Roskomnadzor): IP Registration Certificate No. FS77-61466 dated April 10, 2015

Subscription index in the combined catalog "PRESS OF RUSSIA" 38920

Address of Association «Technology platform «Technology of food and processing industry agro-industrial complex - healthy food» (Association «TFPI AIC»)

394036, Voronezh, ave. Revolution, 19, aud. 409

tel.: 8(961)187-65-88

E-mail: red.platforma@mail.ru

платформа-апк.рф

Editorial address, publisher: Arsenalnaya St., 3 of. 226, 394036 Voronezh, Russia

Printing house address: 394019, Voronezh, Krasnodonskaya str. , 16I, office 7

Rented in a set 01.12.2025.

Signed print 26.12.2025.

Size 70×100 1/8.

Cont. printed sheets 32,5. Circulation 1000 copy. ord. 450

Price – not fixed.

© Association «Technology platform «Technology of food and processing industry agro-industrial complex - healthy food» (Association «TFPI AIC»), 2025

12+

Содержание

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

<i>А.С. Рязанцева</i>	
Влияние рецептурных компонентов бисквитного полуфабриката для веганов на его пищевую ценность.....	10
<i>О.В. Перфилова, З.Ю. Родина, А.С. Ильинский</i>	
Рецептура и технология поликомпонентных чипсов, обогащенных антиоксидантами, с использованием различного сортимента моркови столовой.....	16
<i>О.В. Новиченко, М. Шахин, М.А. Егоров, Д.Д. Вилкова</i>	
Изучение ассортимента и качества тыквенного масла	25
<i>Г.Б. Пищиков, В.А. Лазарев</i>	
Разработка фруктового ароматизированного игристого сидра, обогащенного композицией трав уральского региона.....	35
<i>П.П. Саранчук, А.А. Запорожский, С.П. Запорожская</i>	
Применение комплексного СО ₂ -экстракта в качестве природного антиоксиданта в мясорастительных паштетах геродиетического назначения.....	43
<i>В.М. Позняковский, Ю.Ю. Куркина, А.Н. Австриевских, Е.О. Ермолаева</i>	
Коллаген и его промоутеры в создании высокоэффективных биоконплексов и здоровьесберегающих пищевых систем.....	50
<i>К.В. Синецкий, С.В. Черкасов, Л.Г. Ересько, Ю.Б. Стручалина</i>	
Кислотное число жира как показатель качества зерна и выработанных из него зернопродуктов.....	58
<i>Э.А. Пьяникова, А.Е. Ковалева, О.В. Евдокимова, Павлова Е.Е., Павлова А.Е.</i>	
Влияние использования в рецептуре ватрушки «Королевской» талкана овсяного из пророщенного зерна и порошка плодов шиповника на ее пищевую ценность.....	63
<i>Ю.В. Османова, Т.А. Милохова, Н.В. Кравченко</i>	
Разработка технологии инновационного замороженного десерта специализированного назначения на основе плодово-ягодного сырья.....	71
<i>З.В. Соломенная, Ф.Ф. Соломенный</i>	
Исследование изменений показателей качества паштетов функционального действия в процессе хранения.....	76
<i>А.Ц. Ангараева, Б.А. Баженова</i>	
Оптимизация жировой смеси в составе белково-жирового комплекса для фаршевых мясных продуктов.....	81
<i>Ю.Ю. Куркина, В.М. Позняковский</i>	
Универсальные белковые субстанции на основе ферментированного коллагена: получение, характеристика и использование в здоровьесберегающих технологиях.....	86
<i>И.Ю. Алексанян, А. Х.-Х. Нугманов, О.И. Коннова, А.В. Хадаев</i>	
Отдельные подходы к технологической оценке качества порошковых материалов.....	91
<i>Д.А. Гайсина, Р.А. Зайнуллин, И.В. Миронова, Э.М. Гайсин</i>	
Исследование структурообразующих свойства аквафабы в зависимости от типа используемого растительного сырья.....	102
<i>Ю.Н. Багмут, О.В. Чугунова, Л.А. Кокорева, А.Ю. Волков, Д.В. Гращенков</i>	
Обоснование применения высокого гидростатического давления в технологии охлажденной кулинарной продукции.....	111
<i>Ю.В. Османова</i>	
Кинетика сушки дынной груши - пепино в центробежном псевдосжиженном слое.....	118
<i>Л.А. Манджгаладзе</i>	
Энергетическая оптимизация и операционная устойчивость систем шоковой заморозки в хлебопекарном производстве: интеграция технологий с логистикой и управлением потерями.....	124
<i>А.И. Соловьева, С.С. Зюзина, М.В. Дикарева, Г.Е. Рысмухамбетова</i>	
Изучение аминокислотного состава безглютенового торта «бисквитно-зефирный».....	131
<i>Ю.Ф. Росляков, В.В. Гончар, Е.Ю. Рослякова, В.В. Литвяк</i>	
Разработка инновационных и перспективных технологий хлебопечения.....	138
<i>О.В. Осенева, И.В. Черемушкина, И.А. Сухарева</i>	
Чайные напитки функционального назначения.....	148

АКВАКУЛЬТУРА

Н.А. Сидорова, Н.М. Мурашева, Е.А. Степанова

Биотехнология управления кислородным режимом в индустриальной аквакультуре на основе применения штамма *Chlorella Sorokiniana* Agt..... 170

Т.В. Рязанова

К вопросу эффективного использования Пелагических тралов на промысле Черноморского шпрота..... 180

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Е.В. Пальчиков, Л.В. Бобрович, З.Н. Тарова, Н.В. Картечина, С.В. Соловьев

Экотоксикологическая и экономическая оценка применения гербицидов на посевах ярового ячменя..... 187

С.А. Емелев, Е.С. Лыбенко

Оценка кормовой ценности и адаптационного потенциала сортов узколистного люпина (*Lupinus angustifolius* L.) в условиях Кировской области..... 193

М.С. Дурсенев, М.А. Тронин, В.С. Губань

Эффективность использования анионных солей в кормлении сухостойных коров..... 204

Р.В. Падерина, А.В. Ковров

Влияние интенсивности роста молодняка на последующую молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров..... 211

А.Н. Загорянский, В.Н. Сетин, С.Ю. Акутина, Е.Х. Нечаева

Оценка влияния регуляторов роста и микроудобрений на пустырнике сердечном (*Leonurus Cardiasa* L.) первого года вегетации в условиях Самарской области..... 217

А.М. Макаров

Сравнительная характеристика методов эпидуральной анестезии коров..... 225

Д.М. Автономов, С.А. Куцев, И.В. Черемушкина, О.В. Осенева, Слепокурова Ю.И.

Изучение стабильности кормовой добавки при хранении..... 230

МАШИНОСТРОЕНИЕ В АПК

А.В. Шовкопляс

Повышение эффективности работы стрелчатых лап культиваторов путем модификации их конструктивного исполнения..... 236

Х.Р. Суюхов, А.В. Журавлев, Л.П. Неровных, О.В. Мариненко, М.М. Бат

Влияние способа сушки на химический состав и антиоксидантные свойства виноградных и яблочных выжимок..... 242

В.Н. Туркин, А.В. Шемякин, Ф.А. Мусаев, К.А. Манаенков, Ю.В. Гурьянова

Влияние технико-технологических факторов процесса перегрузки на работоспособность и потребляемую мощность подбункерных средств механизации сыпучих грузов..... 251

М.А. Печерица, А.В. Гукасян, Е.Г. Степанова

Диффузионное отделение сахарного завода с интегрированным тепловым насосом..... 260

А.И. Ключников, В.Ю. Овсянников, А.И. Потапов, Д.В. Ключникова

Выбор и обоснование технологических параметров процесса мембранного разделения пива..... 266

М.Ю. Мещеряков, Т.Е. Алушкин

Стенд для диагностики гидросистем транспортных и самоходных машин..... 275

М.А. Печерица, А.В. Гукасян, Е.Г. Степанова

Влияние способа обработки растительных материалов на изменение электрофизических свойств..... 279

С.А. Бредихин, В.Н. Андреев, В.В. Демичев, В.А. Демичев, А.В. Журавлев

Компьютерное зрение как метод исследования дисперсности майонезной эмульсии..... 284

А.В. Журавлев, И.Н. Сухарев, Е.С. Бунин

Математическое моделирование процесса сушки сыпучих сред в аппарате с закрученным потоком теплоносителя при СВЧ-энергоподводе..... 291

Content

FOOD SYSTEMS. BIOTECHNOLOGY

<i>A.S. Ryazantseva</i> The Impact of Recipe Components on the Nutritional Value of Vegan Sponge Cakes	10
<i>O.V. Perfilova, Z.Yu. Rodina, A.S.</i> Recipe and technology for multi-component chips enriched with antioxidants using various varieties of carrots.....	16
<i>O.V. Novichenko, M. Shakhin, M.A. Egorov, D.D. Vilkova</i> Studying the Range and Quality of Pumpkin Seed Oil.....	25
<i>G.B. Pischikov, V.A. Lazarev</i> Development of a fruit-flavored sparkling cider enriched with a composition of herbs from the Ural region	35
<i>P.P. Saranchuk, A.A. Zaporozhsky, S.P. Zaporozhskaya</i> Use of a complex CO ₂ extract as a natural antioxidant in meat-vegetable pates for gerodietetic purposes	43
<i>V.M. Poznyakovsky, Yu.Yu. Kurkina, A.N. Avstrievisky, E.O. Ermolaeva</i> Collagen and its promoters in the creation of highly effective biocomplexes and health-preserving food systems ...	50
<i>K.V. Sinetsky, S.V. Cherkasov, L.G. Eresko, Yu.B. Struchalina</i> Acid value of fat as an indicator of grain quality and grain products made from it	58
<i>E.A. P'yanikova, A.E. Kovaleva, O.V. Evdokimova, E.E. Pavlova, A.E. Pavlova</i> The Impact of Using Sprouted Oat Talkan and Rosehip Powder in the Recipe of the "Royal" Cheesecake on Its Nutritional Value.....	63
<i>Yu. V. Osmanova, T. A. Milokhova, N. V. Kravchenko</i> Development of a technology for an innovative, specialized frozen dessert based on fruit and berry raw materials	71
<i>Z.V. Solomennaya, F.F. Solomenny</i> A study of changes in the quality indicators of functional pates during storage	76
<i>A.Ts. Angarkhaeva, B.A. Bazhenova</i> Biotechnological potential of sea buckthorn oil for increasing the shelf life of meat products.....	81
<i>Yu.Yu. Kurkina, V.M. Poznyakovsky</i> Universal protein substances based on fermented collagen: production, characterization, and use in health-preserving technologies	86
<i>I.Yu. Aleksanyan, A. Kh.-Kh. Nugmanov, O.I. Konnova, A.V. Khadayev</i> Individual approaches to technological assessment of the quality of powder materials...	91
<i>D.A. Gaysina, R.A. Zainullin, I.V. Mironova, E.M. Gaysin</i> A study of the structure-forming properties of aquafaba depending on the type of plant material used.....	102
<i>Yu. N. Bagmut, O. V. Chugunova, L. A. Kokoreva, A. Yu. Volkov, D. V. Grashchenkov</i> Justification of the Use of High Hydrostatic Pressure in Chilled Food Technology	111
<i>Yu. V. Osmanova</i> Drying kinetics of pepino melon in a centrifugal fluidized bed.....	118
<i>L.A. Mandzhgaladze</i> Energy Optimization and Operational Sustainability of Blast Freezing Systems in Bakery Production: Integrating Technologies with Logistics and Loss Management....	124
<i>A.I. Solovieva, S.S. Zyuzina, M.V. Dikareva, G.E. Rysmukhambetova</i> A study of the amino acid composition of a gluten-free sponge-marshmallow cake.....	131
<i>Yu. F. Roslyakov, V. V. Gonchar, E. Yu. Roslyakova, V. V. Litvyak</i> Development of innovative and promising bakery technologies.....	138
<i>O.V. Oseneva, I.V. Cheremushkina, I.A. Sukhareva</i> Functional tea drinks.....	148
<i>Yu.F. Roslyakov, V.V. Litvyak, V.V. Shilov</i> Innovative technologies for producing food-grade alcoholic flavored vinegar	161

AQUACULTURE

<i>N.A. Sidorova, N.M. Murasheva, E.A. Stepanova</i> Biotechnology for oxygen management in industrial aquaculture using the <i>Chlorella Sorokiniana</i> Agt strain	170
<i>T.V. Ryazanova</i> On the Efficient Use of Pelagic Trawls in the Black Sea Sprat Fishery.....	180

AGRICULTURAL INDUSTRY

<i>E.V. Palchikov, L.V. Bobrovich, Z.N. Tarova, N.V. Kartechina, S.V. Soloviev</i> Ecotoxicological and economic assessment of herbicide use on spring barley crops	187
<i>S.A. Yemelev, E.S. Lybenko</i> Assessment of the forage value and adaptive potential of narrow-leaf lupine (<i>Lupinus angustifolius</i> L.) varieties in the Kirov region	193
<i>M.S. Dursenev, M.A. Tronin, V.S. Guban</i> Efficiency of using anionic salts in feeding dry cows	204
<i>R.V. Paderina, A.V. Kovrov</i> The Impact of Young Animal Growth Intensity on Subsequent Milk Productivity and Reproductive Performance of Cows	211
<i>A.N. Zagoryansky, V.N. Setin, S.Yu. Akutina, E.Kh. Nechaeva</i> Assessing the Effect of Growth Regulators and Micronutrients on Motherwort (<i>Leonurus Cardiaca</i> L.) in the First Year of Vegetation in the Samara Region.....	217
<i>A.M. Makarov</i> Comparative characteristics of epidural anesthesia methods in cows	225
<i>D.M. Avtonomov, S.A. Kutsev, I.V. Cheremushkina, O.V. Oseneva, Yu.I. Slepokurova</i> Study of the stability of a feed additive during storage.....	230

MECHANICAL ENGINEERING IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

<i>A.V. Shovkoplyas</i> Increasing the efficiency of cultivator tines by modifying their design	236
<i>Kh.R. Siyukhov, A.V. Zhuravlev, L.P. Nerovnykh, O.V. Marinenko, M.M. Bat</i> The Effect of Drying Method on the Chemical Composition and Antioxidant Properties of Grape and Apple Pomace.....	242
<i>V.N. Turkin, A.V. Shemyakin, F.A. Musaeu, K.A. Manaenkov, Yu.V. Guryanova</i> The Impact of Technical and Technological Factors of the Handling Process on the Performance and Power Consumption of Under-Bunker Bulk Cargo Mechanization Equipment.....	251
<i>M.A. Pecheritsa, A.V. Gukasyan, E.G. Stepanova</i> Diffusion section of a sugar factory with an integrated heat pump	260
<i>A.I. Klyuchnikov, V.Yu. Ovsyannikov, A.I. Potapov, D.V. Klyuchnikova</i> Selection and justification of process parameters for the membrane separation of beer .	266
<i>M.Yu. Meshcheryakov, T.E. Alushkin</i> A diagnostic stand for hydraulic systems of transport and self-propelled vehicles	275
<i>M.A. Pecheritsa, A.V. Gukasyan, E.G. Stepanova</i> The Effect of Processing Methods on Electrophysical Properties of Plant Materials.....	279
<i>S.A. Bredikhin, V.N. Andreev, V.V. Demichev, V.A. Demichev, A.V. Zhuravlev</i> Computer vision as a method for studying the dispersion of mayonnaise emulsions.....	284
<i>A.V. Zhuravlev, I.N. Sukharev, E.S. Bunin</i> Mathematical Modeling of Drying Bulk Solids in a Device with a Swirling Coolant Flow and a Microwave Energy Supply.....	291



ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 664.681.2

DOI 10.24412/2311-6447-2025-4-10-15

Влияние рецептурных компонентов бисквитного полуфабриката для веганов на его пищевую ценность

The effect of the prescription components of a biscuit semi-finished product for vegans on its nutritional value

Преподаватель А.С. Рязанцева

Юго-Западный государственный университет, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, тел. 8(4712)32-46-66
an.ryazantseva2016@yandex.ru

Lecturer A.S. Ryazantseva

South-West State University, chair of commodity, technology and expertise of goods, tel. 8(4712)32-46-66
an.ryazantseva2016@yandex.ru

Аннотация. На сегодняшний день глобальным трендом является ответственное отношение к эко-сфере, здоровый образ жизни и функциональное питание, которое направлено на улучшение здоровья за счет наличия в составе полезных ингредиентов и возможности контроля веса. В связи с этим число людей, предпочитающих растительную продукцию, постоянно растет. Веганство стало настоящим куль-том в наши дни. Так как бисквит это высококалорийное изделие, то замена основных ингредиентов альтернативными является перспективным. Заменяя яйца на аквафабу из зеленого горошка, исключается из рецептуры сырье животного происхождения, и бисквит относится к классу веганских. Замена пше-ничной муки на смесь овсяной и миндальной значительно повышает содержание нутриентов в готовом изделии, а замена сахара на эритрит значительно снижает калорийность. Использование альтернатив-ного сырья, которое является безглютеновым, менее аллергенным, растительным, является перспектив-ным направлением в кондитерской отрасли. Бисквитный полуфабрикат для веганов имеет богатый ви-таминный состав. Анализ химического состава и пищевой ценности показал, что разработанный обра-зец содержит витамин B1 и составляет 7,5 % от суточной нормы, витамин PP – 6,2 % суточной нормы, калий – 5,3 % суточной потребности, железо – 9,1 % суточной потребности. Также наиболее выражено содержание фосфора и натрия. В разработанном образце преобладают жиры и белки, по сравнению с классическим бисквитом. Калорийность готового изделия была значительно снижена за счет замены классических ингредиентов альтернативными.

Abstract. Today, the global trend is a responsible attitude towards the ecosphere, a healthy lifestyle and a functional diet, which is aimed at improving health through the presence of healthy ingredients and the possibility of weight control. In this regard, the number of people who prefer herbal products is constantly growing. Veganism has become a real cult nowadays. Since a biscuit is a low-calorie product, replacing the main ingredients with alternative ones is promising. By replacing eggs with aquafaba made from green peas, raw materials of animal origin are excluded from the recipe, and the biscuit belongs to the vegan class. Re-placing wheat flour with a mixture of oatmeal and almond significantly increases the nutrient content in the finished product, and replacing sugar with erythritol significantly reduces the calorie content. The use of alternative raw materials that are gluten-free, less allergenic, and plant-based is a promising area in the confectionery industry. The semi-finished biscuit for vegans has a rich vitamin composition. An analysis of the chemical composition and nutritional value showed that the developed sample contains vitamin B1 and amounts to 7,5 % of the daily value, vitamin PP – 6,2 % of the daily value, potassium – 5,3 % of the daily requirement, iron – 9,1 % of the daily requirement. The content of phosphorus and sodium is also the most pronounced. The developed sample is dominated by fats and proteins, compared to the classic sponge cake. The caloric content of the finished product has been significantly reduced by replacing classic ingredients with alternative ones.

Ключевые слова: рецептурные компоненты, пищевая ценность, витамины, минеральные веще-ства, аквафаба, миндальная мука, овсяная мука.



Keywords: prescription ingredients, nutritional value, vitamins, minerals, aquafaba, almond flour, oat flour.

Мучные кондитерские изделия традиционно являются одной из составляющих в рационе питания населения многих стран мира. Анализ динамики потребления пищевых продуктов в РФ за последнее время показал, что доля мучных изделий в структуре питания россиян существенно возросла и продолжает увеличиваться. Среди большого разнообразия мучных кондитерских изделий бисквитные занимают одну из лидирующих позиций [1].

Свою популярность бисквит заслужил благодаря простоте приготовления, хорошим питательным свойствам и пользе продукта. Основными ингредиентами для приготовления классического бисквитного теста являются яйца, мука и сахар. Польза бисквита заключается в его сытности. Он отличается высокой пищевой ценностью и содержит множество необходимых для организма элементов. Но в бисквите содержится большое количество сахара и яиц, поэтому частое его употребление может негативно сказаться на фигуре. Также продукт противопоказан людям, страдающим аллергическими реакциями, диабетом и некоторыми другими заболеваниями.

При разработке бисквитного полуфабриката для веганов за контрольный образец был взят бисквитный полуфабрикат, выпеченный в соответствии с ГОСТ. Основными его ингредиентами являются яйца, сахар и мука. Для приготовления бисквита важно соблюдать правильные пропорции, чтобы тесто в процессе выпечки не осело. Мука и сахар берутся в равных пропорциях (по 160г), яиц берут больше (280г).

На основе химического анализа сырьевого состава рецептуры бисквитного полуфабриката (контрольного образца), была произведена полная замена основного сырья на альтернативное. Так мука пшеничная заменялась на смесь овсяной и миндальной муки с добавлением разрыхлителя, сахар – на эритрит, яйца – на аквафабу из гороха [2].

Состав гороховой аквафабы по своим технологическим свойствам и качеству приближен к яичному белку. По количеству белков, витаминов и минералов, она значительно уступает животному белку. Однако, содержит большую концентрацию сложных олигосахаридов и сапонинов, за счет которых она способна к пенообразованию, легко поддается взбиванию и может служить связующим компонентом в выпечке [4]. Как и яичные белки, аквафаба гороховая состоит в основном из белка и не содержит жира. В отличие от яичного белка, эта вязкая жидкость содержит некоторое количество растворимой и нерастворимой клетчатки [5]. Замена яиц на аквафабу из гороха производилась по следующему принципу: 30-40 мл аквафабы заменяют 1 белок среднего яйца (40г).

Овсяная мука является источником незаменимых аминокислот. Это холин и тирозин. Выпечка с добавлением овсяной муки получается более пышной и менее калорийной. Содержание клейковины в овсяной муке примерно в 3-4 раза меньше, чем в пшеничной. Ранее ее позиционировали как муку, которая не содержит глютен. В отличие от пшеничной муки, которая содержит глютен, овсяная имеет в составе другое вещество – авенин. Овсяная мука считается является продуктом с низким содержанием жира. Большая часть жира в овсяной муке состоит из полиненасыщенных и мононенасыщенных жиров, которые помогают снизить риск сердечных заболеваний. Также овсяная мука является богатым источником питательных веществ, такими как: медь, селен, магний, марганец, цинк, фосфор и железо.

Миндальную муку получают путем измельчения миндаля. Она придает выпечке влажную, невесомую текстуру и ореховый аромат. 100 г миндальной муки достаточно для удовлетворения больше 80 % суточной потребности в жирах. Гликемический индекс муки достаточно низкий. Он составляет 25 единиц. По сравнению с показателем в 85 единиц у пшеницы. Этот факт позволяет использовать миндальную муку в диабетическом питании. В миндальной муке содержатся олеиновая, линолевая кислоты,



омега-3 и омега-9 жирные кислоты, витамины группы В, А, С, Е, РР, калий, кальций, натрий, магний, сера, фосфор, железо, медь, йод, цинк, селен, фтор [6]. Также продукт богат белками. Употребление продуктов из миндальной муки помогает восстанавливать силы после физических и эмоциональных нагрузок. Одно из главных преимуществ миндальной муки и её отличие от пшеничной – отсутствие глютена в составе. Благодаря этому выпечку с этим ингредиентом можно есть тем, у кого непереносимость глютена. Также она усваивается дольше, чем пшеничная, что позволяет на более долгое время утолить голод.

Эритрит представляет собой натуральный сахарозаменитель со сладким вкусом, после которого в ротовой полости ощущается небольшой холодок, похожий на послевкусие от мяты. Подсластитель рекомендован к употреблению людям, страдающим от таких заболеваний, как сахарный диабет и ожирение. Эритрит или эритрол, представляет собой гибридную молекулу, которая содержит в себе остатки сахара и спирта, так как первоначально это соединение – не что иное, как сахарный спирт [7, 8]. В составе продукта полностью отсутствуют углеводы, жиры или белки. Более того, даже гликемический индекс подсластителя равен 0. В то время как инсулиновый индекс достигает отметки 2.

Цель исследования выявление влияния рецептурных компонентов бисквитного полуфабриката для веганов на его пищевую ценность. Для этого был проведен анализ химического состава и пищевой ценности ингредиентов, входящих в рецептуру бисквитного полуфабриката для веганов (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав и пищевая ценность ингредиентов, входящих в рецептуру бисквитного полуфабриката для веганов

Показатель	Овсяная мука	Миндальная мука	Аквафаба из гороха	Сахарозаменитель (эритрит)
Калорийность, Ккал	369	602	5	0
Белки, г	11	21	6,1	1
Жиры, г	6,1	50	0,6	-
Углеводы, г	51,6	9	10,6	0,2
Пищевые волокна, г	4,5	7	4,6	-
Вода, г	9	4	78	-
Витамины				
Витамин В1, мг	0,35	0,25	0,052	-
Витамин В2, мг	0,1	0,65	0,016	-
Витамин В4, мг	-	62,1	20,8	-
Витамин В5, мг	-	0,4	0,136	-
Витамин Е, мг	1,5	24,6	0,55	-
Витамин В6, мг	-	0,3	0,074	-
Витамин В9, мг	-	40	24	-
Витамин РР, мг	4,3	6,2	0,268	-
Макроэлементы				
Калий, мг	280	748	276	-
Кальций, мг	56	273	47	-
Магний, мг	110	234	33	-
Натрий, мг	21	10	268	-
Фосфор, мг	350	473	92	-
Сера, мг	-	178	46	-
Микроэлементы				
Железо, мг	3,6	4,2	1,47	-
Алюминий, мг	-	394	-	-



Содержание нутриентов в рассматриваемых рецептурных компонентах было пересчитано в процентном соотношении от суточной потребности: 100 г овсяной муки позволяет удовлетворить суточную потребность в таких витаминах и минералах, как: витамины: Р – 50 %, В1 – 23 %, РР – 22 %, Е – 10 %, В2 – 5,6 %, макроэлементы: калий – 8 %, Са – 5,6 %, Mg – 26 %, микроэлементы: Fe – 20 %; в миндальной муке содержатся такие витамины и минералы, как: витамины: Е – 161 %, В2 – 52 %, В9 – 13 %, РР – 16 %, макроэлементы: калий – 21 %, магний – 66 %, микроэлементы: железо – 19 %.

Содержание нутриентов в аквафабе из зеленого горошка не очень большое. В ней практически отсутствует белок, она не содержит никаких жиров. То есть, если сравнивать ее с яйцом, которое, собственно, она и заменяет, по питательной ценности она ему уступает. Но в то же время и вреда организму она не принесет, за исключением случаев аллергии на бобовые как исходный продукт или индивидуальной непереносимости.

Содержание нутриентов в готовом изделии напрямую зависит от их содержания в сырье, применяемом для приготовления. В ходе исследований была разработана рецептура бисквитного полуфабриката для веганов. В таблице 2 представлены рецептура классического бисквита и разработанного.

Таблица 2

Рецептура классического бисквита и бисквита для веганов

Компоненты классического бисквитного полуфабриката		Компоненты разрабатываемого бисквитного полуфабриката для веганов	
Наименование ингредиента	Количество вводимых ингредиентов для контрольного образца, г	Наименование ингредиента	Количество вводимых ингредиентов для контрольного образца, г
Яйца	280	Аквафаба	100
Сахар белый	160	Эритрит	40
Мука пшеничная в.с.	160	Мука овсяная	60
		Мука миндальная	40
		Соль	2
		Разрыхлитель	5

В ходе проведенных исследований о влиянии химического состава рецептурных ингредиентов бисквитного полуфабриката для веганов на его химический состав и пищевую ценность было установлено, что разработанный образец с рассмотренными ингредиентами состоит исключительно из ингредиентов растительного происхождения, имеет достаточное количество витаминов, макро- и микронутриентов, сбалансированный энергетический состав, что позволяет его отнести к веганским обогащенным продуктам. Полученные данные представлены в таблице 3.

У разработанного образца в составе преобладают жиры белки, количество углеводов снижено за счет замены классических ингредиентов альтернативными. Калорийность готового изделия составляет всего 197 Ккал на 100 г готового продукта, что гораздо меньше, чем у контрольного образца 330 Ккал. На основании данных, приведенных в таблице 3, можно сделать вывод, что разработанный образец богат содержанием витамина В1 – 0,113мг, что составляет 7,5 % суточной потребности, витамина РР – 1,24 мг (6,2 % суточной потребности), калием – 185,23мг (5,3 % суточной потребности), кальцием – 81,92 мг (8,2 % суточной потребности), железом – 1,634 мг (9,1 % суточной потребности). Наиболее выражено содержание фосфора – 146,9 мг, натрия – 277,66 мг, что составляет 21 % суточной потребности человека.



Таблица 3

**Химический состав и пищевая ценность
бисквитного полуфабриката для веганов**

Нутриенты	Суточная потребность	Контрольный образец		Разработанный образец	
		Количество	% от суточ- ной потреб- ности	Количество	% от суточ- ной потреб- ности
Калорийность, Ккал	2500	330	13,2	197	7,8
Белки, г	80	6,9	8,6	10	12,5
Жиры, г	90	3,7	4,1	11	12,2
Углеводы, г	370	64,5	17,4	24	6,4
Пищевые волокна, г	20	1,5	7,5	3	15
Вода, г	2723	25	0,9	51	2,9
Витамины					
Витамин В1, мг	1,5	0,019	1,3	0,113	7,5
Витамин В2, мг	1,8	0,12	6,7	0,033	1,8
Витамин В4, мг	500	68,45	14	8,4	1,7
Витамин В5, мг	5	0,035	0,7	0,055	1,1
Витамин В6, мг	2	0,038	1,9	0,03	1,5
Витамин В9, мкг	400	1,9	0,5	9,697	2,4
Витамин Е, мг	15	0,164	1,1	0,616	4,1
Витамин РР, мг	20	0,98	4,9	1,2376	6,2
Макроэлементы					
Калий, мг	2500	38,18	1,5	185,23	5,3
Кальций, мг	1000	15	1,5	81,92	8,2
Магний, мг	400	3,27	0,8	42,48	10
Натрий, мг	1300	36,5	2,8	277,66	21
Сера, мг	1000	48	4,8	18,95	1,9
Фосфор, мг	800	52,4	6,6	146,9	21
Микроэлементы					
Железо, мг	18	0,68	3,8	1,634	9,1
Медь, мг	1000	22,64	2,3	0,63	0,1
Молибден, мг	70	1,636	2,3	0,222	0,3

В сравнении с контрольным образцом, содержание перечисленных нутриентов в разработанном образце значительно превышает количество нутриентов в контрольном образце. Так, содержание витамина В1 в разработанном образце на 83,2 % больше, чем в контрольном, витамин РР больше на 79,19 %, калия – на 79,4 %, кальция – на 81,7 %, железа – на 58,4 %, фосфора – на 66,33 %, натрия – на 86,85 %. Разработанный образец содержит достаточно нутриентов, чтобы покрыть значительную часть суточной потребности организма человека.

Проведенные исследования позволили установить, что благодаря использованию в рецептуре альтернативного сырья растительного происхождения: использование сырья растительного происхождения позволяет отнести разработанный образец к классу веганских; калорийность разработанного образца по сравнению с контрольным уменьшается на 40,31 % (с 330 Ккал до 197 Ккал), что позволяет отнести его к продуктам с пониженной калорийностью; содержание пищевых волокон в 100 г разработанного бисквитного полуфабриката удовлетворяет 1 5% суточной потребности и увеличилось вдвое по сравнению с контрольным образцом; увеличилось количество жиров с 3,7 г до 11 г за счет замены пшеничной муки на миндальную и овсяную; увеличилось содержание таких нутриентов, как витамин РР, калий, кальций, железо, фосфор и натрий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Evdokimova O., Evdokimov N., Ivanova T. [et al.] A systematic approach to the production of functional food products using medicinal plant raw materials // E3s web of conferences: X International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024). Vol. 548. – Les Ulis: EDP Sciences, 2024. – pp. 02011. – DOI 10.1051/e3sconf/202454802011.
2. Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Рязанцева А.С. Обоснование рецептурно-компонентного состава бисквитного полуфабриката для веганов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2024. – № 1. – С. 72-78. – DOI 10.24412/2311-6447-2024-1-72-78.



3. Mejía Cabezas N.T., D.K. Campoverde Santos Estudio comparativo de propiedades funcionales y fisicoquímicas de aquafaba de distintas leguminosas / N. T. Mejía Cabezas, // *Annals of Phytomedicine*. – 2022. – Vol. 4, No. 1.2. – pp. 35-50. – DOI 10.33262/ap.v4i1.2.182.

4. Mustafa R., He Y., Shim Y.Y., Reaney M.J.T. Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake / *International Journal of Food Science and Technology*, 53 (10) (2018), pp. 2247-2255 - DOI: 10.1111/ijfs.13813

5. Рязанцева А.С., Ковалева А.Е. Использование аквафабы в рецептуре бисквитов, как альтернативы яичному сырью // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее: сб. науч. статей 5-й Всероссийской научн. конф. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 325-327.

6. Ildirim A.N., Yildirim F., Şan B., Polat M., Sesli Y. Variability of phenolic composition and tocopherol content of some commercial almond cultivars / *J. Appl. Bot. Food Qual.*, 2016, 89, pp. 163-170.

7. Николаева Т.А., Шумилова А.Д., Головачева О.В. Альтернативные подсластители из натурального сырья: стевизид и эритрид // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей "StudNet". - 2022.- № 4.- С. 2929-2940.

8. Рязанцева А.С., Ковалева А.Е. Использование аквафабы в рецептуре бисквитов, как альтернативы яичному сырью // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее: Сб. науч. статей 5-й Всероссийской научной конференции. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 325-327.

REFERENCES

1. Evdokimova O., Evdokimov N., Ivanova T. [et al.] A systematic approach to the production of functional food products using medicinal plant raw materials // *E3S web of conferences: X International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-X 2024)*. Vol. 548. – Les Ulis: EDP Sciences, 2024. – pp. 02011. – DOI 10.1051/e3sconf/202454802011.

2. P'yanikova E.A., Kovaleva A.E., Ryazantseva A.S. Justification of the recipe and component composition of a semi-finished biscuit product for vegans // *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products*. – 2024. – No. 1. – pp. 72-78. – DOI 10.24412/2311-6447-2024-1-72-78.

3. Mejía Cabezas N.T., D.K. Campoverde Santos Estudio comparativo de propiedades funcionales y fisicoquímicas de aquafaba de distintas leguminosas / N. T. Mejía Cabezas, // *Annals of Phytomedicine*. – 2022. – Vol. 4, No. 1.2. – pp. 35-50. – DOI 10.33262/ap.v4i1.2.182.

4. Mustafa R., He Y., Shim Y.Y., Reaney M.J.T. Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake / *International Journal of Food Science and Technology*, 53 (10) (2018), pp. 2247-2255 - DOI: 10.1111/ijfs.13813

5. Ryazantseva A.S., Kovaleva A.E. Use of aquafaba in sponge cake recipes as an alternative to egg raw materials // *Problems and Prospects for the Development of Russia: A Youth Look into the Future: Collection of scientific articles from the 5th All-Russian Scientific Conf.* Vol. 3. - Kursk: South-West State University, 2022. - pp. 325-327.

6. Ildirim A.N., Yildirim F., Şan B., Polat M., Sesli Y. Variability of phenolic composition and tocopherol content of some commercial almond cultivars / *J. Appl. Bot. Food Qual.*, 2016, 89, pp. 163-170.

7. Nikolaeva T.A., Shumilova A.D., Golovacheva O.V. Alternative sweeteners from natural raw materials: stevioside and erythride // *Scientific and educational journal for students and teachers "StudNet"*. - 2022. - No. 4. - pp. 2929-2940.

8. Ryazantseva A.S., Kovaleva A.E. Using aquafaba in biscuit recipes as an alternative to egg // *Problems and Prospects of Russia's Development: A Youthful Outlook on the Future: Collection of scientific articles from the 5th All-Russian Scientific Conference*. Vol. 3. – Kursk: Southwestern State University, 2022. – pp. 325-327.



**Рецептура и технология поликомпонентных чипсов,
обогащенных антиоксидантами, с использованием
различного сортимента моркови столовой**

**Recipe and technology of multi-component chips enriched
with antioxidants using various assortments of table carrots**

Профессор О.В.Перфилова, аспирант З.Ю. Родина,
Мичуринский государственный аграрный университет, кафедра продуктов питания, то-
вароведения и технологии переработки продукции животноводства, тел. 89202326417,
perfolgav@mail.ru
профессор А.С. Ильинский
Мичуринский государственный аграрный университет, кафедра технологических про-
цессов и техносферной безопасности, тел. +7(47545)3 -88-15
scherbakov78@yandex.ru

Professor O.V. Perfilova, Postgraduate student Z.Yu. Rodina,
Michurinsk State Agrarian University, Department of Food, Commodity Science and Live-
stock Processing Technology, tel. 8920232-64-17
perfolgav@mail.ru
Professor A.S. Ilyinsky
Michurinsk State Agrarian University, chair of Technological Processes and Technosphere
Safety, tel. +7(47545)3 -88-15
scherbakov78@yandex.ru

Аннотация. Одним из приоритетных векторов развития производства снеков для здорового пи-
тания является комбинация рецептурных компонентов с целью обогащения их природными антиокси-
дантами. В качестве альтернативы картофельным чипсам разработаны рецептура и технологическая
схема производства поликомпонентных чипсов, в состав которых входят пюре из выжимок от произ-
водства яблочного сока прямого отжима и моркови столовой, мука гороховая, порошок из соцветий
липы. Проведен анализ на содержание антиоксидантов в рецептурном сырье, в том числе моркови раз-
личного сортимента, а также в готовых чипсах. Установлено, что все исследуемые в работе сорта мор-
кови столовой, а именно Витаминная 6, Шантенэ Роял и Нантская 4, в виде пюре в сочетании с реце-
птурными компонентами чипсов обеспечивают содержание в готовых изделиях ингредиентов – бета-ка-
ротина и флавонолов на уровне более 15 % от физиологической нормы потребления в сутки.

Abstract. One of the priority vectors of development of snacks production for healthy nutrition is a
combination of recipe components in order to enrich them with natural antioxidants. As an alternative to
potato chips, a recipe and a technological scheme for the multi-component chips production have been devel-
oped, which include puree from the refuse of directly squeezed apple juice and table carrots, pea flour, and
linden inflorescence powder. An analysis of the antioxidant content in the recipe raw materials, including
carrots of various assortments, as well as in finished chips has been carried out. It has been established that
all the varieties of table carrots studied in the work, namely Vitaminnaya 6, Shantenay Royal and Nantes 4,
in the form of puree in combination with the recipe components of chips provide the content of ingredients in
finished products - beta-carotene and flavonols at a level of more than 15% of the physiological norm of
consumption per day.

Ключевые слова: рецептура, технология, чипсы, сорта моркови, антиоксиданты.

Keywords: recipe, technology, chips, carrot varieties, antioxidants.

Снеки пользуются большим спросом среди молодежи, из-за высоких вкусовых
качеств, удобства употребления при быстром ритме современной жизни. Одним из



популярных представителей данной категории продуктов питания являются картофельные чипсы [4], однако, все больше молодых людей стремится к правильному питанию, где важным направлением является комбинирование продуктов с целью обеспечения баланса основных пищевых нутриентов. Картофельные чипсы характеризуются высоким содержанием рафинированных продуктов, что не приносит пользы здоровью потребителей. В современной экологической обстановке весьма актуальным также становится не только снижение количества рафинированных ингредиентов, но и обогащение продуктов питания природными антиоксидантами, которые помогают повысить резистентность организма человека к неблагоприятным факторам [13].

Цель работы разработать рецептуру и технологию поликомпонентных чипсов, определить содержание антиоксидантов в растительном сырье и чипсах с их применением для рекомендации данного вида снеков для здорового питания.

В соответствии с целью исследования были поставлены следующие задачи: разработать рецептуру и технологическую схему чипсов; исследовать суммарное содержание антиоксидантов в яблочных выжимках, моркови сортов Витаминная 6, Шантенэ Роял и Нантская 4, муке гороховой, порошке из соцветий липы и определить в них наличие аскорбиновой кислоты, полифенолов и бета-каротина; оценить и сравнить антиоксидантную ценность поликомпонентных чипсов в зависимости от используемого для их производства сорта моркови столовой; установить пригодность исследуемых сортов моркови для производства поликомпонентных чипсов с позиции обеспечения высокого содержания антиоксидантов.

В качестве объектов исследования выступали: сорта моркови столовой Витаминная 6, Шантенэ Роял и Нантская 4, яблочные выжимки, порошок из соцветий липы и мука гороховая, а также готовые поликомпонентные чипсы, для производства которых использовано перечисленное растительное сырье.

Для комплексной оценки антиоксидантной ценности растительного сырья и готовых поликомпонентных чипсов был использован показатель – суммарное содержание антиоксидантов, определенный на приборе Цвет Яуза 01-АА по действующей методике [11].

Антиоксиданты водорастворимая аскорбиновая кислота и жирорастворимый бета-каротин в объектах исследования определяли с помощью прибора Флюорат-02 методом ВЭЖХ, растительные полифенолы, такие как флавонолы и катехины – колориметрическим методом в модификации Л.И. Вигорова, антоцианы по методике Никитского ботанического сада [1-5]. Определение сухих веществ в объектах исследования проводилось согласно ГОСТ 28561-90.

В лаборатории продуктов функционального питания Мичуринского государственного аграрного университета, основываясь на ранее полученных результатах исследований по определению рациональных дозировок растительных ингредиентов: пюре из выжимок от производства яблочного сока прямого отжима и моркови столовой, мука гороховая, порошок из соцветий липы, разработаны рецептура (табл. 1) и технологическая схема производства поликомпонентных чипсов (рис.1) [9].

Таблица 1

Рецептура поликомпонентных чипсов

Наименование сырья	Сухие вещества, %	Расход сырья, г	
		в натуре	в сухих веществах
Пюре из яблочных выжимок	16,56	2943,3	487,4
Пюре морковное	9,00	1962,3	176,6
Мука гороховая	86,00	245,5	211,1
Порошок из цвета липы	90,00	48,9	44,0
Итого	-	5200,0	919,10
Выход	92,00	1000,0	920,0

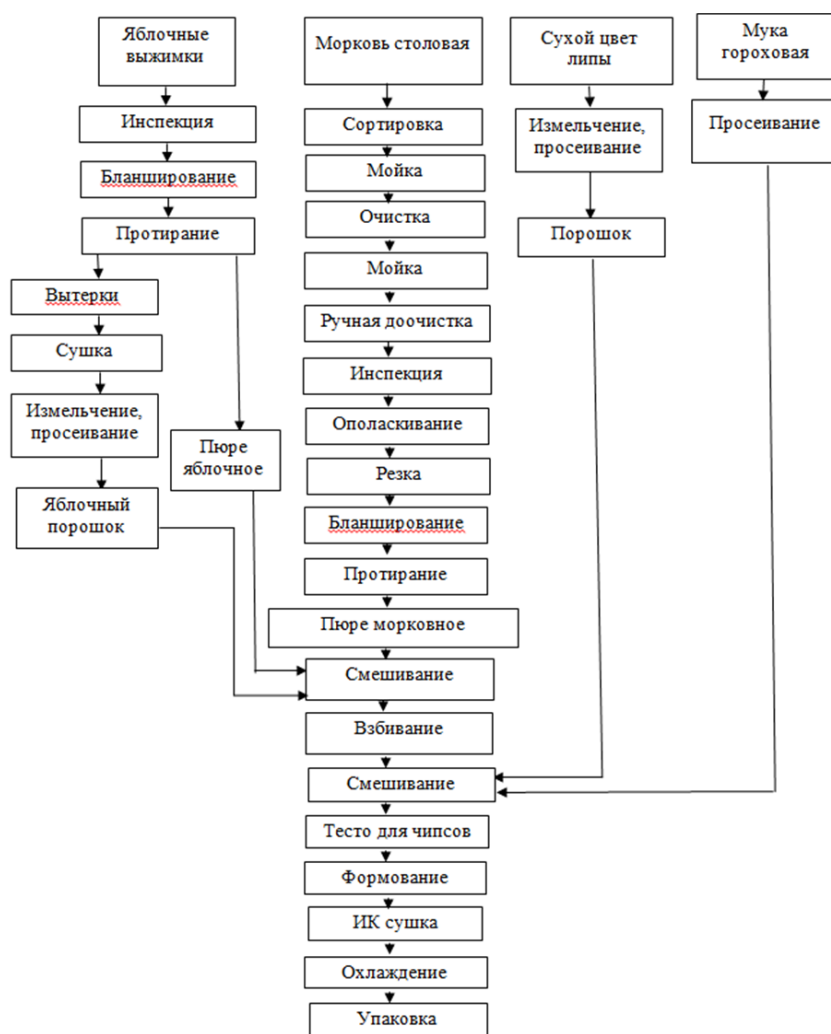


Рис. 1. Технологическая схема производства поликомпонентных чипсов на основе яблочных выжимок с добавлением морковного пюре, порошка из цвета липы и муки гороховой

Технологической особенностью производства чипсов на основе яблочных выжимок является применение ИК сушки заготовок для чипсов, что позволяет исключить из рецептуры растительное масло, а также вести процесс сушки при невысокой температуре 50 °С непродолжительное время - 150 мин, что положительно сказывается на сохранности антиоксидантов по сравнению с традиционной конвективной сушкой [8, 12]. В результате инфракрасной сушки поглощение ИК энергии происходит в верхнем слое высушиваемых заготовок для чипсов и в результате интенсивного испарения влаги происходит охлаждение данного слоя и в результате достигается равномерный баланс температур, что способствует снижению разрушения антиоксидантов. А при конвективном способе сушки идет прогрев полуфабриката по всей толще и тем самым происходит перегрев продукта и в силу этого процент разрушения антиоксидантов выше.

Для производства поликомпонентных чипсов на основе яблочных выжимок исследованы сорта моркови столовой, допущенных к возделыванию в Центрально-Черноземном регионе и предназначенных для кулинарной обработки, консервирования, из-за высоких вкусовых качеств и полезных свойств: Витаминная 6, Шантенэ роял и Нантская 4.

Сорт моркови Витаминная 6 относится к среднеспелым. Для корнеплода данного сорта характерна цилиндрическая форма со слегка притупленным кончиком. Масса корнеплода колеблется в пределах от 100 до 170 г, длина достигает 15-17 см,



в диаметре 4-5 см. Кора красно-оранжевого цвета, сердцевина корнеплода тонкая округлая. Мякоть по консистенции плотная, однородная, сочная, на вкус сладкая. Корнеплоды устойчивы к растрескиванию.

Сорт моркови Шантенэ роял относится к среднеспелым. Для корнеплода данного сорта характерна коническая форма со слегка заостренным кончиком. Масса корнеплода колеблется в пределах от 75 до 250 г, длина достигает 15-16 см, в диаметре 5-6 см. Кора и сердцевина оранжевого цвета. Мякоть по консистенции плотная и сочная, на вкус сладкая. Корнеплоды устойчивы к растрескиванию.

Сорт моркови Нантская 4 относится к среднеспелым. Корнеплоды по форме цилиндрические тупоконечные. Масса корнеплода колеблется в пределах от 90 до 160 г, длина достигает 15-17 см, в диаметре 4-5 см. Кора и сердцевина оранжевого цвета. Сердцевина маленького размера. Мякоть по консистенции сочная и нежная, на вкус сладкая. Корнеплоды устойчивы к растрескиванию.

Рецептурный состав новых видов поликомпонентных чипсов подобран с целью обеспечения эффекта синергизма по антиоксидантной ценности. Среди антиоксидантов морковь столовая и цвет липы являются, в первую очередь, источником жирорастворимого антиоксиданта – бета-каротина, являющегося вторичным растительным соединением. Антиоксидантные свойства этих продуктов определяются также полифенольным комплексом, в состав которого входят катехины, антоцианы, флавонолы и др., и аскорбиновой кислотой, которые относятся к группе водорастворимых антиоксидантов. Гороховая мука, используемая в качестве загустителя, в сравнении с крахмалом и мукой пшеничной, отличается более высоким содержанием белка и водорастворимых антиоксидантов [7, 10], а также хорошо сочетается с ингредиентами чипсов по вкусу, цвету и имеет приятные аромат и привкус.

Для сравнительной оценки антиоксидантной ценности сырья, используемого в технологии поликомпонентных чипсов, проведен анализ на суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (ССА) по кверцетину, результаты которого, с учетом содержания сухих веществ, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание водорастворимых антиоксидантов и сухих веществ в растительном сырье, используемом при производстве поликомпонентных чипсов (на 100 г продукта)

Растительное сырье	ССА, мг (по кверцетину)	Сухие вещества, %
Витаминная 6	43,4	10,1
Шантенэ Роял	38,2	9,2
Нантская 4	39,2	9,8
Яблочные выжимки	37,2	17,5
Порошок из цвета липы	1147,7	90,0
Мука гороховая	108,9	86,0

Проведенный анализ показал, что среди сортов моркови столовой по суммарному содержанию водорастворимых антиоксидантов выделяется Витаминная 6, где данное значение выше, чем у сортов Шантенэ Роял и Нантская 4, соответственно, на 13,6 и 10,7 %. Суммарное содержание антиоксидантов в яблочных выжимках и у моркови сортов Шантенэ Роял, Нантская 4 находится на одном уровне и колеблется в пределах 37-39 мг/100г. По сравнению с мукой пшеничной в гороховой муке содержание водорастворимых антиоксидантов в 5 раза выше. Безусловным лидером из перечисленных в таблице 2 ингредиентов для чипсов является порошок из цвета липы. Содержание сухих веществ в моркови столовой колеблется от 9,2 % у сорта Шантенэ Роял до 10,1% у сорта Витаминная 6, значения данного показателя у порошка из цвета липы и муки гороховой соответствуют требованиям действующих нормативных документов. Значение содержания сухих веществ в яблочных выжимках сопоставимо с литературными данными [6].



Для количественной оценки содержания антиоксидантов в моркови столовой исследуемых сортов в них определяли наличие аскорбиновой кислоты, полифенолов и бета-каротина (таблица 3).

Таблица 3

**Содержание антиоксидантов - аскорбиновой кислоты
и вторичных растительных соединений в моркови (на 100 г продукта)**

Показатели	Сорта моркови столовой		
	Витаминная 6	Шантенэ Роял	Нантская 4
Аскорбиновая кислота, мг	10,4	6,7	6,6
Полифенолы, мг:	63,7	65,0	66,6
антоцианы	2,7	1,3	1,3
флавонолы	36,8	39,9	40,9
катехины	24,2	23,8	24,4
Бета-каротин, мг	11,4	6,6	13,3

Из полифенольных соединений в моркови столовой были определены антоцианы, флавонолы и катехины. По суммарному содержанию указанных полифенолов исследуемые сорта моркови столовой выстраиваются по убыванию в следующей последовательности Нантская 4, Шантенэ Роял, Витаминная 6, при этом, разница между максимальным и минимальным значением этого показателя незначительна и составила 4,5 %. Из данных таблицы 3 видно, что независимо от сорта моркови столовой среди исследуемых полифенолов преимущественно содержатся флавонолы, доля которых в общей сумме составляет от 58 до 61 %, а минимальное содержание отмечено по антоцианам от 2 до 4 %. Существенных отличий по содержанию катехинов в разрезе сортов моркови столовой не выявлено и среднее значение этого показателя составило 24 мг/100г. Максимальное содержание аскорбиновой кислоты обнаружено в моркови Витаминная 6, в сортах Шантенэ Роял и Нантская 4 данные значения ниже в среднем на 36 %.

Если полифенолы и аскорбиновая кислота представляют водорастворимые антиоксиданты, то бета-каротин представитель жирорастворимых антиоксидантов. Как и по полифенольному комплексу, сорт Нантская 4 выделяется перед двумя другими сортами Витаминная 6 и Шантенэ Роял, превышая по данному значению, соответственно, в 1,2 и 2 раза.

Помимо моркови столовой, сырьем для производства поликомпонентных чипсов служат яблочные выжимки, мука гороховая и порошок из цвета липы. Для оценки возможности эффекта синергизма от сочетания данных ингредиентов в рецептуре чипсов исследована антиоксидантная ценность этих растительных объектов по единому комплексу вторичных растительных соединений и аскорбиновой кислоты, что и морковь (таблица 4).

Таблица 4

Содержание антиоксидантов - аскорбиновой кислоты и вторичных растительных соединений в яблочных выжимках, муке гороховой и порошке из цвета липы (на 100 г продукта)

Показатели	Яблочные выжимки	Порошок из цвета липы	Мука гороховая
Аскорбиновая кислота, мг	23,2	12,1	0,0
Полифенолы, мг:	64,8	830,6	102,4
антоцианы	4,1	77,6	6,3
флавонолы	54,4	201,7	70,7
катехины	6,3	551,3	25,4
Бета-каротин, мг	0,2	14,3	1,4



Как видно из таблицы 4, в яблочные выжимки - вторичное сырье сокового производства, переходит значительное количество аскорбиновой кислоты и полифенольных соединений, что и определяет их антиоксидантную ценность и указывает на целесообразность их применения для переработки в новые продукты питания. Яблочные выжимки могут выступать в качестве дополнительного источника аскорбиновой кислоты и флавонолов. Содержание бета-каротина в яблочных выжимках низкое.

Порошок из цвета липы характеризуется высоким содержанием полифенолов и бета-каротина. Содержание антоцианов, флавонолов и катехинов от их общего количества соответственно составило: 9,3 %, 24,3 % и 66,4 %. Из полифенольного комплекса максимальное содержание отмечено по катехинам.

В муке гороховой по сравнению с яблочными выжимками и порошком из цвета липы аскорбиновая кислота отсутствует. Напротив, по содержанию полифенольных соединений мука гороховая показала преимущество перед яблочными выжимками, содержание которых в ней выше на 58 % и представлены они в основном флавонолами и катехинами, а именно 69 и 25 % от общего количества, соответственно. Исследования показывали, что мука гороховая выступает также в качестве источника бета-каротина.

Влияние сорта моркови на содержание антиоксидантов (по кверцетину) и аскорбиновой кислоты в поликомпонентных чипсах представлено графически на рисунке 2.

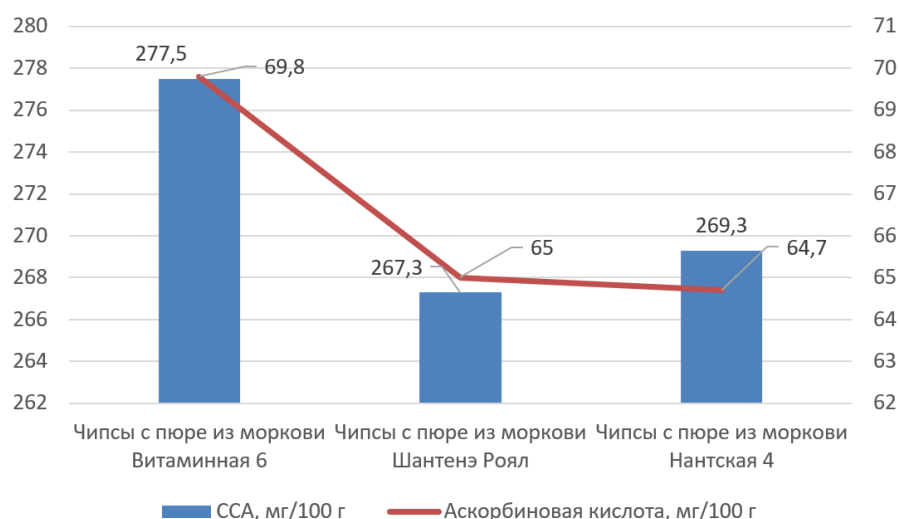


Рис. 2. Динамика содержания антиоксидантов и аскорбиновой кислоты в поликомпонентных чипсах в зависимости от сорта моркови

График, изображенный на рисунке 2, показывает, что максимальный показатель суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов по кверцетину характерен для чипсов с применением пюре из моркови столовой сорта Витаминная 6, а в чипсах с пюре из моркови сортов Шантенэ Роял и Нантская 4 — это значение ниже в среднем на 3 %, таким образом, разница незначительна.

В поликомпонентных чипсах отмечено высокое содержание аскорбиновой кислоты, относящейся к группе неферментных антиоксидантов. С учетом физиологической потребности взрослого человека в аскорбиновой кислоте, употребление 100 г чипсов с пюре из моркови Витаминная 6, Шантенэ Роял и Нантская 4 покрывает эту потребность в среднем на 70 и 65 %, соответственно. Как и по общему содержанию водорастворимых антиоксидантов, так и по наличию аскорбиновой кислоты среди исследуемых образцов чипсов выделяются чипсы с пюре из моркови столовой сорта Витаминная 6.

Содержание ряда фенольных соединений в новых видах поликомпонентных чипсов представлено в таблице 5.



Таблица 5

Фенольные соединения поликомпонентных чипсов на основе яблочных выжимок, морковного пюре с добавлением гороховой муки и порошка из цвета липы (на 100 г продукта влажностью 8%)

Полифенолы, мг	Чипсы поликомпонентные с пюре из моркови		
	Витаминная 6	Шантенэ Роял	Нантская 4
	259,8	261,1	263,2
антоцианы	16,7	14,6	14,6
флавонолы	168,7	172,7	173,9
катехины	74,4	73,8	74,7

Из данных таблицы 5 следует, что при употреблении взрослым человеком 100 г чипсов с пюре из моркови столовой Витаминная 6, Шантенэ Роял и Нантская 4 физиологическая суточная потребность в антоцианах (50 мг) покрывается на 33-29 %, катехинах (200 мг) - на 37 %. Для удовлетворения физиологической потребности взрослого человека в флавонолах (30 мг) достаточно 18 г чипсов, произведенных с пюре из моркови столовой сортов Витаминная 6, Шантенэ Роял и Нантская 4.

В рецептурный состав поликомпонентных чипсов входит сырье богатое бета-каротином, поэтому отдельно было исследовано содержание этого жирорастворимого антиоксиданта в готовом продукте (рисунок 3).

Известно, что физиологическая норма потребления бета-каротина взрослого человека в сутки равняется 5 мг. Исходя из данных графика, изображенного на рисунке 3, определено, что в зависимости от применяемого сорта моркови столовой, в частности Витаминная 6, Шантенэ Роял и Нантская 4, для удовлетворения нормы по бета-каротину достаточны 22-41 г чипсов.



Рис. 3. Динамика содержания бета-каротина в поликомпонентных чипсах с добавлением пюре из моркови различных сортов

Так как морковь столовая, в первую очередь, рассматривается как источник жирорастворимого антиоксиданта, то рекомендуемую норму потребления разработанных чипсов определяли с учетом адекватного содержания для организма человека бета-каротина. Рекомендуемая норма потребления для взрослого человека разработанных чипсов составляет – 10 г, при которой обеспечивается не только высокое содержание в одной порции бета-каротина, но и водорастворимых флавонолов, так степень удовлетворения в этих ингредиентах, соответственно, составит, в зависимости от сорта моркови столовой, для чипсов с пюре из моркови: Витаминная 6 – 40 и 56 %, Шантенэ Роял – 25 и 58 % и Нантская 4 – 46 и 58 %. Таким образом, существенное различие между образцами чипсов с добавлением пюре из различных сортов моркови столовой по указанным ингредиентам выявлено только по бета-каротину.

Таким образом, все исследуемые в работе сорта моркови столовой, выращиваемые в условиях ЦЧР и рекомендуемые для консервирования, а именно Витаминная 6, Шантенэ Роял и Нантская 4, в виде пюре в сочетании с рецептурными компонентами чипсов такими, как пюре из яблочных выжимок, порошок из цвета липы и мука гороховая, обеспечивают содержание в готовых изделиях ингредиентов – бета-



каротина и флавонолов на уровне более 15 % от физиологического нормы потребления в сутки.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения» ФГБОУ ВО Мицуринский ГАУ.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки РФ «Разработка новых технологических решений производства и рецептур продуктов здорового питания с использованием растительного сырья» в 2025 г. (№ госрегистрации FESU-2023-0004).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вигородов Л.И. Определение полифенолов // Сб. трудов 2-го Всесоюз. семинара по БАВ плодов и овощей. – Свердловск, 1964. – С. 88.
2. Вигородов Л.И. Биоактивные вещества и лечебное садоводство // Сб. трудов 3-го Всесоюз. семинара по БАВ (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 7–18.
3. Вигородов Л.И., Трибунская А.Я. Методы определения флавонолов и флавононов в плодах и ягодах / Л. И. Вигородов, // Сб. трудов 3-го всесоюз. семинара по БАВ (лечебным) веществам плодов и ягод. – Свердловск, 1968. – С. 492–506.
4. Калина В.С., Вечеря А.М. Анализ существующих технологий производства картофельных чипсов / В.С. Калина, // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2019. – Т 19. – № 2. – С. 146–152. – DOI: 10.31388/2078-0877-19-2-146-152.
5. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав / Всероссийская ордена Ленина и ордена Трудового Красного знамени академия сельскохозяйственных наук им В.И. Ленина. Государственный ордена Трудового Красного Знамени Никитинский ботанический сад. – Ялта, 1982. – С. 15–17.
6. Перфилова О.В. Переработка вторичного фруктово-овощного сырья с использованием электрофизических методов: расширение ресурсного потенциала и ассортимента продуктов повышенной пищевой ценности, разработка инновационных технологических решений: дис. ...доктора технических наук. – Воронеж. – 2019. – 349 с.
7. Перфилова О.В., Родина З.Ю. Гороховая мука с позиции антиоксидантной ценности // Наука и Образование. – 2023. – Т. 6, № 4.
8. Перфилова О.В. Применение СВЧ-, ИК-нагрева в технологии получения морковного порошка из выжимок // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. Т 81. – № 1. – С. 144–148. – DOI: 10.20914/2310-1202-2019-1-144-148.
9. Перфилова О.В., Родина З.Ю., Брыксина К.В. Рецептурная композиция для производства чипсов с применением яблочных выжимок // Пищевая промышленность. – 2024. – № 12. – С. 26–31. – DOI 10.52653/PPI.2024.12.12.005.
10. Яшин Я.И., Рыжнев В.Ю., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние их на здоровье и старение человека. – Москва: Издательство «ТрансЛит», 2009. 205 с.
11. Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Методика выполнения измерений содержания антиоксидантов в напитках и пищевых продуктах, биологически активных добавках, экстрактах лекарственных растений амперометрическим методом. – Москва: «Химавтоматика», 2007. – 14 с.
12. Perfilova O.V., Babushkin V.A., Blinnikova O.M., Bryksina K.V. Physical methods in innovative technological solutions of beet refuse processing // Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk, Russian Federation: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. – 2020. – pp. 42031. – DOI: 10.1088/1742-6596/1679/4/042031.
13. Perfilova O.V., Akishin D.V., Vinnitskaya V.F. [et al.] Use of vegetable and fruit powder in the production technology of functional food snacks // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Volgograd,



Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. – 2020. – P. 82071. - DOI: 10.1088/1755-1315/548/8/082071.

REFERENCES

1. Vigorodov L.I. Determination of polyphenols // Collection of works of the 2nd All-Union seminar on biologically active substances of fruits and vegetables. – Sverdlovsk, 1964. – pp. 88.
2. Vigorodov L.I. Bioactive substances and medicinal gardening // Collection of works of the 3rd All-Union seminar on biologically active substances (medicinal) substances of fruits and berries. – Sverdlovsk, 1968. – pp. 7–18.
3. Vigorodov L.I., Tribunskaya A.Ya. Methods for determination of flavonols and flavonones in fruits and berries / L. I. Vigorodov, // Collection of works of the 3rd all-Union seminar on biologically active substances (medicinal) substances of fruits and berries. – Sverdlovsk, 1968. – pp. 492–506.
4. Kalina V.S., Vecherya A.M. Analysis of existing potato chip production technologies / V.S. Kalina, // Works of the Taurian State Agrotechnological University. – 2019. - Vol. 19. - No. 2. – pp. 146–152. - DOI: 10.31388/2078-0877-19-2-146-152.
5. Methodological recommendations for the analysis of fruit for biochemical composition / All-Russian Order of Lenin and Order of the Red Banner of Labor Academy of Agricultural Sciences named after V.I. Lenin. State Order of the Red Banner of Labor Nikitinsky Botanical Garden. - Yalta, 1982. - pp. 15-17.
6. Perfilova O.V. Processing of secondary fruit and vegetable raw materials using electrophysical methods: expansion of resource potential and the range of products with increased nutritional value, development of innovative technological solutions: dis. ... Doctor of Technical Sciences. - Voronezh. - 2019. – 349p p.
7. Perfilova O.V., Rodina Z.Yu. Pea flour from the standpoint of antioxidant value // Science and Education. - 2023. - Vol. 6, No. 4.
8. Perfilova O.V. Application of microwave, IR heating in the technology of obtaining carrot powder from pomace // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2019. Vol. 81. - No. 1. - pp. 144-148. - DOI: 10.20914/2310-1202-2019-1-144-148.
9. Perfilova O.V., Rodina Z.Yu., Bryksina K.V. Formulation composition for the production of chips using apple pomace // Food industry. - 2024. - No. 12. - pp. 26-31. - DOI 10.52653/PPI.2024.12.12.005.
10. Yashin Ya.I., Ryzhnev V.Yu., Yashin A.Ya., Chernousova N.I. Natural antioxidants. Content in food products and their effect on human health and aging. - Moscow: TransLit Publishing House, 2009. 205 pp.
11. Yashin A.Ya., Chernousova N.I. Methodology for measuring the antioxidant content in beverages and food products, dietary supplements, and medicinal plant extracts using the amperometric method. - Moscow: Khimavtomatika, 2007. - 14 pp.
12. Perfilova O.V., Babushkin V.A., Blinnikova O.M., Bryksina K.V. Physical methods in innovative technological solutions of beet refuse processing // Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk, Russian Federation: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. - 2020. - pp. 42031. - DOI: 10.1088/1742-6596/1679/4/042031.
13. Perfilova O.V., Akishin D.V., Vinnitskaya V.F. [et al.] Use of vegetable and fruit powder in the production technology of functional food snacks // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. – 2020. – pp. 82071. - DOI: 10.1088/1755-1315/548/8/082071.



Изучение ассортимента и качества тыквенного масла

Research of range and quality of pumpkin seed oil

Доцент, к.т.н. О.В. Новиченко, студент М. Шахин,
Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, кафедра биотехнологии, аквакультуры, почвоведения и управления земельными ресурсами,
тел. +7-927-560-47-97

ollevi@bk.ru

профессор, д.б.н. М.А. Егоров,
Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), отдел аспирантуры и докторантуры, тел. +7-903-349-17-19

egorov@vniro.ru

ведущий научный сотрудник Д.Д. Вилкова

Череповецкий государственный университет, кафедра биологии, тел. +7-937-821-29-91
dariavilkova333@gmail.com

Associate Professor, PhD O.V. Novichenko, student M. Shakhin,
Astrakhan Tatishchev State University, chair of Biotechnology, Aquaculture, Soil Science and Land Management, tel. +7-927-560-47-97

ollevi@bk.ru

Professor, Doctor of Biological Sciences M.A. Egorov,
Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), chair of Postgraduate and Doctoral Studies, тел. +7-903-349-17-19

egorov@vniro.ru

Leading Researcher D.D. Vilкова

Cherepovets State University, chair of Biology, Tel. +7-937-821-29-91
dariavilkova333@gmail.com

Аннотация. Тыква является не только вкусным и полезным продуктом, но и перспективным сырьем аграрного сектора Астраханской области. Увеличение осведомленности о ее полезных свойствах и возможности переработки может привести к росту спроса на этот продукт. Инвестирование в выращивание и переработку тыквы может оказаться выгодным направлением для бизнеса, способствуя развитию местной экономики и улучшению здоровья населения. Тыквенное масло, получаемое из семян тыквы, не является особо потребляемым пищевым растительным маслом, но является ценным источником биологически активных веществ, что делает его объектом активного изучения в области пищевой науки и здравоохранения. В последние годы наблюдается рост интереса к здоровому питанию и натуральным продуктам, что, в свою очередь, способствует увеличению спроса на тыквенное масло как среди потребителей, так и среди производителей. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью анализа ассортимента и качества тыквенного масла, представленного на российском рынке, в частности в г. Астрахани. Важным аспектом работы является сравнительная оценка тыквенного масла разных производителей по органолептическим показателям и антиоксидантной активности (АОА). Эти параметры играют ключевую роль в определении потребительских предпочтений и биологической ценности масла, как следствие влияние его на здоровье человека. На основе полученных данных сформулированы рекомендации по выбору тыквенного масла из представленного на российском рынке, что является важным для дальнейшего использования его в качестве основного сырья для получения функциональных продуктов, а также для выявления возможной фальсификации и удовлетворения потребительского спроса.

Abstract. Pumpkin is not only a tasty and healthy product, but also a promising raw material for the agricultural sector of the Astrakhan region. Increasing awareness of its beneficial properties and processing capabilities may lead to increased demand for this product. Investing in pumpkin cultivation and processing may be a profitable business opportunity, contributing to the development of the local economy and improving public health. Pumpkin oil, obtained from pumpkin seeds, is not a particularly consumed edible vegetable oil, but is a valuable source of biologically active substances, which makes it an object of active study in the field of food science and health care. In recent years there have been a growing interest in healthy eating and



natural products. It contributes to an increase in demand for pumpkin oil among both consumers and producers. The relevance of this research is due to the need to analyze the range and quality of pumpkin oil presented on the Russian market, in particular in Astrakhan. An important aspect of the research is a comparative assessment of pumpkin oil from different manufacturers by organoleptic indicators and antioxidant activity (AOA). These parameters play a key role in determining consumer preferences and the biological value of the oil, as a consequence of its impact on human health. We have formulated recommendations for choosing pumpkin oil from those presented on the Russian market based on the data obtained. This is important for the further use of oil as the main raw material for obtaining functional products, as well as for identifying possible counterfeiting and satisfying consumer demand.

Ключевые слова: тыквенное масло, растительное масло, качество, биологически активные вещества, ассортимент, рынок, органолептическая оценка, оптическая плотность, антиоксидантная активность.

Keywords: pumpkin seed oil, vegetable oil, quality, biologically active substances, range, market, organoleptic assessment, optical density, antioxidant activity.

Масло, извлекаемое из семян тыквы, обладает богатым уникальным составом активных компонентов. В его состав входят полиненасыщенные жирные кислоты – омега-3 и омега-6, которые являются важными для поддержания нормального уровня холестерина и помогают в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, что подтверждено научными исследованиями. Среди этих кислот основными являются олеиновая и линоленовая, обладающие важными питательными свойствами. Олеиновая кислота в тыквенном масле может достигать 40 %, тогда как линоленовая – до 50 %. Такое соотношение делает тыквенное масло не только питательным, но и функционально активным компонентом, привлекающим внимание производителей косметических и фармацевтических препаратов [5].

Анализ современных доступных литературных источников показал, что в настоящее время используются все части плода тыквы и отходы ее переработки. В России лидером по производству тыквы является Республика Дагестан. В 2023 году дагестанские агрономные предприятия собрали более 67,8 тысяч тонн тыквы, что составило более 12,5 % от общего объема производства в стране. Это почти в 2,5 раза больше, чем в 2022 году. Дагестан также занимает первое место по производству тыквы в Северо-Кавказском федеральном округе. А мировым лидером по производству тыквы является Китай. В 2022 году они произвели почти 15 миллиардов фунтов тыквы, что значительно больше, чем любая другая страна [3, 8].

В Астрахани существует единственная мастерская маслоделов, где изготавливают тыквенное масло в небольших для потребителя количествах. Однако сырье для производства тыквенного масла в мастерской закупается в г. Камышин Волгоградской области. Астраханская область выращивает бахчевые культуры в больших объемах, тем не менее, тыква, как перспективное сельскохозяйственное сырье, не занимает лидирующее место.

Астраханская область обладает благоприятными условиями для выращивания тыквы благодаря тёплому климату и плодородным почвам. Эти факторы способствуют высокому урожаю и качеству плодов. Тыква может быть успешно выращена как в частных хозяйствах, так и на крупных агрономических предприятиях.

Улучшение ассортимента тыквенного масла требует продуманного подхода, который учитывает как потребительские предпочтения, так и текущие исследования о его свойствах. Купажирование с другими растительными маслами, такими как подсолнечное, рапсовое и оливковое, открывает новые горизонты для создания уникальных смесей, обладающих улучшенными органолептическими свойствами и функциональными характеристиками. Например, токотриенолы и токоферолы, содержащиеся в тыквенном масле, демонстрируют значимые гиполлипидемические эффекты, что делает их привлекательными для потребителей, заботящихся о здоровом образе жизни. Масла с гиполлипидемическим эффектом или косметические формулы,



обогащенные витаминами и минералами, могут привлечь дополнительную аудиторию. Данные исследования показывают, что потребители все больше интересуются функциональными свойствами растительных масел, что дает возможность предлагать такие новшества на рынке [6].

Дополнительным направлением является введение тыквенного масла в смеси с менее традиционными маслами, такими как амарантовое, кунжутное или льняное, которые приносят разнообразие и уникальные жирнокислотные профили. Такие комбинации могут увеличить интерес к итоговому продукту и улучшить его позиционирование на полках магазинов.

Фокус на органолептические и физико-химические свойства помогает создать более гармоничные и привлекательные смеси для конечного потребителя. Так, экспериментальное купажирование может значительно улучшить вкус и аромат масла, что, в свою очередь, способствует росту потребительского интереса и спроса на продукцию [1].

Важно также учитывать механизмы взаимодействия разных масел в смесях. Исследования показывают, что комбинации для продуктов, например, которые включают тыквенное масло с другими видами, могут обеспечить не только длительный срок хранения, но и повысить питательную ценность [9].

Внедрение данных рекомендаций обеспечит успешную адаптацию тыквенного масла к динамичным требованиям рынка, что позволит выделить данный продукт среди конкурентов и удовлетворить потребности современных потребителей [4].

Тыквенное масло демонстрирует стабильный рост популярности, что связано как с его уникальным составом, так и с обширной сферой применения. Учитывая его благоприятное влияние на здоровье человека, а также высокую питательную ценность, это масло находит применение как в кулинарии, так и в косметической индустрии. Однако, несмотря на растущий интерес, уровень осведомленности потребителей о его свойствах и способах использования остается на относительно низком уровне.

Цель работы – изучение ассортимента и оценка качества растительного масла из семян тыквы.

Исследования проведены на базе лаборатории «Биотехнология, микробиология и почвоведение» в Технопарке ФГБОУ ВО «АГУ им. В.Н. Татищева» (г. Астрахань).

Объектами исследований являлись пять образцов тыквенного масла разных торговых марок, представленных на рынке г. Астрахани в супермаркетах «Перекресток», «Магнит», «МЕТРО», а также сыродавленное масло, полученное в мастерской «Астраханский маслодел»: образец 1 – тыквенное масло холодного отжима, объем 250 мл, производство Россия, Московская обл.; образец 2 – тыквенное масло холодного отжима, объем 100 мл, производство Россия, г. Астрахань; образец 3 – тыквенное масло холодного отжима, объем 125 мл, производство Россия, Московская обл.; образец 4 – тыквенное масло холодного отжима, объем 250 мл, производство Словения; образец 5 – тыквенное масло холодного отжима, объем 250 мл, производство Россия, Московская обл.

Для избежания окисления и прогоркания продукта, образцы тыквенного масла хранили в темном, прохладном месте, в плотно закрытой таре. Оптимальная температура хранения – от +10 °С до +18 °С. После вскрытия тыквенное масло в холодильнике в плотно закрытой оригинальной упаковке.

Методология выполнения исследований предусматривала анализ научно-технической информации и нормативной документации, изучению информации, представленной на этикетке продукта, проведение исследований по определению органолептических показателей, оптической плотности и антиоксидантной активности (АОА) пищевых растительных масел, статистическую обработку данных и анализ результатов.



В работе использовали общепринятые методы исследований: маркетинговые, органолептические, физико-химические, химические, статистические.

Растительные тыквенные масла изучали на соответствие их качества согласно ТР ТС 022/2011, ТР ТС 024/2011. Внешний вид, вкус и запах тыквенного масла определяли согласно ГОСТ 5472-50. Определение прозрачности масел проводили согласно ГОСТ 5472-50. Для этого 100 мл масла наливают в цилиндр и оставляют в покое при температуре +20 °С на 24 ч. Отстоявшееся масло рассматривали как в проходящем, так и в отраженном свете на белом фоне, а также проводили измерение оптической плотности с помощью однолучевого спектрофотометра UNICO 2800, работающего в спектральном диапазоне 190-1100 нм. Исследование антиоксидантных свойств проводили фотометрическим методом с использованием DPPH-теста.

Упаковка пяти отобранных проб тыквенного масла соответствовала требованиям действующих нормативных документов ТР ТС 005/2011, ГОСТ 5717.1-2014 (табл. 2), кроме масла, полученного в мастерской г. Астрахани.

Полнота налива бутылок для всех проб масел соответствовала уровню, заявленному производителями. Это является большим плюсом для потребителей, которые платят фиксированную цену за фактический объем масла, находящегося в бутылке.

Таблица 1

Результаты оценки качества упаковки тыквенных масел

Показатель	Норма по НД	Результаты масла тыквенного (нерафинированное холодного отжима)				
		Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Вид тары	Стекло- бутылка группы Б	Стекло- бутылка темно-ко- ричневого цвета	Прозрачная стеклянная бутылка	Стекло- бутылка темно-ко- ричневого цвета	Стекло- бутылка зе- леного цвета	Стекло- бутылка зе- леного цвета
Укупороч- ные средства	Колпачок	Полимер- ный кол- пачок с диспенсе- ром (доза- тором)	Отсут- ствуют	Полимер- ный колпа- чок с узким диспенсе- ром (дозато- ром)	Полимер- ный колпа- чок с дис- пенсером (дозатором)	Полимер- ный колпа- чок с дис- пенсером (дозатором)
Состояние упаковки	Целая, чистая, без сколов и повреждений					
Порядок и ха- рактер распо- ложения носи- теля и марки- ровки	Этикетки наклеены равно, без следов клея	Этикетка наклеены равно, без следов клея	Отсутствует этикетка, прилагалась на бумаж- ном носи- теле при продаже	Этикетка наклеены равно, без следов клея	Этикетка наклеены равно, без следов клея	Этикетка наклеены равно, без следов клея
Герметичность	Герметичная					
Вместимость, мл	100-250	250	100	125	250	250
Полнота налива, мл	235	245	95	120	245	245
Толщина стенок, мм, для стеклянных бутылок						
Вместимостью до 250 мл включительно	Не менее 1,2	1,3	1,5	1,3	1,3	1,3

При анализе внешнего вида бутылок с тыквенным маслом можно сделать несколько выводов. Образцы тыквенного масла были упакованы в стеклянные бутылки: образец 1 и 3 – в стеклянной бутылке темно-коричневого цвета; образец 2 – в прозрачной стеклянной бутылке; образец 4 и 5 – в стеклянной бутылке зеленого цвета.



Бутылки всех образцов из стекла, которое является инертным, лучше защищает масло от света и сохраняет его качество.

Образцы соответствуют установленным техническим требованиям, темные бутылки защищают содержимое от ультрафиолетового света, что помогает предотвратить окисление масла. Прозрачные бутылки менее предпочтительны для хранения масла (образец 2). Все образцы герметично упакованы, кроме образца 2, который не имел плотно закрытый заводской колпачок.

В образцах 1 и 4, колпачки с одинаковым диаметром дозаторов 15 мм; в образце 3, диаметр 10 мм; в образце 5 – 13 мм, у образца 2 дозатор отсутствует, что не удобно в использовании. Физические параметры тары (толщина стенок, доньшка), ее внешний вид и целостность были в пределах установленных норм.

При изучении маркировки образцов основные требования включают наличие информации о составе продукта, производителе, сроке годности, условиях хранения и энергетической ценности. Информация на этикетке должна быть полной и понятной потребителю. Таким образом, качественная маркировка обеспечивает потребителя всей необходимой информацией, помогает сделать осознанный выбор и способствует повышению доверия к продукту.

Таблица 2

Результаты оценки качества маркировки тыквенных масел

Показатель	Результаты исследования масла тыквенного				
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Обязательные данные для маркировки					
Наименование продукта	Масло тыквенное нерафинированное	Тыквенное масло	Масло из семян тыквы	Растительное тыквенное масло	Масло тыквенное
Наименование место нахождения изготовителя	Россия, Московская обл.	Россия, г. Астрахань	Россия, Московская обл.	Словения	Россия, Московская обл.
Наименование место нахождения импортера	Россия, Московская обл.	Россия, г. Астрахань	Россия, Московская обл.	Россия, г. Москва	Россия, Московская обл.
PDO-защищенное наименование места происхождения (при наличии)	отсутствует				
Объем, мл.	250	100	125	250	250
Состав	100 % тыквенное масло	100 % масло семян тыквы	100 % масло из семян тыквы холодного отжима	100 % тыквенное масло	100 % масло тыквенное нерафинированное
Дата изготовления	25.09.2024	05.03.2025	01.02.2025	13.09.2024	27.01.2025
Дата годности	25.07.2025	05.07.2025	01.02.2026	17.03.2026	27.01.2027
Срок годности	10 месяцев	4 месяца	12 месяцев	20 месяцев	24 месяца
Условия хранения	Хранить при t 0 °С до +21 °С и относительной влажности 75 %	Хранить в холодильнике, в условиях, исключающих попадания солнечного света	Информация отсутствует	Хранить в темном месте, в закрытой оригинальной упаковке при t 0 °С до +21 °С и относительной влажности 85 %	Хранить в сухом темном месте при t от +5 °С до +25 °С



Продолжение таблицы

Рекомендации по хранению после употребления	в холодильнике при $t +4 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Хранить в холодильнике, в условиях, исключающих попадания солнечного света	Хранить в холодильнике	Хранить в темном месте, в плотно закрытой оригинальной упаковке, при t от 0 до $+6 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Хранить при t не выше $+5^{\circ}\text{C}$ в темном месте
Жиры, г	99,5	-	99,0	100,0	99,8
Белок, г	-	-	-	0	0,1
Углеводы, г	-	-	-	0	0
Холестерин, г	-	-	-	-	-
Другие компоненты	-	-	-	-	-
ЭЦ, кДж/ккал	3680/895	-	3730/891	3700/900	3690кДж/900
Единый знак обращения продукции на рынке государств – членов ТС		-			
Упаковка предназначена для контакта с пищевой продукцией		-			
Петля Мебиуса и аббревиатура (код) материала, из которого изготовлена упаковка		-			
Дополнительная маркировка					
Пояснение о выпадении хлопьев (осадка) при хранении в условиях холодильника	В бутылке возможен незначительный осадок	Допускается выпадение осадка	Отсутствует	Масло может кристаллизироваться или иметь видимый осадок, что не влияет на качественные характеристики продукта	Допускается естественный осадок
Маркировка на кольеретке	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Страна происхождения	Россия	Россия	Россия	Словения	Россия

Исследование ассортимента тыквенного масла в гипермаркетах «МЕТРО», «Перекресток», «Магнит» и в мастерской «Астраханский маслодел» показало, что представленных на рынке г. Астрахани незначительно, что свидетельствует о низкой осведомленности пользы тыквенного масла, непопулярности у потребителя и определенные вкусовые предпочтения потребителей (например, потребители предпочитают использовать подсолнечное или оливковое масло из-за привычного характерного вкуса).

Для определения качественных характеристик масел, соответствия заявленной информации производителя на упаковке дальнейшие исследования были направлены на изучение органолептических показателей качества образцов тыквенного масла. На рисунке 2 представлены образцы исследуемых тыквенных масел.

В таблице 3 представлены результаты органолептических показателей качества растительных масел.



Таблица 3

Сравнительные результаты сенсорной оценки качества тыквенных масел

Показатель	Результаты для масла тыквенного/нерафинированного				
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Запах	запах приятный с ореховыми нотками	приятный запах, свойственный тыквенному маслу	запах резкий неприятный, запах подсолнечного масла	Неприятный, запах подгорелых семян тыквы	приятный запах семян тыквы
Вкус	с горечью	насыщенный ореховый	Неприятный терпкий	с горечью	приятный ненавязчивый
Цвет	Темно-зеленый	Коричнево-красный	Темно-коричневый	Темно-зеленый	Желтый, с оливковым оттенком

При анализе органолептических показателей, выяснилось, что не все образцы имеют приятный запах, цвет и вкус, как указано на этикетках производителей. Также, по цвету – под описание, заявленное в нормативных документах, указано, что тыквенное масло должно быть желтого цвета с зеленоватым оттенком, но только три образца имеют нужный цвет. Исходя из исследований по органолептическим показателям, наилучшими качественными характеристиками обладал образец 5, в то время как образцы 1 и 4 имеют горькость при вкусовом методе анализа, а образцы 2 и 3 имеют не характерный цвет для натурального тыквенного масла. Образец 2 имеет приятный запах семян тыквы и насыщенный вкус. Таким образом, можно отметить, что не все производители качественно подходят к изготовлению данного продукта.

Согласно ГОСТ 5472-50 испытуемое масло считается прозрачным, если оно не имеет мути или взвешенных хлопьев. Для достоверности определения прозрачности была определена оптическая плотность исследуемых образцов. Эффективность данного анализа состоит в том, что все вещества по-разному поглощают свет при разной длине волны. Результаты определений оптической плотности масел, определенных на спектрофотометре, представлены на рисунке 3.

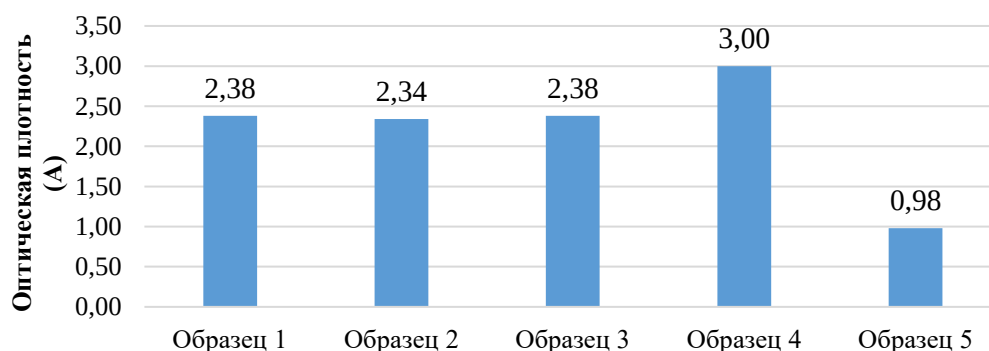


Рис. 3. Диаграмма значений оптической плотности пищевых растительных масел

По результатам определения прозрачности по показателю оптической плотности тыквенных масел можно сделать вывод, что образец 5 обладает наименьшей оптической плотностью, имеет меньшую вязкость и при отстаивании прозрачный, без мути. Образец 4 показал результат по оптической плотности поскольку является наиболее плотным, густым и темного цвета из всех исследуемых образцов. Наиболее приемлемые по показателю явились образцы 1, 2 и 3. Все образцы масел не имели взвешенных хлопьев. Дальнейшие исследования были направлены на определение антиоксидантной активности образцов.

На рисунке 4 представлены результаты антиоксидантной активности тыквенных масел.

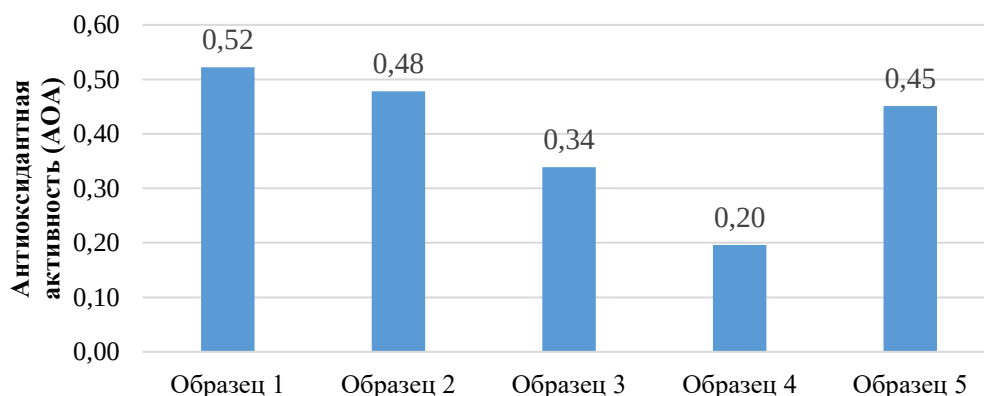


Рис. 4. Результаты антиоксидантной активности тыквенных масел

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшей антиоксидантной активностью обладают образцы 1, 2 и 5 при всех исследуемых концентрациях. Незначительно по показателю АОА отличается образец 3, наименьшей АОА обладает образец 4.

Выявленные различия в антиоксидантной активности могут быть обусловлены несколькими факторами. Высокие показатели образцов 1, 2 и 5, вероятно, связаны с оптимальным содержанием токоферолов и токотриенолов - основных антиоксидантных компонентов тыквенного масла, а также с применением щадящих технологий экстракции, позволяющих сохранить биологически активные вещества. Сниженная активность образца 3 может объясняться сортовыми особенностями исходного сырья или условиями его хранения. Наименьшие значения АОА у образца 4 требуют дополнительного изучения возможных причин, среди которых могут быть как агротехнические факторы выращивания тыквы, так и особенности технологической обработки семян.

Полученные данные согласуются с литературными сведениями о высоком содержании в тыквенном масле соединений с выраженной антиоксидантной активностью. Особое значение имеют токоферолы и токотриенолы, которые не только проявляют антиоксидантные свойства, но и оказывают гиполипидемическое действие. Это подтверждает перспективность использования тыквенного масла с высокой АОА для создания функциональных пищевых продуктов, биологически активных добавок и специализированных косметических средств. При сравнении с другими растительными маслами тыквенное масло демонстрирует конкурентные преимущества по содержанию биологически активных веществ. Таким образом, обобщая результаты по определению прозрачности и антиоксидантной активности образцов растительных масел можно сделать следующие выводы, что образцы 1, 2 и 3 являются наиболее приемлемыми. Однако образец 2 имеет наилучшие органолептические показатели в то время, как образцы 1 и 3 имеют горечь. Стоит отметить, что по всем исследуемым показателям рекомендуемым для потребления тыквенным маслом можно считать образец 2.

В последние годы тыквенное масло стало важным продуктом на российском рынке. Спрос на него возрастает из-за желания потребителей выбрать более здоровые и натуральные продукты. [7, 10]. Рынок тыквенного масла в России демонстрирует позитивные тенденции и перспективы для бизнеса и подкрепляется растущим признанием преимуществ для здоровья, связанных с множеством полезных свойств, включая богатый витаминный и жирнокислотный состав, о чем свидетельствует его активное использование как в кулинарии, так и в медицине [2].

Проведенные исследования органолептических, физико-химических и антиоксидантных показателей тыквенных масел позволили выявить существенные различия в качестве продукции различных производителей. Наилучшие показатели по



совокупности параметров продемонстрировал образец 5, который соответствовал нормативным требованиям по цвету, прозрачности и органолептическим свойствам, а также показал высокую антиоксидантную активность. При этом другие образцы имели отклонения по ключевым характеристикам: посторонние вкусовые оттенки (1, 4), нехарактерный цвет (2, 3), повышенную оптическую плотность (4).

При сравнении с другими растительными маслами, такими как масло авокадо (ГОСТ ISO 9936-2024), тыквенное масло демонстрирует конкурентные преимущества по содержанию биологически активных веществ, что подчёркивает необходимость дальнейших исследований по стандартизации его состава и оптимизации технологий производства. Перспективным направлением представляется изучение синергетического эффекта при комбинации тыквенного масла с другими растительными экстрактами, что может привести к созданию новых высокоэффективных продуктов для здорового питания и ухода за кожей. Таким образом, комплексный анализ химического состава и биологической активности тыквенного масла подтверждает его значительный потенциал для широкого практического применения в различных отраслях.

Полученные результаты подчеркивают необходимость более строгого контроля качества на всех этапах производства тыквенного масла - от выбора сырья до технологических процессов. Особое внимание следует уделять стандартизации органолептических показателей и антиоксидантных свойств продукта, что особенно важно для его использования в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию технологических параметров производства для обеспечения стабильно высокого качества продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акабиров Л.И., Гафуров К.Х., Мажидов К.Х. Исследование физико-химической характеристики местных сортов тыквы // Экономика и социум. – 2020. – № 10(77). – С. 338-342.
2. Анализ рынка тыквенного масла в России: текущая ситуация и прогнозы на 2025-2029 годы: <https://alto-group.ru/otchot/rossija/1701-rynok-tykvennogo-masla-v-rossii-tekuschaja-situacija-i-prognoz-2021-2025-gg.html#>
3. Глобальный анализ рынка тыквенного семенного масла, тренд – 2033 Промышленность: Food & Beverages <https://www.sphericalinsights.com/ru/table-of-contents/pumpkin-seed-oil-market>
4. Михалев В.Ю., Николаев И.В., Королёва О.В. Функциональный продукт из мякоти тыквы // Пищевая промышленность. Продукты для оптимального питания. – 2012. – №2. – С. 20-22.
5. Пегова Р.А., Воробьева О.А., Кольчик О.В., Большакова А.Е., Жильцова О.Е., Мельникова Н.Б. Растительные масла. Состав и перспективы использования масла семян тыквы *Cucurbita perov* в терапии (обзор) // Медицинский альманах. – 2014. – №2 (32). – С. 127-134.
6. Пилипенко Т.В., Астафьева В.В., Степанова Н.Ю. Изучение качественных характеристик растительных масел различными методами // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – №39. – С. 90-96.
7. Пилипенко Т.В., Коротышева Л.Б. Качество растительных масел // Инновационная наука. – 2016. – №9 (21). – С. 75-77.
8. Тыква: площади и сборы в России в 2001-2021 гг. Экспертно-аналитический центр агробизнеса "АБ-Центр" <https://ab-centre.ru/news/tykva-ploschadi-i-sbory-v-rossii-v-2001-2021-gg>
9. Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии / под общ. ред. академика РАН В.А. Тутельяна. – Москва: «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2023. – 504 с. : ил.



10. Чечета О.В., Сафонова Е.Ф., Сливкин А.И. Экспресс-анализ в оценке качества растительных масел и масляных экстрактов // Образовательный вестник «Сознание». – 2008. – №5. – С. 254-255.

REFERENCES

1. Akabirov L.I., Gafurov K.Kh., Majidov K.Kh. Study of the physicochemical characteristics of local pumpkin varieties // Economy and Society. - 2020. - No. 10 (77). - pp. 338-342.
2. Pumpkin Seed Oil Market Analysis in Russia: Current Situation and Forecasts for 2025-2029: <https://alto-group.ru/otchet/rossija/1701-rynok-tykvennogo-masla-v-rossii-tekuschaja-situacija-i-prognoz-2021-2025-gg.html#>
3. Global Pumpkin Seed Oil Market Analysis, Trend – 2033 Industry: Food & Beverages <https://www.sphericalinsights.com/ru/table-of-contents/pumpkin-seed-oil-market>
4. Mikhalev V.Yu., Nikolaev I.V., Koroleva O.V. Functional Product from Pumpkin Pulp // Food Industry. Products for Optimal Nutrition. – 2012. – No. 2. – pp. 20-22.
5. Pegova R.A., Vorobyeva O.A., Kolchik O.V., Bolshakova A.E., Zhiltsova O.E., Melnikova N.B. Vegetable oils. Composition and prospects for the use of pumpkin seed oil Cucurbita pepo in therapy (review) // Medical almanac. - 2014. - No. 2 (32). - pp. 127-134.
6. Pilipenko T.V., Astafieva V.V., Stepanova N.Yu. Study of the qualitative characteristics of vegetable oils by various methods // Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. - 2015. - No. 39. - pp. 90-96.
7. Pilipenko T.V., Korotysheva L.B. Quality of vegetable oils // Innovative science. – 2016. – No. 9 (21). – pp. 75-77.
8. Pumpkin: areas and harvests in Russia in 2001-2021. Expert and analytical center of agribusiness "AB-Center" <https://ab-centre.ru/news/tykva-ploschadi-i-sbory-v-rossii-v-2001-2021-gg>
9. Fundamental and applied aspects of nutrition and dietetics / edited by academician of the Russian Academy of Sciences V.A. Tutelyan. – Moscow: "Medical Information Agency" Publishing House, 2023. – 504 pp. : ill.
10. Checheta O.V., Safonova E.F., Slivkin A.I. Express analysis in assessing the quality of vegetable oils and oil extracts // Educational Bulletin "Consciousness". – 2008. – No. 5. – pp. 254-255.



Разработка фруктового ароматизированного игристого сидра, обогащенного композицией трав уральского региона

Development of fruit-flavored sparkling cider enriched with a composition of herbal from the ural region

Профессор, д.т.н. Г.Б. Пищиков, зав. кафедрой, к.т.н. В.А. Лазарев
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», кафедра биотехнологии и инжиниринга, тел. +79030848377
lazarva@usue.ru

Professor, Doctor of Engineering G.B. Pishchikov, Head of Department, Candidate of Engineering V.A. Lazarev
Ural State University of Economics, chair of Biotechnology and Engineering, tel. +79030848377
lazarva@usue.ru

Аннотация. В статье рассматривается разработка инновационного напитка – фруктового ароматизированного игристого сидра, обогащенного композицией трав, характерных для Уральского региона. Целью работы стало создание функционального продукта с улучшенными органолептическими и физико-химическими свойствами. Представлен подбор состава травяной композиции, способной не только улучшить аромат и вкус напитка, но и обогатить его биологически активными веществами. В ходе исследований проведен анализ органолептических и физико-химических показателей готового продукта. Также представлены результаты влияния вносимых трав на повышение антиоксидантной активности продукта (увеличилась в три раза), на повышение содержания дубильных веществ (произошло увеличение в два раза), на увеличение содержания водо- и жирорастворимых витаминов: содержание витамина B1 выросло на 55 мкг, B5 на 68 мкг, B6 на 35 мкг, D3 на 0,8 мкг, увеличение других витаминов произошло в незначительных количествах. Результаты показали, что разработанный напиток обладает высокими потребительскими характеристиками, оригинальным вкусом.

Abstract. The article discusses the development of an innovative beverage – a fruit-flavored sparkling cider enriched with a composition of herbs typical for the Ural region. The aim of the work was to create a functional product with improved organoleptic and physical-chemical properties. The article presents the selection of the composition of the herbal composition, which can not only improve the aroma and taste of the beverage, but also enrich it with biologically active substances. The research included an analysis of the organoleptic and physical-chemical properties of the finished product. The results also show the effect of the added herbs on the increase in the antioxidant activity of the product (it increased three times), on the increase in the tannin content (it increased twofold), and on the increase in the content of water- and fat-soluble vitamins: the content of vitamin B1 increased by 55 µg, vitamin B5 increased by 68 µg, vitamin B6 increased by 35 µg, vitamin D3 increased by 0.8 µg, and the content of other vitamins increased slightly. The results showed that the developed drink has high consumer characteristics and an original taste.

Ключевые слова: сидр, мята, брожение, антиоксидантная активность, яблочный сок, оценка качества, слабоалкогольный напиток.

Keywords: cider, mint, fermentation, antioxidant activity, apple juice, quality assessment, low-alcohol beverage.

Производство слабоалкогольных напитков является одной из быстрорастущих и развивающихся сфер в пищевой отрасли России. Одним из таких напитков является сидр. Плодоводством в России занимаются давно, ведь климатические и почвенные условия позволяют выращивать различные сорта яблок, а также продукты, которые могут быть добавлены в сидр для улучшения различных свойств. В России все восемь зон позволяют заниматься промышленным садоводством. В Уральском регионе общая площадь плодовых насаждений более 33,3 тыс.га.



В 2023 году было произведено 4,951 млн дал сидра, что на 17,4 % меньше, чем в 2024. Рынок все больше пополняется новыми оригинальными решениями от производителей, их число с каждым годом растет. Компании по производству сидра с каждым годом стараются усовершенствовать рецептуру сидра добавляя в него различные ароматические добавки и биологические активные вещества для повышения ароматических и физико-химических свойств продукта.

Сидр - представляет собой обычно слабоалкогольный напиток с объемной долей этилового спирта от 1,2 % до 6,0 %. Для его производства применяют яблочное сусло и восстановленный яблочный сок. Во время технологического процесса также могут добавляться различные добавки в виде фруктов, трав, специй и др. Стоит отметить, что для сидра вместо яблочного сырья могут применяться груши, в результате чего напиток будет представлять собой пуаре, иными словами, грушевый сидр [1].

На данный момент в нашей стране самыми популярными вкусами остаются «Яблоко» (80,4 %), «Груша» (36,1 %) и «Лесные ягоды» (9,1 %), но также стоит учесть, что около 20 % покупателей хотели бы видеть на нашем рынке новые вкусы.

В яблоках содержится множество различных витаминов: витамин С - 13 мг на 100 г; витамин В1 - 0,01 мг на 100 г; витамин В2 - 0,03 мг на 100 г; витамин В4 - 3,4 мг на 100 г; витамин РР - 0,3 мг на 100 г.

При переработке яблок на сидры витамины принимают участие в многочисленных биохимических процессах и претерпевают существенные изменения. Концентрация витаминов зависит от сортовых особенностей яблок и времени их сбора. Концентрация витаминов в результате спиртового брожения снижается, к примеру С в 2,4 раза, В2 - в 1,5 раза, В1 - в 1,3 раза, РР - в 1,2 раза [2, 3].

Таким образом, состав сидра в зависимости от используемого сырья может быть разнообразным. Вода является основным компонентом сидра, ее содержание более 80 % в напитке. Калорийность напитка примерно составляет от 47 - 117 ккал на 100 грамм, белки 0,5 г (0,7 %), углеводы — 5,5 г (2,5 %), пищевые волокна — 0,5 г (2,5 %). Основные химические вещества представлены в таблице 1.

Таблица 1

Вещества в составе сидра

Наименование вещества	Содержание на готовый продукт
Метанол, мг/л	50-300
Эфиры, г/л	0,04-0,20
Высшие спирты, мг/л	50-100
Летучие кислоты, мг/л	0,59-2,11
Глицерин, г/л	3,0-5,7
Фенольные вещества, г/л	0,6-9,0
Сорбит, г/л	1,3-6,6
Кислоты органические, г/л	2,63-4,6
Азотистые вещества, г/л	0,05-0,15
Камень, г/л	0,04-1,2

Для производства сидра важным фактором является выбор сортов яблок исходя из их химического состава. В готовом продукте может не хватать различных химических компонентов для приготовления сидра с конкретным вкусом и ароматом. Можно выделить нехватку танина в некоторых сортах яблок, а также уменьшение витаминов во время производства сидра [4 - 6].

Травы, фрукты и ягоды могут добавляться в сидр для решения множества различных задач. Их использование в производстве является важным аспектом. В зависимости от желаемых целей в производстве сидра можно улучшить физико-химические и органолептические свойства благодаря применению трав, фруктов и ягод.

Цель исследований разработка фруктового ароматизированного игристого сидра, обогащенного композицией трав Уральского региона.



Для изготовления сока были использованы сорта зимние и осенние яблок Симиренко, Гренни Смит, Рэд Чиф, и Айдаред. По сравнению с летними сортами яблок, они содержат в себе больше сахаров, дубильных веществ и органических кислот. Каждый сорт яблок подвергался инспекции, сортировке, мойке, а также органолептическому анализу.

Яблоки Симиренко, Гренни Смит, Рэд Чиф и Айдаред полностью соответствуют нормам и характеристикам ГОСТ 27572-2017 «Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия». Учитывая их вкусо-ароматические характеристики, данные яблоки подходят для приготовления сидра.

В результате проведения органолептической оценки яблок было принято решение взять следующие количество плодов: Симиренко – 2,1 кг; Гренни Смит – 2,6 кг; Рэд Чиф – 1,8 кг; Айдаред – 9,1 кг; Общая масса яблок – 15, 6 кг.

После того как яблоки прошли этапы инспекции, мойки и сенсорного анализа следует процесс получения сока, который состоит из измельчения, прессования (табл. 2). Часть мякоти после измельчения яблок пошла на этап мацерации для увеличения выхода сока.

Таблица 2

Результаты выхода сока из взятой массы яблок

Сорт яблок	Масса яблок	Объем выжатого сока
Симиренко	2,1 кг	850 мл
Гренни Смит	2,6 кг	1740 мл
Рэд Чиф	1,8 кг	880 мл
Айдаред	9,1 кг	2820 мл

Полученный яблочный сок для приготовления сидра должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 702.1.003-2020 «Российская система качества. Сок яблочный. Потребительские испытания».

В таблице 3 представлены результаты проведения исследования качества органолептических показателей свежесжатого полученного яблочного сока.

Таблица 3

Результаты органолептической оценки свежесжатого яблочного сока

Показатель	Фактические значения	Нормируемые значения
Внешний вид	Жидкость однородная и непрозрачная с равномерно распределенной тонкоизмельченной мякотью	Однородная непрозрачная жидкость с равномерно распределенной тонкоизмельченной мякотью или без нее. Допускается осадок на дне упаковки
Вкус и запах	Выраженные яблочные ноты, свойственные использованному для него сырью, без посторонних привкусов и запахов	Выраженные, свойственные яблочному соку. Не допускаются посторонние привкус и запаха
Цвет	Однородный по всей массе, свойственный цвету используемых мякоти яблок	Однородный по всей массе, свойственный цвету сырья, из которого был изготовлен сок

В таблице 4 представлены результаты физико-химической оценки исследуемого сока.

Таблица 4

Результаты физико-химической оценки свежесжатого яблочного сока

Показатель	Фактические значения	Нормируемые значения
Массовая доля титруемых кислот, % в перерасчете на яблочную кислоту	0,65	Не более 0,8
Массовая доля сухих веществ %	12,2	Не менее 10,0
Массовая доля сахара %	10,1	-
pH	3,67	-

В сидр травы можно добавлять различными способами: на этапе брожения, во время настаивания, и уже в готовый продукт, в виде настоев, настоек, сиропов.



Для приготовления фруктового ароматизированного игристого сидра было принято решение добавлять травы уже в готовый продукт. Так как данный способ позволяет лучше контролировать концентрацию вкусовых компонентов и выявление подходящей концентрации вносимых добавок.

Выбор трав основывался на сырье, которое используется для приготовления вермутов, травяных ликеров, а также сидров с ягодными-травяными вкусами. Также учитывалось, чтобы используемые травы произрастали в Уральском регионе. В таблице 5 представлены травы и их количество для приготовления настойки.

Настойки — это формы экстракта, которые представляют собой спиртовые или видно-спиртовые извлечения, получаемые из используемого сырья. Используемое сырье может быть как свежим, так и высушенным. Настойки готовят в соотношении 1:5 и 1:10. Настойки должны обладать запахом и вкусом, характерным для сырья, из которого их получают.

Таблица 5

Травы, используемые для приготовления настойки на 1л этилового спирта 40%

Продукт	Масса	Содержание	Основное ароматическое вещество.
Душица	3 г	0,3%	Основной ароматический компонент – Карвакрол, который придает пряный, слегка горьковатый и травянистый вкус, с возможным ощущением лёгкого жжения.
Шалфей	1 г	0,1%	Основной ароматический компонент – Туйон. Придает горький, слегка ментоловый вкус и аромат
Мята	40 г	4%	Богата эфирным маслом ментолом, который придаёт ей освежающий аромат и охлаждающий эффект
Листья смородины	14 г	1,4%	Основной ароматический компонент – Сабинен. Он придаёт листьям смородины характерный древесно-камфорный оттенок.
Листья малины	12 г	1,2%	Основной ароматический компонент – Малиновый кетон (4-(4-гидроксифенил) бутанон-2).
Мелиса	30 г	3%	Основной ароматический компонент – Цитраль и Цитронеллаль. Придают мелисе характерный лимонный аромат

После того как травы были добавлены в этиловый спирт их поставили на мацерацию в темное место при комнатной температуре в течении 2 месяцев, после чего отфильтровали и поставили на стабилизацию в течение 15 дней.

Получившаяся настойка обладает характерным ярким и сложным травяным ароматом. В верхних нотах ощущается ментол, цитраль и цитронеллаль, которые являются главными ароматическими компонентами мяты и мелисы. Средними нотами выступают в виде карвакрола с сабином, которые являются главными компонентами душицы и смородины. В конце ощущается небольшая пряность. Цвет коричневый. Вкус травяной с отчетливой горчинкой и свежестью, а также жжением.

По завершению приготовления настойки приступили к изготовлению настоя из трав. Готовили его горячим способом: 40 грамм каждого следующего ингредиента – листья смородины, малины, и 20 грамм душицы залили одним литром кипяченной водой и дали настояться в течении 15 минут.

Получившийся настой обладает небольшим ощущением травянистости, в котором гармонично сочетаются листья ягодных трав с душицей. Цвет светло коричневый. Вкус также травяной с горючестью и кислинкой.

Затем приступили к объединению настоя и настойки из трав. Это требуется, для приближения содержания этилового спирта к изготавливаемому продукту. Также было важно в результате смешивания сохранить достоинства каждого аромата в настойке и настое. В таблице 6 представлены результаты смешивания настоя и настойки.



Таблица 6

Результаты смешивания настоя и настойки

Пропорция настоя к настойке	Баланс	Содержание этилового спирта	Общие впечатления
95:5	Доминирование нот аромата настоя над настойкой.	2%	Настой из трав полностью перекрывает ноты аромата настойки. Отсутствие свежести в за- пахе. Содержание этилового спирта ниже, чем в изготавливаемом сидре.
90:10	Слабое доминирование нот аромата настоя над настойкой	4%	Ощутимы слабые ноты настойки, но все еще не хватает сложности в аромате. В запахе по- явились малые количества нот трав мелисы мяты. Содержание этилового спирта так же мало, чем в изготавливаемом сидре.
85:15	Оба смешивающихся компонента гармо- нично дополняют друг друга	6%	В аромате чувствуются ноты обоих смешива- ющихся компонентов. Присутствие сложно- сти. Содержание этилового спирта прибли- жено к изготавливаемому сидру.
80:20	Оба компонента также гармонично допол- няют друг друга.	8%	В аромате чувствуются ноты обоих смешива- ющихся компонентов. Присутствие сложно- сти. Содержание этилового спирта выше, чем в изготавливаемом сидре.
75:25	Небольшое доминиро- вание нот аромата настойки над настоем.	10%	Аромат сохраняет сложность, но содержание спирта выше, чем в изготавливаемом сидре.
70:30	Доминирование нот аромата настойки над настоем.	12%	Аромат сохраняет сложность, но содержание спирта выше, чем в изготавливаемом сидре.

Опытным путем была установлена концентрация 85 % настоя и 15 % настойки, так как при таком соотношении получается гармоничный аромат и содержание этилового спирта приближено к изготавливаемому сидру. В таблице 7 представлены органолептические показатели получившийся композиции экстрактов трав.

Таблица 7

Органолептические показатели изготовленной композиции трав

Показатель	Фактические значения
Аромат	Травяной сложный аромат. Верхние ноты выступают в роли главных ароматических веществ таких трав как мята, мелиса и душица. В средних нотах ощущаются древесные ноты, главным которым выступает ароматический компонент смородины – сабинен. В конце ощущаются слабые ноты смородины и шалфея.
Вкус	Характерный изготавливаемому сырью, горький с небольшой кислинкой.
Цвет	Коричневый

Еще одним вносимым компонентом является сироп из мяты. Для его изготовления в количестве 280 грамм требуется: мята – 200 гр; сахар – 300 гр; вода – 100 мл; лимонная кислота – 1,3 гр [7].

Была проведена органолептическая оценка внесения в различных концентрациях сиропа мяты и экстракта трав. В напиток было добавлено по 6 мл каждой добавки. Итоговое впечатление при добавлении в напиток мятного сиропа и экстракта трав Уральского региона представлено в таблице 8 согласно ГОСТ Р 59170-2020 «Сидры фруктовые и сидры фруктовые ароматизированные. Общие технические условия».



Таблица 8

Органолептические характеристики полученного напитка

Наименование показателя	Образец – сидр контрольный	Образец – сидр обогащенный
Внешний вид	Прозрачная жидкость с наличием осадка в виде дрожжей, без посторонних включений. При наливке в бокал присутствует пена и выделение углекислого газа.	Непрозрачная жидкость с наличием осадка в виде дрожжей и небольшим количеством взвесей. При наливке в бокал присутствует пена и выделение углекислого газа.
Цвет	Светло-желтый	Темно-золотой
Вкус	Кисловатый с мало ощутимой горчинкой и приятным яблочным послевкусием.	Кисло - сладкий и немного терпкий с приятным травяным, яблочным послевкусием.
Аромат	Яблочный и спиртовый	Травяной, яблочный и спиртовый

В ходе проведения органолептической оценки было выявлено соответствие образцов ГОСТ Р 59170-2020 «Сидры фруктовые и сидры фруктовые ароматизированные. Общие технические условия».

Физико-химическая оценка также проводилась согласно ГОСТ Р 59170-2020 «Сидры фруктовые и сидры фруктовые ароматизированные. Общие технические условия». Результаты, который представлены в таблице 9.

Таблица 9

Результаты оценки физико-химических показателей образцов

Наименование показателя	Норма по ГОСТ	Образец – сидр контрольный	Образец – сидр обогащенный
Объёмная доля этилового спирта	Не более 6	5,8	5,88
Массовая концентрация титруемых кислот в пересчёте на яблочную кислоту, г/дм ³	Не менее 4	28,14	30,15
рН	Не нормируется	4,95	4,8
Массовая концентрация остаточного экстракта, г/дм ³	Не менее 12	12,5	14,5
Массовая концентрация общего диоксида серы, мг/дм ³	Не более 200	70,7	114,6
Давление СО ₂ в бутылке, кПа.	Не менее 250	250	290

В результате проведения физико-химической оценки по данным представленным в таблице 9, можно сделать умозаключение, что образцы полностью соответствуют требованиям ГОСТ Р 59170-2020 «Сидры фруктовые и сидры фруктовые ароматизированные. Общие технические условия».

Также одними из важных характеристик напитка являются антиоксидантная активность и дубильные вещества, которые влияют на вкус и потенциальную пользу для организма человека [8 - 9]. Добавление экстрактов трав Уральского региона и мятного сиропа благоприятно повлияло на состав и физико-химические показатели игристого сидра. В сравнении с контрольным образцом антиоксидантная активность при добавлении добавок увеличилась более чем в три раза – 0,645 к 2,099. Дубильных веществ стало ровно в 2 раза больше – 0,021 к 0,042.

Сидр, обогащенный добавками, также имеет большую калорийность, из-за добавления мятного сиропа, в котором содержатся сахара, являющимися углеводами.

Сидр, обогащенный композицией экстрактов трав Уральского региона, является более богатым источником витаминов по сравнению с контрольным образцом (табл. 10). Связано это с тем, что травы, входящие в состав экстракта, содержат витамины, которые после экстракции и их добавления в продукт повышает общее содержание почти всех витаминов.



Таблица 10

Витаминный состав образцов сидра

Название витамина	Образец – сидр контрольный		Образец – сидр обогащенный	
	На 100 мл	% от нормы	На 100 мл	% от нормы
Витамин С (аскорбиновая кислота)	10 мкг	0,12%	14 мкг	0,17%
Витамин В1 (тиамин)	220 мкг	14,67%	275 мкг	23,91%
Витамин В2 (рибофлавин)	6 мкг	0,5%	21 мкг	1,75%
Витамин В5 (пантотеновая кислота)	0 мкг	0 %	68 мкг	1,36%
Витамин В6 (пиридоксин)	3 мкг	0,23%	38 мкг	2,92%
Витамин В9 (фолиевая кислота)	12 мкг	3%	12 мкг	3%
Витамин РР (никотиновая кислота)	68 мкг	0,45%	293 мкг	1,95%
Витамин А (ретинол ацетат)	0,9 мкг	0, 11%	1,6 мкг	0,2%
Витамин D3 (кальциферол)	0,5 мкг	3,33%	1,3 мкг	8,67%
Витамин Е (альфа-токоферол ацетат)	9,4 мкг	0,063%	9,2 мкг	0,061%

Стоит отметить, что при обогащении экстрактами трав удалось добиться повышения содержания витаминов и при этом сохранить баланс между травяными и яблочными вкусовыми характеристиками сидра, что было подтверждено по результатам органолептической оценки.

Установлено, что фруктовый ароматизированный игристый сидр, обогащенный композицией экстрактов трав Уральского региона, соответствует всем регламентирующим документам и имеет улучшенные органолептические и физико-химические показатели в сравнении с контрольным образцом.

Исследована антиоксидантная активность и витаминный состав фруктового ароматизированного игристого сидра, обогащенного композицией экстрактов трав Уральского региона. Полученные результаты свидетельствуют о повышении антиоксидантной активности более чем три раза и увеличению почти всего витаминного состава по сравнению с контрольным образцом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брашко И.С., Пищиков Г.Б. Разработка технологии и оценка качества сортового сидра из яблок уральской селекции // Биотехнология и биомедицинская инженерия: сб. науч. трудов по матер. XIII Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 88-летию Курского государственного медицинского университета: Курский государственный медицинский университет, 2023. – С. 53-55.
2. Schwartz M, de Beer D, Marais J. The potential of red-fleshed apples for cider production. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2025 May;24(3):e70167. doi: 10.1111/1541-4337.70167. PMID: 40183642; PMCID: PMC11970353.
3. Ширшова А.А., Агеева Н.М., Ульяновская Е.В., Чернуцкая Е.А. Изучение трансформации компонентного состава плодов яблони в сидр // Техника и технология пищевых производств. – 2023. – Т. 53, № 1. – С. 159-167. – DOI 10.21603/2074-9414-2023-1-2423.
4. Агеева Н.М., Ширшова А.А., Храпов А.А. [и др.] Содержание витаминов в яблочных соках и приготовленных из них сидрах // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92, № 2(546). – С. 116-123. – DOI 10.33029/0042-8833-2023-92-2-116-123.
5. Хоконов А.Б., Шхашамишев Х.Т., Балкаров М.В. Исследование витаминного состава сока и сидра из яблок зимних сроков созревания // Биология в сельском хозяйстве. – 2023. – №1. – С.25-28.
6. Wu Y, Li Z, Zou S, Dong L, Lin X, Chen Y, Zhang S, Ji C, Liang H. Chemical Composition and Flavor Characteristics of Cider Fermented with *Saccharomyces cerevisiae* and Non-*Saccharomyces cerevisiae*. Foods. 2023 Sep 26;12(19):3565. doi: 10.3390/foods12193565. PMID: 37835218; PMCID: PMC10572567.
7. Пищиков Г.Б., Лазарев В.А. Оценка эффективности процесса биогенерации в модернизированной установке шампанизации вина // Индустрия питания. – 2024. – Т. 9 - № 3. – С. 43-55. – DOI 10.29141/2500-1922-2024-9-3-5.



8. Llavata B, Picinelli A, Simal S, Cárcel JA. Cider apple pomace as a source of nutrients: Evaluation of the polyphenolic profile, antioxidant and fiber properties after drying process at different temperatures. *Food Chem X*. 2022 Jul 26;15:100403. doi: 10.1016/j.fochx.2022.100403. PMID: 36211758; PMCID: PMC9532687.

9. Чалдаев П.А., Гнездилов Г.А. Влияние различных штаммов дрожжей на качество традиционного сидра // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2021. – № 5(70). – С. 99-102. – DOI 10.33979/2219-8466-2021-70-5-99-102.

10. Агеева Н.М., Ширшова А.А., Храпов А.А., Тихонова А.Н., Ульяновская Е. В., Чернущкая Е.А. Содержание витаминов в яблочных соках и приготовленных из них сидрах // *Вопросы питания*. 2023. №2 (546). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-vitaminov-v-yablochnyh-sokah-i-prigotovlennyyh-iz-nih-sidrah>.

REFERENCES

1. Brashko I.S., Pishchikov G.B. Development of technology and quality assessment of varietal cider from Ural apples // *Biotechnology and biomedical engineering: collection of scientific papers on the materials of the XIII All-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 88th anniversary of Kursk State Medical University: Kursk State Medical University*, 2023. – pp. 53-55.

2. Schwartz M, de Beer D, Marais J. The potential of red-fleshed apples for cider production. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2025 May;24(3):e70167. doi: 10.1111/1541-4337.70167. PMID: 40183642; PMCID: PMC11970353.

3. Shirshova A.A., Ageeva N.M., Ulyanovskaya E.V., Chernutskaya E.A. Study of the transformation of the component composition of apple fruits into cider // *Equipment and technology of food production*. – 2023. – Т. 53, No. 1. – pp. 159-167. – DOI 10.21603/2074-9414-2023-1-2423.

4. Ageeva N.M., Shirshova A.A., Khrapov A.A. [and others] Content of vitamins in apple juices and ciders prepared from them // *Questions of nutrition*. – 2023. – Т. 92, No. 2(546). – pp. 116-123. – DOI 10.33029/0042-8833-2023-92-2-116-123.

5. Khokonov A.B., Shkhashamishv H.T., Balkarov M.V. Study of vitamin composition of juice and cider from winter-ripening apples // *Biology in Agriculture*. – 2023. – No. 1. – pp. 25-28.

6. Wu Y, Li Z, Zou S, Dong L, Lin X, Chen Y, Zhang S, Ji C, Liang H. Chemical Composition and Flavor Characteristics of Cider Fermented with *Saccharomyces cerevisiae* and Non-*Saccharomyces cerevisiae*. *Foods*. 2023 Sep 26;12(19):3565. doi: 10.3390/foods12193565. PMID: 37835218; PMCID: PMC10572567.

7. Pishchikov G.B., Lazarev V.A. Evaluation of the efficiency of the biogeneration process in a modernized wine champagne production unit // *Food Industry*. – 2024. – Vol. 9 – No. 3. – pp. 43-55. – DOI 10.29141/2500-1922-2024-9-3-5.

8. Llavata B, Picinelli A, Simal S, Cárcel JA. Cider apple pomace as a source of nutrients: Evaluation of the polyphenolic profile, antioxidant, and fiber properties after drying at different temperatures. *Food Chem X*. 2022 Jul 26;15:100403. doi: 10.1016/j.fochx.2022.100403. PMID: 36211758; PMCID: PMC9532687.

9. Chaldae P.A., Gnezdilov G.A. The influence of different yeast strains on the quality of traditional cider // *Technology and commodity science of innovative food products*. – 2021. – No. 5 (70). – pp. 99-102. – DOI 10.33979/2219-8466-2021-70-5-99-102.

10. Ageeva N.M., Shirshova A.A., Khrapov A.A., Tikhonova A.N., Ulyanovskaya E.V., Chernutskaya E.A. Vitamin content in apple juices and ciders made from them // *Nutrition Issues*. 2023. No. 2 (546). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-vitaminov-v-yablochnyh-sokah-i-prigotovlennyyh-iz-nih-sidrah>.



**Применение комплексного CO₂-экстракта
в качестве природного антиоксиданта в мясорастительных
паштетах геродиетического назначения**

**Use of a complex CO₂ extract
as a natural antioxidant in meat-vegetable pates for
gerodietetic purposes**

Ассистент П.П. Саранчук, профессор, д.т.н. А.А. Запорожский, доцент, к.т.н.
С.П. Запорожская
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», кафедра био-
технологии и продуктов питания животного происхождения
antvga@mail.ru

Assistant P.P. Saranchuk, Professor, Doctor of Engineering Sciences
A.A. Zaporozhsky, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences
S.P. Zaporozhskaya
Kuban State Technological University, chair of Biotechnology and Animal Food Products
antvga@mail.ru

Аннотация. В работе научно обосновано применение комплексного CO₂-экстракта растительного происхождения в качестве функционального антиоксидантного модуля в мясорастительных паштетах геродиетического назначения. Показано, что его внесение обеспечивает эффективную синергетическую защиту липидной фазы от окислительной деструкции, значительно замедляя образование как первичных, так и вторичных продуктов перекисного окисления липидов. При этом сохраняются ключевые функционально-технологические характеристики и высокая органолептическая приемлемость продукта. Полученные данные подтверждают перспективность использования комплексного CO₂-экстракта в качестве биологически активного ингредиента, способствующего повышению окислительной стабильности, пищевой ценности и потребительских свойств функциональных пищевых систем, ориентированных на питание пожилых людей.

Abstract. The paper provides a scientific rationale for the use of a complex CO₂ extract of plant origin as a functional antioxidant module in meat-and-vegetable pâtés for gerontological purposes. It has been shown that its addition provides effective synergistic protection of the lipid phase from oxidative degradation, significantly slowing down the formation of both primary and secondary products of lipid peroxidation. At the same time, the key functional and technological characteristics and high organoleptic acceptability of the product are preserved. The obtained data confirm the prospects of using a complex CO₂ extract as a biologically active ingredient that enhances the oxidative stability, nutritional value, and consumer properties of functional food systems designed for the elderly.

Ключевые слова: геродиетика, мясорастительный продукт, комплексный CO₂-экстракт, натуральные антиоксиданты, окислительная стабильность.

Keywords: herodietics, meat-and-vegetable product, complex CO₂ extract, natural antioxidants, and oxidative stability.

Разработка пищевых продуктов, отвечающих возрастным физиологическим потребностям пожилых людей, является одной из приоритетных задач современной геронутрициологии. Для данной категории потребителей особенно важны продукты, сочетающие высокую биологическую и нутриентную ценность, профилактическую направленность, улучшенную усвояемость и технологическую стабильность. В этой связи особую актуальность приобретает стабилизация липидной фазы в



мясорастительных системах, обогащённых полиненасыщенными жирными кислотами растительного происхождения, которые, несмотря на свою пользу для сердечно-сосудистой и нервной систем, обладают высокой склонностью к окислительной деструкции. Интенсивное перекисное окисление липидов не только ухудшает органолептические свойства продукта, но и снижает его питательную эффективность, а также может способствовать образованию цитотоксичных соединений, что особенно нежелательно для ослабленного организма пожилого человека.

В условиях растущего спроса на натуральные и безопасные решения в геродиетике природные антиоксиданты приобретают особую значимость. Среди них выделяются комплексные экстракты, полученные методом сверхкритической CO_2 -экстракции, они не содержат остатков органических растворителей, сохраняют термолабильные биоактивные компоненты, и благодаря многосоставному фитохимическому профилю способны проявлять выраженный синергетический антиоксидантный эффект [1]. Включение таких экстрактов в пищевые системы позволяет не только замедлить окислительные процессы, но и дополнительно обеспечить организм пожилых людей ценными фитонутриентами - скваленом, токоферолами, ресвератролом, полифенолами и тимохиноном, обладающими противовоспалительным, нейропротекторным, кардиопротекторным и общим адаптогенным действием.

Цель исследования научное обоснование применения комплексного CO_2 -экстракта растительного происхождения в мясорастительных паштетах геродиетического назначения, как функционального ингредиента, обеспечивающего окислительную стабильность липидной фазы в процессе хранения при сохранении технологических и органолептических характеристик продукта, а также обогащающего его биологически активными соединениями, полезными для здоровья пожилых людей.

Научная новизна работы заключается в обоснованном подборе и применении оригинальной композиции растительного сырья : семян амаранта, семян винограда, зародышей пшеницы и семян черного тмина для получения комплексного CO_2 -экстракта, функционально ориентированного на стабилизацию мясорастительных паштетов геродиетического назначения. Показано, что именно такая комбинация формирует сбалансированный фитохимический профиль, включающий сквален, токоферолы, ресвератрол, полифенолы и тимохинон, которые не только обеспечивают выраженный синергетический антиоксидантный эффект в отношении липидной фазы, но и обладают дополнительными биологическими свойствами, актуальными для пожилых людей. Полученные результаты вносят вклад в развитие научных основ проектирования натуральных функциональных ингредиентов на основе целенаправленно скомбинированных растительных источников для создания безопасных, стабильных и физиологически ориентированных пищевых продуктов, отвечающих специфическим потребностям пожилых потребителей.

Задачи исследования:

- обосновать состав оригинальной растительной композиции для получения комплексного CO_2 -экстракта с выраженной антиоксидантной активностью;
- разработать рецептуру мясорастительных паштетов с включением комплексного CO_2 -экстракта и оптимизировать технологические параметры его внесения;
- оценить влияние экстракта на окислительную стабильность липидной фазы продукта в процессе хранения по динамике накопления первичных и вторичных продуктов перекисного окисления.

Объект исследования комплексный CO_2 -экстракт растительного происхождения, введённый в состав мясорастительных паштетов. Экстракт получен из смеси семян амаранта, семян винограда, зародышей пшеницы и семян черного тмина [2].

Выбор данной растительной композиции обусловлен её уникальным фитохимическим профилем, объединяющим компоненты с доказанной антиоксидантной и физиологической активностью:

- семена амаранта - богатый источник сквалена, который обладает выраженным антиоксидантным, иммуномодулирующим и мембраностабилизирующим действием, а также способствует защите клеток от окислительного стресса [3];



– семена винограда содержат ресвератрол и проантоцианидины - полифенольные соединения с выраженной антиоксидантной активностью, оказывающие кардио- и нейропротекторное действие, а также способствующие замедлению процессов клеточного старения [4];

– зародыши пшеницы являются природным концентратом токоферолов (витамина Е) - липофильных антиоксидантов, эффективно ингибирующих перекисное окисление липидов в пищевых системах и в организме, защищая клеточные мембраны от повреждения [5];

– семена черного тмина (*Nigella sativa*) вносят в состав тимохинон - биологически активный хинон с противовоспалительными, гепатопротекторными и адаптогенными свойствами, усиливающий общую антиоксидантную защиту [6].

Окислительную стабильность липидной фазы оценивали по динамике накопления первичных и вторичных продуктов перекисного окисления.

Перекисное число (ПЧ) определяли титриметрическим методом с использованием раствора тиосульфата натрия по формуле:

$$\text{ПЧ} = ((V_0 - V_{\text{к}}) \cdot K \cdot 0,0027 \cdot 100) / m \quad (1)$$

где V_0 – объем раствора тиосульфата натрия молярной концентрацией 0,01 М/дм³, пошедшего на титрование при проведении опыта с навеской жира, см³; $V_{\text{к}}$ – объем (0,01 М/дм³) раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование при проведении контрольного опыта (без жира), см³; 0,00127 – количество граммов йода, эквивалентное 1 см³ раствора тиосульфата натрия молярной концентрацией 0,01 М/дм³; K – коэффициент пересчета на раствор тиосульфата натрия точной молярной концентрацией 0,01 М/дм³; m – масса навески исследуемого жира, г.

Тиобарбитуровое число (ТБЧ), отражающее содержание малонового диальдегида (MDA), как маркера вторичного окисления полиненасыщенных жирных кислот рассчитывали по формуле:

$$C = E / (l \cdot \varepsilon) \quad (2)$$

где E – экстинкция; l – длина оптического слоя (толщина кюветы), см; ε – молярный коэффициент экстинкции ($1,56 \cdot 10^5 \text{ см}^{-1} \cdot \text{М}^{-1}$).

Перекисное и тиобарбитуровое число регистрировали через 0, 7 и 14 дня для готовых мясорастительных паштетов при температуре $4 \pm 1^\circ \text{C}$.

Антиоксидантную активность CO_2 -экстрактов измеряли на приборе «ЦветЯуза-01-АА», который позволяет точно определить способность веществ нейтрализовать окислительные процессы. Для подбора оптимальных рецептур и технологических условий применялось (нейросетевая аппроксимация) нейросетевое моделирование с помощью программы Statistica Neural Networks 4.0. Это позволило эффективно спрогнозировать состав продукта и его функциональные свойства без лишних экспериментов.

Для обеспечения максимальной антиоксидантной эффективности и функциональной сбалансированности состав комплексного CO_2 -экстракта был оптимизирован с использованием методов математического моделирования, учитывающих биологическую активность, физико-химические свойства и синергетический потенциал компонентов. В качестве ключевого критерия при расчётах использовалась антиоксидантная активность (АОА): семена винограда - 223 мг/г, семена амаранта - 180 мг/г, семена черного тмина - 175 мг/г, зародыши пшеницы - 150 мг/г. Высокий и дифференцированный уровень АОА у всех компонентов позволил сформировать синергетически усиленную композицию.

В результате расчётов установлено оптимальное соотношение растительных субстратов: 40 % семян амаранта, 30 % семян винограда, 20 % зародышей пшеницы и 10 % семян черного тмина.

Оптимизированное соотношение компонентов комплексного CO_2 -экстракта представлено в таблице 1.



Таблица 1

**Антиоксидантная активность и функциональная роль компонентов
комплексного CO₂-экстракта**

Компонент экстракта	АОА, мг/г	Соотношение (%)	Обоснование выбора соотношения
Семена амаранта	180	40	Источник сквалена, витамина Е и фитостеролов. Обладают антиоксидантными и регенерирующими свойствами
Семена винограда	223	30	Богаты полифенолами (ресвератрол, проантоцианидины) и омега-6 жирными кислотами. Защищают коллаген от повреждений.
Зародыши пшеницы	150	20	Содержат витамин Е, токоферолы и незаменимые жирные кислоты. Поддерживают увлажнение и питание тканей.
Семена черного тмина	175	10	Источник тимохинона, антиоксидантов и противовоспалительных компонентов. Способствуют регенерации тканей.

Выбранные соотношения компонентов комплексного CO₂-экстракта обусловлены их синергетическим взаимодействием, обеспечивающим комплексную защиту продукта от окислительной деструкции, а также дополнительное физиологическое воздействие - антиоксидантное, противовоспалительное и регенерирующее. Такой подход позволяет достичь сбалансированной стабилизации пищевой системы при полном сохранении её функциональных и органолептических характеристик.

В ходе предварительных исследований были выбраны три концентрации комплексного CO₂-экстракта для внесения в мясорастительный продукт: 0,3 %, 0,6 % и 0,9 %. Комплексный анализ их влияния на окислительную стабильность выявил чёткую корреляцию между дозировкой и ингибированием перекисного окисления липидов. Наиболее выраженный защитный эффект был зафиксирован при концентрации 0,9 %, который обеспечил эффективно подавление образования первичных и вторичных продуктов окисления. Эта дозировка была признана оптимальной и использовалась в дальнейших исследованиях.

На основании полученных данных была разработана скорректированная рецептура мясорастительного паштета с включением комплексного CO₂-экстракта в оптимальной концентрации 0,9 %, обеспечивающая высокую окислительную стабильность продукта. Состав разработанной рецептуры представлен в таблице 2.

Таблица 2

Рецептура мясорастительного паштета с включением комплексного CO₂-экстракта

Наименование	Содержание, %
Основное сырье	
Мясо индейки	48
Белково-коллагеновая эмульсия	30
Брокколи	14
Тыква	4,4
Болгарский перец	1,5
Вспомогательные ингредиенты	
Соль поваренная пищевая	1,1
Перец черный молотый	0,06
Мускатный орех молотый	0,04
Комплексный CO ₂ -экстракт	0,9

С целью продления сроков хранения мясорастительного паштета проводились исследования на наличие показателей окислительной порчи при длительном хранении. Образцы мясорастительного паштета подвергались хранению при температуре 4 ± 1 °C в течение 14 дней, что позволило смоделировать условия практического применения продукта. В качестве сравнительного контроля использовали паштет, включавший экстракты розмарина, зелёного чая и шиповника, что обеспечило возможность сравнительной оценки эффективности антиоксидантной защиты. Для оценки окислительной стабильности определяли перекисное и тиобарбитуровое числа, как маркеры накопления первичных и вторичных продуктов перекисного окисления липидов.

Перекисное число определяли титриметрически через регулярные интервалы времени (0, 7 и 14 дней). Анализ показал выраженную дозозависимость с увеличением концентрации



комплексного CO_2 -экстракта отмечалось постепенное снижение накопления гидропероксидов. Контрольный образец демонстрировал значительно более высокие значения перекисного числа на всех сроках, что свидетельствует о недостаточной эффективности используемой антиоксидантной композиции.

Динамика изменения перекисного числа в зависимости от концентрации комплексного CO_2 -экстракта представлена на рисунке 1.

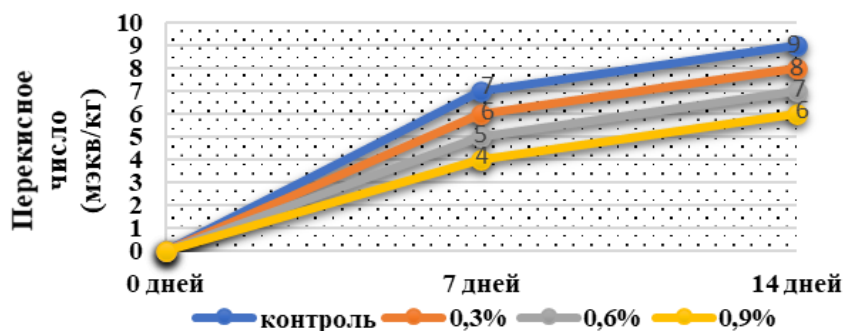


Рис. 1 Динамика изменения перекисного числа в зависимости от концентрации комплексного CO_2 -экстракта

Анализ динамики перекисного числа показал, что введение комплексного CO_2 -экстракта в концентрациях 0,3 – 0,9 % снижает скорость окисления липидов в мясорастительном паштете. Контрольный образец достиг 9 мэкв/кг за 14 суток хранения, тогда как при внесении экстракта в концентрации 0,9 % – лишь 6 мэкв/кг, что свидетельствует о максимальной антиоксидантной эффективности этой дозировки. При 0,3 % защитный эффект выражен слабее, а при 0,6% наблюдается снижение стабильности, возможно вследствие неблагоприятного влияния на структуру продукта. Таким образом, концентрация 0,9% обеспечивает оптимальную окислительную стабильность и является перспективной для продления срока годности в мясорастительном продукте.

Далее для оценки накопления вторичных продуктов окисления липидов определяли тиобарбитуровое число (ТБЧ) – показатель содержания малонового диальдегида (MDA). Измерения проводили спектрофотометрически с использованием реактива ТБК на 0, 7 и 14-е сутки хранения для контрольного образца и вариантов с внесением CO_2 -экстракта (0,3 %, 0,6 %, 0,9 %). Полученные данные дополнили результаты по перекисному числу, позволив комплексно оценить эффективность экстракта в подавлении окислительной деструкции на поздних стадиях.

Динамика изменения тиобарбитурового числа (ТБЧ) белково-коллагеновой эмульсии в зависимости от концентрации комплексного CO_2 -экстракта представлена на рисунке 2.

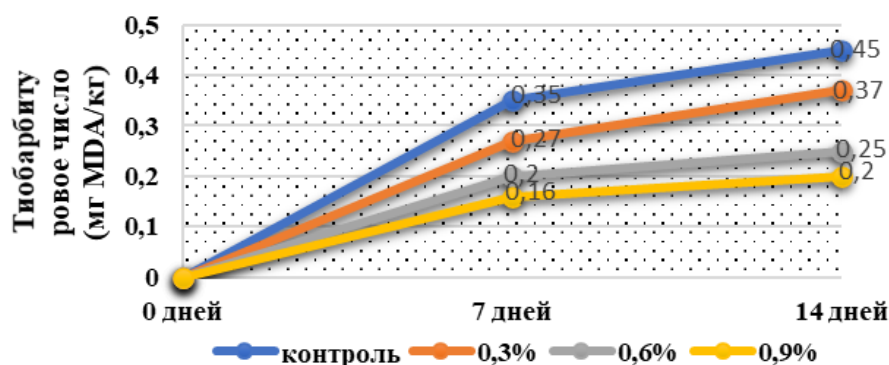


Рис. 2 Динамика изменения тиобарбитурового числа (ТБЧ) белково-коллагеновой эмульсии в зависимости от концентрации комплексного CO_2 -экстракта

Динамика тиобарбитурового числа (ТБЧ) свидетельствует о выраженной способности комплексного CO_2 -экстракта ингибировать образование вторичных продуктов окисления липидов. В контрольном образце, не содержащем экстракта, ТБЧ достигло 0,45 мг MDA/кг за 14 суток хранения, что указывает на интенсивное накопление малонового диальдегида.



Наиболее эффективное подавление окислительной деструкции наблюдалось при концентрации экстракта 0,9%, где ТБЧ составило всего 0,16 мг MDA/кг. При внесении 0,3 – 0,6 % защитный эффект был менее выражен.

Введение комплексного CO₂-экстракта в концентрации 0,9 % обеспечивает выраженную антиоксидантную защиту мясорастительного паштета, эффективно ингибируя как первичные, так и вторичные стадии перекисного окисления липидов. Достигнутое снижение перекисного и тиобарбитурового чисел свидетельствует о высокой синергетической активности фитохимического профиля экстракта и его способности стабилизировать сложную белково-липидную матрицу продукта в условиях хранения.

Микробиологический контроль мясорастительных продуктов осуществлялся в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» и ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции».

Для комплексной оценки безопасности и стабильности продукта в процессе хранения далее был проведён анализ микробиологических показателей (табл. 3).

Таблица 3

Микробиологические показатели

Наименование показателя		Норма	Результаты исследования	
			Контрольный образец мясорастительного паштета	Исследуемый образец мясорастительного паштета
1		2	3	4
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ в 1г продукта		1×10 ³	2×10 ⁴	Не обнаружены
БГКП (колиформы)	в 1,0 г	–	Обнаружены	Не обнаружены
Патогенные (в том числе сальмонеллы)	в 25,0 г	–	Не обнаружены	Не обнаружены
Сульфитредуцирующие кло-стридии	в 0,1 г	–	Не обнаружены	Не обнаружены
<i>S. aureus</i>	в 0,1 г	–	Обнаружен	Не обнаружены
<i>E.coli</i>	в 0,1 г	–	Не обнаружены	Не обнаружены

Данные таблицы свидетельствуют об отсутствии микробиологической контаминации в исследуемом образце, что говорит о грамотно подобранном составе рецептуры, эффективной технологии производства и благоприятном влиянии компонентов комплексного CO₂-экстракта на микробиологическую стабильность продукта.

Далее была проведена органолептическая оценка паштетов после 14 суток хранения при температуре 4 ± 1 °С для оценки сохранности их потребительских качеств в условиях хранения (табл. 4).

Таблица 4

**Органолептические показатели мясорастительных паштетов
после 14 суток хранения**

№ образца	Наименование образца	Оценка органолептических свойств образцов (по 5-ти балльной системе)					
		Внешний вид	Цвет	Запах, аромат	Вкус	Консистенция	Общая оценка качества продукта
1	Контрольный образец мясорастительного паштета	5	5	3,8	3,5	4	4,26
2	Исследуемый образец мясорастительного паштета	5	5	4,5	4,7	5	4,84

Органолептическая оценка показала, что продукт с введением комплексного CO₂-экстракта обладает высокой сенсорной приемлемостью и превосходит контрольный образец по ключевым органолептическим показателям, что подтверждает технологическую совместимость экстракта с мясорастительной матрицей.

Проведённое исследование подтвердило эффективность комплексного CO₂-экстракта, полученного из семян амаранта, винограда, зародышей пшеницы и черного тмина в качестве натурального функционального компонента мясорастительных паштетов, предназначенных для питания пожилых людей. Внесение экстракта в концентрации 0,9% обеспечивает надёжную защиту липидной фазы от окисления за счёт синергии сквалена,



токоферолов, ресвератрола, полифенолов и тимохинона, что подтверждается достоверным снижением перекисного и тиобарбитурового чисел. Продукт сохраняет стабильность, микробиологическую безопасность и высокие органолептические характеристики в течение 14 суток хранения при 4 ± 1 °С.

Таким образом, разработанный паштет сочетает технологическую устойчивость с физиологической ценностью, обеспечивая не только питательную, но и профилактическую поддержку организма пожилого человека. Результаты работы открывают возможности для широкого применения комплексного СО₂-экстракта в создании инновационных геродиетических продуктов на основе принципов натуральности и функциональности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппова Е.А. Применение СО₂-экстрактов в пищевой промышленности // Журнал «Вестник мичуринского государственного аграрного университета» - 2017 - №1 - С. 74-77.
2. Запорожский А.А., Запорожская С.П., Сурова С.В. Проблемы геродиетики. Развитие теории и практики сипинга // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник) - 2024 - № 4 - С. 36-47.
3. Росляков Ю.Ф., Шмалько Н.А., Бочкова Л.К. Перспективы использования амаранта в пищевой индустрии // Журнал «Известия высших учебных заведений Северо-Кавказский регион. Технические науки» - 2004 - №4 - С. 92-95.
4. Тагирова П.Р., Касьянов Г.И. Пищевые добавки из семян и кожицы ягод винограда // Научные труды Кубанского государственного технологического университета - 2015 - № 9 - С. 281-296.
5. Лапкина Е.З., Савельева Е.Е., Булгакова Н.А. Антирадикальные свойства селенобогатенных проростков зерновых культур // Вестник Пермского университета. Серия Биология - 2021 - № 1 - С. 12-17.
6. Мурашев С.В., Валишев А. Влияние кипрея и тмина на антиоксидантную стабильность мясных продуктов // Мясная индустрия - 2020 - № 1 - С. 44-47.

REFERENCES

1. Filippova E.A. Application of CO₂ extracts in the food industry // Journal "Bulletin of Michurinsk State Agrarian University" - 2017 - No. 1 - pp. 74-77.
2. Zaporozhskiy A.A., Zaporozhskaya S.P., Surova S.V. Problems of gerodietics. Development of the theory and practice of sipping // Science. Technology. Technologies (Polytechnical Bulletin) - 2024 - No. 4 - pp. 36-47.
3. Roslyakov Yu.F., Shmalko N.A., Bochkova L.K. Prospects for the use of amaranth in the food industry // Journal "Bulletin of Higher Educational Institutions of the North Caucasus Region. Technical Sciences" - 2004 - No. 4 - pp. 92-95.
4. Tagirova P.R., Kasyanov G.I. Food additives from grape seeds and skins // Scientific works of the Kuban State Technological University - 2015 - No. 9 - pp. 281-296.
5. Lapkina E.Z., Savelyeva E.E., Bulgakova N.A. Antiradical properties of selenium-enriched sprouts of grain crops // Bulletin of Perm University. Biology Series - 2021 - No. 1 - pp. 12-17.
6. Murashev S.V., Valishev A. Influence of fireweed and caraway on the antioxidant stability of meat products // Meat industry - 2020 - No. 1 - pp. 44-47.



Коллаген и его промоутеры в создании высокоэффективных биоконплексов и здоровьесберегающих пищевых систем

Collagen and its promoters in the creation of highly effective biocomplexes and health-saving food systems

Профессор, д.б.н. В.М. Позняковский, соискатель Ю.Ю. Куркина,
Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава РФ, кафедра «Гигиена», тел. 8-923-495-19-47
pvm1947@bk.ru
генеральный директор, профессор, д.т.н. А.Н. Австриевских,
Компания «Арт Лайф», тел. 8-923-495-19-47
профессор, д.т.н. Е.О. Ермолаева
Кемеровский государственный университет, кафедра управления качеством,
тел. 8-923-513-26-48
eeo38191@mail.ru

Professor, Doctor of Biological Sciences V.M. Poznyakovsky, PhD candidate Yu.Yu. Kurkina,
Kemerovo State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, chair of Hygiene, Tel. 8-923-495-19-47
pvm1947@bk.ru
CEO, Professor, Doctor of Engineering A.N. Avstrievisky,
Art Life Company, tel. 8-923-495-19-47
Professor, Doctor of Engineering E.O. Ermolaeva
Kemerovo State University, chair of Quality Management, tel. 8-923-513-26-48
eeo38191@mail.ru

Аннотация. Разработан новый биотехнологический продукт в форме БАД – концентрат коллагена с кремнием, гиалуроновой кислотой и метасульфони́лметаном (МСМ). В качестве источника коллагена и кремния использован продукт ферментативного гидролиза говяжьего желатина и кремнеземоминеральная вода с содержанием ортокремниевой кислоты на уровне $7,57 \pm 11,3$ мг/л - «Метаколлаген кремний+». В рецептуру включена другая биотехнологическая субстанция «Метабиотик LC-Lc-Cr, LC-Lc-Dl» с гидролизатом сывороточного белка и промоутеры коллагена, обеспечивающие реализацию его функциональных свойств. Установлены регламентируемые показатели качества и безопасности, сроки и режимы хранения, рекомендации по применению. Разработанный продукт апробирован и внедрен в производство на предприятиях биотехнологического кластера компании «Арт Лайф».

Abstract. A new biotechnological product has been developed in the form of dietary supplements – collagen concentrate with silicon, hyaluronic acid and metasulfonylmethane (MSM). As a source of collagen and silicon, the product of enzymatic hydrolysis of beef gelatin and silicon mineral water with an orthosilicic acid content at the level of 7.57 ± 11.3 mg/l - "Metacollagen silicon+" was used. The formulation includes another biotechnological substance "Metabiotic LC-Lc-Cr, LC-Lc-Dl" with whey protein hydrolysate and collagen promoters that ensure the realization of its functional properties. Regulated quality and safety indicators, storage periods and modes, and recommendations for use have been established. The developed product has been tested and put into production at the enterprises of the biotech cluster of the Art Life company.

Ключевые слова: коллаген, промоутеры, биоконплекс, качество, безопасность, применение.

Keywords: collagen, promoters, biocomplex, quality, safety, application.

Продукция биотехнологического производства приобретает все большее значение в создании специализированных продуктов системного действия.



старении организма, поэтому атеросклероз распространен среди лиц пожилого возраста.

Таблица 1

**Рецептура БАД «Концентрат коллагена с кремнием,
гиалуроновой кислотой и МСМ**

№	Наименование компонентов	Содержание, мг/1 дозу	% от РСП ¹ /АУП ²
1	Сырьё для производства пищевых продуктов «Мета-коллаген кремний +» (коллаген гидролизированный, вода кремниево-минеральная, сорбат калия, бензоат натрия)	10000	
	Метакремневые кислоты	0,35	
2	«Аминоцидин» (метабиотик LC-Lc-Cr (<i>L. lactis cremoris</i>), метабиотик LC-Lc-Dl (<i>L. lactis diacetylactis</i>), мальтодекстрин (носитель E459), молочная кислота (регулятор кислотности E270))	9000	
3	Метилсульфонилметан	500	
4	Натрия аскорбат Витамин С	67,9 60	100 ¹
5	Гиалуроновая кислота Гиалуроновая кислота	55 50	100 ²
6	K2 2000 ppm CWS K2(менахинон)	60,0 0,12	100 ²
7	Комплексная пищевая добавка «Бор-комплекс» (натрия борат, гуммиарабик (стабилизатор E414)) Бор	17,7 2	100 ²
8	Каменное масло Горного Алтая (соль пищевая серии "Каменное масло", магния цитрат, цинка цитрат трехводный, мальтодекстрин)	20	
9	Холекальциферол 100 SD/S Витамин D3	2 0,005 (200 ME)	100 ¹
10	Витамин Н (биотин)	0,05	100 ¹
Вспомогательные вещества			
11	Вода очищенная	3657,85	
12	Калия сорбат (консервант)	22,5	
13	Натрия бензоат (консервант)	22,5	
14	Низин (консервант)	2,5	
15	Молочная кислота 80 % (регулятор кислотности) Молочная кислота	312 250	
16	Инстангам ВА (стабилизатор)	1250	
Итого		25000	

¹РСП – рекомендуемый уровень суточного потребления согласно приложению 2 к ТР ТС 022/2011.

²АУП – адекватный уровень суточного потребления согласно Приложению 5 Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) ЕАЭС.

Не превышает верхнего допустимого уровня потребления согласно Приложению 5 Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам ЕАЭС.

Соединения кремния активно участвуют в процессах роста волос и ногтей, связывая поперечными мостиками макромолекулы кератина, обеспечивая его устойчивость к воздействию различных факторов. Наиболее простым диагностическим признаком дефицита кремния является ломкость ногтей.

Биотехнологическая субстанция «Метабиотик LC-Lc-Cr, LC-Lc-Dl» с гидролизатом сывороточного белка. Это гидролизат белка, ферментированный микроорганизмами *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* и *Lactococcus lactis cremoris*, которые обладают генетической способностью расщеплять сывороточные белки до легкодоступных пептидов благодаря сродству белкам человека. Рассматриваемый рецептурный ингредиент повышает белковую ценность продукта за счет обогащения пептидами, содержит бактериальные метаболиты – лактат, пропионат, бутират, ацетат



(короткоцепочечные жирные кислоты), а также витамины, аминокислоты и ферменты, обеспечивающие правильную работу кишечника. При этом бактерии перерабатывают лактозу из гидролизата белка, делая этот источник пептидов безлактозным.

Гидролизаты коллагена используются в медицинских целях в виде энергетических добавок, гериатрических продуктов, терапевтических и контрольных диет. Применяются при лечении больных с нарушениями пищеварения, всасывания и аминокислотного обмена, у пациентов с недостаточностью питания, связанной с травмами, ожогами, онкологией и печеночными энцефалопатиями, в качестве улучшающих агентов при регенерации сухожилий и суставов у профессиональных спортсменов.

Отмечена хемотаксическая активность коротких пептидов (Pro-Нур и Pro-Нур-Gly) к фибробластам человека, нейтрофилам периферической крови и моноцитам клеточной культуры. Обнаружена антигипертензивная и антиоксидантная активность пептидов из гидролизатов коллагена, показано их ингибирующее влияние на ангиотензинпревращающий фермент (АПФ), что вызывает гипотензивный эффект и играет важную роль в регуляции артериального давления. Прием гидролизата коллагена стимулирует синтез макромолекул внеклеточного матрикса хондроцитами, уменьшаются болевые ощущения у пациентов, страдающих остеопорозом и остеоартрозом.

Ферментированный гидролизат сывороточного белка и пептиды коллагена могут служить источником аминокислот, необходимых для клеточного питания и обновления тканей. Особенно это касается условий клеточного каскада при высвобождении гормонов стресса, медиаторов воспаления (цитоксинов), значительного количества внутриклеточной энергии, приводящих к белково-энергетической недостаточности.

Наряду с биотехнологическими субстанциями разработанный концентрат содержит другие промутеры коллагена, наряду с кремнием, обладающие синергетическими свойствами в отношении реализации его функций: метилсульфометан, холекальциферол, гиалуроновая кислота, витамины С, К₂, биотин, каменное масло в качестве источника макро- и микроэлементов (фосфора, калия, кальция, йода, магния, меди, железа и марганца). Промутеры обеспечивают эффективность коллагена и эластина, адресную поддержку соединительной ткани.

Нутритивная поддержка в виде биоконцентрата имеет важное значение в укреплении иммунной системы, поскольку 80 % ее клеток локализовано в желудочно-кишечном тракте. Среди этих клеток идентифицированы плазматические клетки, малые лимфоциты, Т- и В- клетки, обеспечивающие синтез иммуноглобулинов, отвечающих за местный иммунитет на слизистых оболочках кишечника и препятствующих внедрению патогенных микроорганизмов. Дисбаланс кишечных бактерий может привести к нарушению всасывания минеральных веществ и постепенному истощению организма.

Нарушения кишечного гомеостаза происходят из-за воспалительных процессов, воздействия раздражающих и токсических факторов, приводящих к развитию так называемого «Синдрома дырявого кишечника», при котором происходит проникновение патогенных микроорганизмов, токсинов и антигенов через кишечную стенку в кровоток. Возникают воспалительные и иммунные реакции, аллергии и аутоиммунные повреждения органов – мишеней, что лежит в основе механизма патогенеза многих заболеваний - артрит, красная волчанка, сахарный диабет I типа, рассеянный склероз и др.

Кремний подобно витамину D повышает эффективность кальцификации и минерализации костной ткани. Сдвиг равновесия между кремнием и кальцием приводит к нарушению их обмена и нежелательным изменениям их функций.

Витамин К₂ (менахинон) участвует в карбоксилировании остеокальцина, играя, таким образом важную роль в минерализации костной ткани, необходим для процесса свертывания крови в качестве кофермента реакции γ – карбоксилирования остатков глутаминовой кислоты в молекуле функционально активных форм белков



(протромбина, проконвертина, остеокальцина, всего ок. 20-и К-зависимых белков). Является фактором профилактики тромбоза, активируя процессы свертывания крови в печени и внепеченочный эндотелиальный антикоагулянтный белок S.

Бор необходимый компонент многочисленных ферментативных реакций обмена стероидных гормонов, магния, витамина D и кальция. Способствует снижению воспалительных процессов, улучшает липидный профиль крови и функционирование нейтронов. Доказательством является снижение активности мозга, двигательной деятельности, внимания и кратковременной памяти при дефиците бора. На примере культуры клеток костного мозга показано, что повышение уровня бора в 10-100 раз увеличивает количество коллагена I типа и остеокальцина.

Холекальциферол естественная форма витамина D, которая образуется в коже под действием солнечных лучей. Принимает участие в абсорбции фосфатов и кальция в кишечнике путем повышения проницаемости митохондриальных и клеточных мембран кишечного эпителия и их реабсорбции в почечных канальцах. Необходим для транспорта минеральных солей в процессе кальцификации костей, нормального функционирования паращитовидных желез.

Холекальциферол – активный антирахитический фактор. Способствует правильной минерализации и росту скелета, осуществляя регуляцию метаболизма кальция и фосфатов. Наблюдается повышенная потребность в витамине D у женщин в период менопаузы в связи с гормональными изменениями и развитием остеопороза.

Метилсульфонилметан сероорганическое соединение, обладающее противовоспалительными свойствами. Используется для лечения, укрепления суставов и связок, являясь источником серосодержащих компонентов для синтеза необходимых протеинов. Сера в составе MSM находится в органической, легкоусвояемой форме и это один из лучших ее источников.

Благодаря участию витамина C в процессах созревания эластина кровеносных сосудов и соединительно-тканного белка коллагена обеспечивается нормальное развитие соединительной ткани, процессов заживления и регенерации. Аскорбиновая кислота контролирует реакцию гидроксилирования пролильных и лизильных остатков с участием пролингидроксилазы: в центре фермента находится железо, меняющее свою валентность при помощи витамина C.

Примером нарушения участия аскорбиновой кислоты в процессах гидроксилирования является цинга, когда хронический дефицит витамина препятствует переходу трехвалентного железа в двухвалентное, ингибируя активность гидроксилаз с последующим образованием «рыхлого» коллагена, наблюдением кровоточивости и выпадения зубов.

Гиалуроновая кислота поддерживает водный баланс в клетках и межклеточном пространстве, упругость, эластичность и гладкость кожи. Способствует восстановлению суставных хрящей, профилактирует заболевания опорно-двигательного аппарата, замедляет процессы старения. Снижает утомляемость глаз, сохраняя конъюнктиву увлажненной даже при длительной работе за компьютером. Облегчает состояние при атопическом дерматите, климактерические расстройства, снимает артрическую и ревматическую боль.

Биологической активностью обладает природный d (+) – биотин. Необходим для поддержания здоровья кожи, предотвращения седины и облысения, поддерживает энергообеспечение нервных клеток.

Каменное масло Горного Алтая содержит 49 химических элементов, в том числе «органообразующих». Эффективное и разностороннее влияние на организм объясняется уникальностью состава и высокой концентрацией биологически активных веществ. Следы каменного масла археологи находят в горах Алтая, Памире, Саян, имеющих возраст более 400 млн. лет.



Изучены показатели качества и безопасности разработанного биокомплекса по окончании 27 месяцев хранения при температуре от 0 до 25°C и влажностью воздуха не более 60 %.

Продукт упаковывают в саше-, стик-, зип- пакеты по 25 г или флаконы/банки от 25 до 1000 г.

Регламентируемые показатели качества представлены в таблице 2.

Результаты исследования безопасности свидетельствуют о санитарно-гигиеническом и санитарно-токсикологическом благополучии при высокой органолептической характеристике специализированного продукта, что позволило установить срок годности – 2 года при указанных выше условиях.

Таблица 2

**Регламентируемые органолептические
и физико-химические показатели качества БАД**

Показатели	Характеристики
Цвет	от кремового до коричневого
Внешний вид	жидкость, опускается небольшой осадок
Вкус и аромат	специфический, сладко -кислый со вкусом молочной сыворотки
Содержание в 25 граммах	
витамин С, мг	60 (48 – 72)
витамин К2, мкг	120 (96 – 144)
витамин Н, мкг	50 (35 – 65)
гиалуроновая кислота, мг	50 (40 – 60)
бор, мг	2,0 (1,6 – 2,4)
метилсульфонилметан, мг	не менее 500
глицин*, мг в 25 граммах	не менее 1050
Содержание пролина*, мг	не менее 820
оксипролин*, мг	не менее 500
сорбат калия, %	не более 0,1
бензоат натрия, %	не более 0,1
* показатель регламентируется закладкой, количественное содержание контролируется в субстанции при входном контроле сырья	

В таблице 3 представлена пищевая ценность БАД.

Прием 25 грамм БАД (рекомендуемая суточная доза) обеспечивает гарантированное поступление в организм эссенциальных микронутриентов.

На основе анализа функциональных свойств исходных ингредиентов БАД даны рекомендации к применению:

- повышенные физические нагрузки в условиях занятия спортом, физкультурой, туризмом, для восстановления и повышения подвижности суставов, укрепления связок, уменьшения болевых ощущений;
- поддержка организма в послеродовой период при ожоговых и раневых процессах, после операций и травм;
- возрастные изменения состояния кожи (эластичность, увлажнение, улучшение цвета, структуры, разглаживание мелких морщинок). Укрепление и предотвращение расслаивания ногтевой пластины. Укрепление и защита волос от выпадения и излишней жирности.



Таблица 3

**Пищевая ценность концентрата коллагена с кремнием,
гиалуроновой кислотой и МСМ**

Пищевая ценность:	г/25 грамм (1 порция) продукта	г/100 грамм продукта *	% от РСП ¹ / АУП ² в порции 25 г
Белки, г	4,84	19,36	6,45 ¹
Жиры, г	0,00	0,00	0
Углеводы, г	0,03	0,11	0,01 ¹
Органические кислоты	0,25	1,0	
Пищевые волокна растворимые	1,25	5	62,5 ²
Аланин, г	0,42	1,69	6,41 ²
Аргинин, г	0,24	0,95	3,89 ²
аспарагиновая кислота+ аспарагин, г	0,26	1,05	2,14 ²
Метионин + цистеин/цистин, г	0,02	0,08	1,06 ²
глутаминовая кислота+глутамин, г	0,46	1,84	3,27 ²
Глицин, г	1,05	4,18	29,86 ²
Гистидин, г	0,02	0,10	1,14 ²
изолейцин (ВСАА), г	0,07	0,27	3,33 ²
лейцин (ВСАА), г	0,13	0,51	2,79 ²
Лизин, г	0,13	0,51	3,13 ²
Фенилааланин +Тирозин, г	0,08	0,32	1,84 ²
Пролин, г	0,82	3,27	18,16 ²
Серин, г	0,14	0,55	1,66 ²
Треонин, г	0,08	0,30	3,17 ²
Валин (ВСАА), г	0,10	0,42	4,18 ²
Гидроксипролин, г	0,71	2,83	
Гиалуроновая кислота, мг	50		100 ²
Бор, мг	2		100 ²
Витамин С, мг	60		100 ¹
Витамин К2, мг	0,12		100 ²
Витамин Н, мг	0,05		100 ¹
Витамин D3, мг	0,005		100 ¹
Энергетическая ценность, кКал	20,4	67,9	
Энергетическая ценность, кДж	85	284	

Новизна рецептуры и технологии разработанной продукции подтверждены патентом РФ [8], апробированы и внедрены в производство на базе предприятий биотехнологического кластера компании «АртЛайф» (г. Томск) в рамках требований международных стандартов ИСО 9001, 22000 и GMP, что гарантирует стабильность качественных характеристик и востребованность на потребительском рынке здорового питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вековцев А.А., Куркина Ю.Ю., Позняковский В.М. Инновационная биотехнология сырьевых ингредиентов и биоинженеринг продуктов с направленными функциональными свойствами // коллективная монография «Инновационные технологии и биотехнологии в агропромышленной сфере и нутрициологии». – Санкт-Петербург, издательство «Лань» - 2024. – С.61-70.
2. Австриевских А.Н., Вековцев А.А., Челнакова Н.Г., Позняковский В.М. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения: монография: под.общ.ред. проф. В.М. Позняковского. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 414 с.
3. Позняковский В.М. Нутрициология: микронутриенты и минорные компоненты пищи: под редакцией В.Б. Спиричева. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 192 с.



4. Брашко И.С., Позняковский В.М., Донскова Л.А. Характеристика ферментных препаратов и разработка нового технического решения для биоконверсии коллагенсодержащего сырья // Индустрия питания. – 2024. - №9(1). – С.50-59
5. Kumar N.S.; Devi P.S, S.; Nair A.S. A Review on Microbial Proteases. International Journal of Advanced Research. 2016. Vol. 4. Iss. 7. pp. 2048–2053. DOI: <https://doi.org/10.21474/ijar01/1091>.
6. Global Industrial Enzymes Market Projected to Reach Worth \$9.2 Bn by 2027. Focus on Catalysts. - 2021. - Vol. 12. Iss. 12. - pp. 2. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focat.2021.11.004>.
7. Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology. In: Enzyme Nomenclature. New York: Academic Press, 1992. p. ii. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-227164-9.50001-7>.
8. Австриевских А.Н., Вековцев А.А., Былин П.Г., Куркина Ю.Ю, Позняковский В.М. Способ получения композиции на основе гидролизованного коллагена // Патент РФ №202409706. - 2024.

REFERENCES

1. Vekovtsev A.A., Kurkina Yu.Yu., Poznyakovsky V.M. Innovative biotechnology of raw materials and bioengineering of products with targeted functional properties // collective monograph "Innovative technologies and biotechnologies in the agro-industrial sphere and nutrition". - St. Petersburg, Lan Publishing House - 2024. - pp. 61-70.
2. Avstrievsky A.N., Vekovtsev A.A., Chelnakova N.G., Poznyakovsky V.M. Healthy food products: new technologies, quality assurance, efficiency of use: monograph: edited by prof. V.M. Poznyakovsky. - Moscow: INFRA-M, 2022. - 414 p.
3. Poznyakovsky V.M. Nutrition: micronutrients and minor food components: edited by VB Spirichev. - St. Petersburg: Lan, 2024. - 192 p.
4. Brashko I.S., Poznyakovsky V.M., Donskova L.A. Characteristics of enzyme preparations and development of a new technical solution for bioconversion of collagen-containing raw materials // Food Industry. - 2024. - No. 9 (1). - pp. 50-59
5. Kumar N.S.; Devi P.S, S.; Nair A.S. A Review on Microbial Proteases. International Journal of Advanced Research. 2016. Vol. 4. Iss. 7. pp. 2048–2053. DOI: <https://doi.org/10.21474/ijar01/1091>.
6. Global Industrial Enzymes Market Projected to Reach Worth \$9.2 Bn by 2027. Focus on Catalysts. - 2021. - Vol. 12. Iss. 12. - pp. 2. - DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focat.2021.11.004>.
7. Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology. In: Enzyme Nomenclature. New York: Academic Press, 1992. p. ii. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-227164-9.50001-7>.
8. Avstrievsky A.N., Vekovtsev A.A., Bylin P.G., Kurkina Yu.Yu., Poznyakovsky V.M. Method for obtaining a composition based on hydrolyzed collagen // Russian Federation Patent No. 202409706. - 2024.



Кислотное число жира как показатель качества зерна и выработанных из него зернопродуктов

Acid value of fat as an indicator of grain quality and grain products made from it

Врио директора К.В. Синецкий, старш. научный сотрудник С.В. Черкасов,
младш. науч. сотрудник Л.Г. Ересько, младш. науч. сотрудник Ю.Б. Стручалина
Кубанский филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН,
тел. 8 (861) 255-30-02
kuban@fncps.ru

Acting Director K.V. Sinetsky, senior Researcher S.V. Cherkasov, junior Researcher
L.G. Yeresko, junior Researcher U.B. Struchalina
Kuban Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS,
tel. 8 (861) 255-30-02,
kuban@fncps.ru

Аннотация. В процессе переработки зерна в различную продукцию следует учитывать такой показатель, как кислотное число жира (КЧЖ). Установлено, что онкратно возрастает при выработке зернопродуктов различной крупности. Из этого следует, что для переработки следует брать зерно с наименьшим показателем КЧЖ, что позволит установить для выработанной продукции более длительные сроки годности.

Abstract. In the process of processing grain into various products, it is necessary to take into account such an indicator as the acid number of fat. It has been established that it increases many times during the production of grain products of various sizes. It follows from this that grain with the lowest KCH index should be taken for processing, which will allow for longer shelf life for the produced products.

Ключевые слова: зерно, крупа, мука, хранение, кислотное число жира, нормы свежести и годности, температура хранения.

Keywords: grain, cereals, flour, storage, acid number of fat, freshness and shelf life standards, storage temperature.

Согласно стратегии развития машиностроения для пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 года, одной из основных задач в области хранения зерна и продуктов его переработки является сокращение потерь, повышение качества и снижение затрат на единицу веса хранимого продукта.

Известно, что показатель КЧЖ в зерне является эффективным индикатором, характеризующим состояние хранимостепособности зерна. Это утверждение применимо и к продуктам, получаемым из него в процессе переработки [1].

Цель исследования установление прослеживаемости изменения показателя КЧЖ при переработке зернового сырья. Для чего был выбран следующий порядок работ:

1. Получено на нескольких зерноперерабатывающих предприятиях пробы из партий зерна и пробы зернопродуктов, выработанных из этих же партий зерна. Виды зерновых культур: кукуруза, ячмень, рис. Исследованы полученные пробы. Количество проб зерна от каждой зерновой культуры составило не менее трех, с различающимися значениями КЧЖ.



2. Для контроля значений КЧЖ в получаемых пробах они были доставлены в лабораторию, где сделан соответствующий анализ и отобраны пробы с различающимся КЧЖ. Размер каждой из проб зерна составил не менее 10 кг.

3. Определены виды зернопродуктов: крупа, мука. Количество проб каждого из зернопродуктов - по одной пробе от каждой из зерновых проб. Размер каждой из проб зернопродукта не менее 3 кг.

4. В полученных и отобранных пробах зерна и зернопродуктов определена влажность, КЧЖ, содержание жира, белка.

5. Выбраны из имеющегося набора отобранных зерновых проб по каждой из культур - пробы с наибольшими значениями КЧЖ и помещены в климатическую камеру при температуре 40 °С и 70 -75 % влажности для создания провокационных условий, обеспечивающих нарастание КЧЖ. Далее пробы были исследованы. Не реже одного раза в месяц проводился отбор субпроб от хранящихся в провокационных условиях зерновых проб и определялось КЧЖ и влажность.

6. На завершающей стадии проведения работы зерновые пробы были переработаны в зернопродукты на лабораторных стендах.

Проведены анализы на КЧЖ и влажность.

7. Выбраны из имеющегося полученного набора зерновых продуктов пробы с наибольшими значениями КЧЖ и помещены в условия хранения с умеренной (20 °С) и повышенной (40 °С) температурой. Не реже одного раза в месяц отбирались субпробы от хранящихся проб в условиях повышенной температуры и не реже одного раза в квартал в условиях умеренной температуры и проводились анализы на КЧЖ и влажность.

8. Для сравнения, проведены в лабораторных условиях несколько циклов искусственного экспресс старения нескольких зерновых проб с достижением в них значительных значений КЧЖ.

Материалом для исследований являлись партии зерна риса, кукурузы, ячменя и зернопродукты, выработанные из этих партий зерна как в производственных, так и лабораторных условиях. Выработанная продукция соответствует нормативной документации. Источниками получения зерна и выработанных из него зернопродуктов являются преимущественно предприятия, расположенные в Краснодарском крае и Юге России. Пробы исследуемого материала были предоставлены АО «Агрокомплекс», ООО «Кубанская крупяная компания», ООО «Марьянский рисо завод», а также индивидуальными предпринимателями и крестьянско-фермерскими хозяйствами.

За первое полугодие 2025 г. исследовано 8 партий зернового сырья, а также произведенных из него зернопродуктов в условиях реального производства. Кроме того, в лабораторных условиях из зернового сырья, находящегося на хранении выработано еще 8 партий зернопродуктов. В настоящее время набор материала для исследований продолжается. Особый интерес представляют высокопродуктивные сорта риса новой селекции, урожая 2025 г и выработанная из него стандартизированная продукция.

В таблице 1 представлены выборочные данные из исследуемых партий зерна и произведенных из него зернопродуктов.

Как видно из представленных данных, величина КЧЖ при переработке зерна в крупу и муку существенно возрастает. Это явление связано с тем, что в процессе измельчения зерна площадь соприкосновения поверхности с воздухом многократно возрастает [4, 5]. Кроме того, согласно методике проведения исследований пробы зерна с наибольшим значением КЧЖ заложены в климатическую камеру с установленным режимом хранения (влажность 75 % и температура 40 °С) с целью ускорения возрастания этого показателя для последующей переработки в зернопродукты [2]. Так же заложены на хранение аналогичные пробы зерна при температуре 20 °С и естественной влажности, что соответствует естественным условиям хранения [3, 4].



Таблица 1

**Выборочные показатели КЧЖ зерна и зернопродуктов,
изготовленных из него производственных условиях**

№ пробы	Наименование пробы	Влажность, %	КЧЖ, мг КОН на 1 г жира
Партия 2			
2з	Зерно кукурузы	12,2±0,3	6,4±0,6
2к	Крупа кукурузная №4	11,0±0,3	16,9±1,7
2м	Мука кукурузная	11,2±0,3	53,8±5,4
Партия 4			
4з	Зерно риса	10,8±0,3	9,2±0,9
4к	Крупа рис шлифованный 1с	13,9±0,3	23,8±2,4
4м	Мука рисовая	14,6±0,3	63,5±6,4
Партия 5			
5з	Зерно ячменя	11,6±0,3	9,2±0,9
5к (перл)	Крупа ячменная перловая №1	12,1±0,3	13,8±1,4
5 к (ячн)	Крупа ячменная ячневая	10,9±0,3	21,1±2,1

В таблицах 2 - 3 представлено изменение КЧЖ при хранении отдельных партий зерна и выработанных из него зернопродуктов в установленных температурных режимах.

Таблица 2

**Изменение КЧЖ в зерне и продуктах его переработки при хранении
в климатической камере (t=40±2 °С, φ =70-75 %)**

Шифр пробы	Шифр субпробы	Наименование пробы	Срок хранения, мес.	КЧЖ, мг КОН на 1г жира	Влажность, %
Партия 2					
2з	4	Зерно кукурузы	0	6,4±0,6	12,2±0,3
	69		4	10,3±1,0	12,0±0,3
2к	5	Крупа кукурузная №4	0	16,9±1,7	11,0±0,3
	86		4	53,8±5,4	12, 0±0,3
2м	6	Мука кукурузная	0	53,5±5,4	11,2±0,3
	87		4	165,0±16,5	12,0±0,3
Партия 4					
4з	10	Зерно риса	0	9,2±0,9	10,8±0,3
	71		4	14,8±1,5	11,4±0,3
4 к	11	Крупа рисовая шлифованная 1с	0	23,8±2,4	13,9±0,3
	79		4	58,1±5,8	13,6±0,3
4м	12	Мука рисовая	0	63,5±6,4	14,6±0,3
	91		4	166,5±16,7	14,2±0,3
Партия 5					
5з	13	Зерно ячменя	0	9,2±0,9	11,6±0,3
	72		4	19,7±1,9	11,8±0,3
5к пер.	15	Крупа ячменная перловая №1	0	13,8±1,4	12,1±0,3
	93		4	49,3±4,9	11,0±0,3
5 к ячн.	14	Крупа ячменная ячневая	0	21,1±2,1	10,9±0,3
	92		4	48,3±4,8	11,1±0,3



При хранении зерна и выработанных из него зернопродуктов в условиях, ускоряющих снижение их качества в течение 4-х месяцев прирост КЧЖ (мг КОН на 1г жира) составил для риса-зерна – 5,6; крупы рисовой – 34,3; муки рисовой – 103,0. Для зерна кукурузы – 3,9; кукурузной крупы – 36,9; муки кукурузной – 111,5. Для зерна ячменя – 10,5; крупы перловой – 35,5; крупы ячневой – 27,2.

Таблица 3

**Изменение КЧЖ в зерне и продуктах его переработки,
хранящихся при температуре 20±2°С и естественной влажности воздуха**

Шифр пробы	Шифр субпробы	Наименование пробы	Срок хранения, мес.	КЧЖ, мг КОН на 1г жира	Влажность, %
Партия 1					
1з	1	Зерно кукурузы	0	6,1±0,6	11,3±0,3
	40		2	6,7±0,7	10,9±0,3
1к	2	Крупа кукурузная №4	0	17,5±1,8	11,8±0,3
	41		2	34,5±3,4	11,4±0,3
1м	3	Мука кукурузная	0	45,3±4,5	9,8±0,3
	42		2	96,2±9,6	11,0±0,3
Партия 2					
2з	4	Зерно кукурузы	0	6,4±0,6	12,2±0,3
			2	10,8±1,1	12,2±0,3
2к	5	Крупа кукурузная №4	0	16,9±1,7	11,0±0,3
	30		2	38,2±3,8	11,8±0,3
	86		4	53,8±5,4	12,0±0,3
2м	6	Мука кукурузная	0	53,5±5,4	11,2±0,3
	45		2	101,4±10,1	11,4±0,3
Партия 3					
3з	7	Зерно риса	0	9,9±0,9	12,4±0,3
	46		2	12,7±1,3	11,4±0,3
3к	8	Крупа рис шлифован- ный 1 с	0	33,9±3,4	14,0±0,3
	47		2	45,3±4,5	11,9±0,3
3д	9	Крупа рис дробленый шлифованный	0	30,4±3,0	13,6±0,3
	48		2	43,6±4,4	12,0±0,3
Партия 4					
4з	10	Зерно риса	0	9,2±0,9	10,8±0,3
	49		2	8,7±0,9	11,4±0,3
4 к	11	Крупа рисовая шлифо- ванная 1с	0	23,8±2,4	13,9±0,3
	50		2	35,4±3,5	11,9±0,3
4м	12	Мука рисовая	0	63,5±6,4	14,6±0,3
	51		2	82,6±8,3	12,2±0,3



Хранение зерна и зернопродуктов при 20 °С в течение 4-х месяцев показало, что прирост КЧЖ (мг КОН на 1г жира) для риса-зерна – без изменений; крупы рисовой – 12,8; муки рисовой – 25,6. Для зерна кукурузы – 0,8; кукурузной крупы – 13,5; муки кукурузной – 114,3. Для зерна ячменя – 2,0; крупы перловой – 11,9; крупы ячневой – 9,0.

Из этого следует, что для переработки следует выбирать сырье с минимальным значением КЧЖ, что позволит установить более длительный срок хранения выработанной продукции, применив методику хранения зерна и зернопродуктов при повышенной температуре и влажности.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы производителями при передаче зерна из хранения в производство, что позволит получать продукцию более высокого качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черкасов С.В., Марков Ю.Ф., Ереско Л.Г., Буряк А.Н., Стручалина Ю.Б. Уровень кислотного числа жира как показатель хранимоспособности кукурузной крупы // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. –2024 – № 4. – С. 40-46.
2. Марков Ю.Ф., Ереско Л.Г., Буряк А.Н. Изменение уровня кислотного числа жира в кукурузной крупе при различных, искусственно созданных условиях ее хранения // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. –2022 – № 4 – С. 179-184.
3. Приезжева Л.Г., Мелешкина Е.П. Уточнённые нормы безопасного хранения и годности пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта по кислотному числу жира //Хлебопродукты. – 2018 – № 6 – С. 44-47.
4. Волкова О.В., Ванина Л.В. Кислотное число жира как индикатор свежести и годности манной крупы // Пищевая промышленность. – 2022 – № 5 –С. 53-54.
5. Савченко Д.А., Мацакова Н.В. Влияние технологии производства кукурузной крупы на срок хранения готовой продукции // Инновации в индустрии питания и сервисе: материалов V Международной научно-практической конференции. – Краснодар: ФГОУ ВО «КубГТУ», 2022. – С. 417-419.

REFERENCES

1. Cherkasov S.V., Markov Yu.F., Eresko L.G., Buryak A.N., Struchalina Yu.B. The level of acid number of fat as an indicator of the storage capacity of corn grits // Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. -2024 - No. 4. - pp. 40-46.
2. Markov Yu.F., Eresko L.G., Buryak A.N. Changes in the level of acid number of fat in corn grits under various artificially created conditions of its storage // Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. - 2022 - No. 4 - pp. 179-184.
3. Priezzheva L.G., Meleshkina E.P. Clarified standards for the safe storage and shelf life of premium wheat bakery flour based on the acid value of fat // Bread products. - 2018 - No. 6 - pp. 44-47.
4. Volkova O.V., Vanina L.V. Acid value of fat as an indicator of semolina freshness and shelf life // Food industry. - 2022 - No. 5 - pp. 53-54.
5. Savchenko D.A., Matsakova N.V. Influence of corn grits production technology on the shelf life of finished products // Innovations in the food industry and service: materials of the V International scientific and practical conference. - Krasnodar: Federal State Educational Institution of Higher Education "Kuban State Technical University", 2022. - pp. 417-419.



**Влияние использования в рецептуре
ватрушки «Королевской» талкана овсяного из пророщенного
зерна и порошка плодов шиповника
на ее пищевую ценность**

**The effect of using talkan oatmeal from sprouted grain and
rosehip fruit powder in the formu-lation of Royal cheesecake
on its nutritional value**

Зав. кафедрой Э.А. Пьяникова (ORCID 0000-0003-4424-7323), доцент, к.х.н.
А.Е. Ковалева (ORCID 0000-0001-7807-1755),

Юго-Западный государственный университет, кафедра товароведения, технологии и экс-
пертизы товаров, тел. 8(4712)32-46-66

pyanikovaelvira@yandex.ru

профессор О.В. Евдокимова (ORCID ID 0000-0002-0393-2327),

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», ка-
федра анатомии, физиологии и хирургии, тел. +7 953-810-81-23

evdokimova_oxana@bk.ru

студент Павлова Е.Е. (ORCID 0000-0000-0000-0000), студент Павлова А.Е.
(ORCID 0000-0000-0000-0000)

Юго-Западный государственный университет, кафедра товароведения, технологии и экс-
пертизы товаров, тел. 8(4712)32-46-66

pavlova.ekaterina0902@gmail.com

Head of Department E.A. Pyanikova (ORCID 0000-0003-4424-7323), Associate Pro-
fessor, PhD in Chemistry A.E. Kovaleva (ORCID 0000-0001-7807-1755),

Southwestern State University, chair of Commodity Science, Technology, and Expertise,
tel. 8(4712)32-46-66

pyanikovaelvira@yandex.ru

Professor O.V. Evdokimova (ORCID ID 0000-0002-0393-2327),

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Oryol State Agrarian
University named after N.V. Parakhin", chair of Anatomy, Physiology, and Surgery,
tel. +7 953-810-81-23

evdokimova_oxana@bk.ru

Student E.E. Pavlova (ORCID 0000-0000-0000-0000), Student A.E. Pavlova

(ORCID 0000-0000-0000-0000)

Southwestern State University, chair of Commodity Science, Technology, and Expertise,
tel. 8(4712)32-46-66

pavlova.ekaterina0902@gmail.com

Аннотация. Мучные кондитерские изделия относятся к пищевым продуктам, обладающим пре-
имущественно сладким вкусом. Они отличаются по составу, консистенции, структуре, аромату и форме.
Кондитерские изделия имеют высокую энергетическую ценность и усвояемость, обладают приятным
вкусом и ароматом, привлекательным внешним видом. В статье представлены результаты исследования
влияния замены пшеничной муки высшего сорта в изделии из песочного теста – ватрушке «Королевской»
- талканом овсяным из пророщенного зерна и порошком плодов шиповника на его пищевую ценность.
В результате отработки рецептур и многократных лабораторных выпечек и с учетом внесенных коррек-
тировок по рецептурным ингре-диентам и их количественному соотношению было выпечено несколько
образцов ватрушки «Королевской». Лучшим по всем показателям оказался образец №3. У образца ва-
трушки «Королевской» №3 появляются витамины и минеральные ве-щества, которые в контрольном



образце отсутствуют. Содержание пищевых волокон в 100 г продукта позволяет удовлетворить суточную потребность в данном компоненте на 4,5 %, содержание витамина С – на 16 %, витаминов Е и РР на - 1,9 % и 2,1 % соответственно. Суточная степень удовлетворения в кремнии 100 г разработанного образца ватрушки «Королевской» составляет 6,0 %. Также в нем содержатся такие жизненно важные для человеческого организма нутриенты, как железо и цинк. Их содержание составляет 1,5 % и 1,6 % от суточной нормы соответственно.

Abstract. Flour confectionery products are food products that have a predominantly sweet taste. They differ in composition, consistency, structure, flavor, and shape. Confectionery products have a high energy value and digestibility, have a pleasant taste and aroma, and an attractive appearance. The article presents the results of a study of the effect of replacing premium wheat flour in a shortbread pastry product, the Royal cheesecake, with oatmeal from sprouted grain and rosehip fruit powder on its nutritional value. As a result of testing recipes and repeated laboratory baking, and taking into account the adjustments made to the prescription ingredients and their quantitative ratio, several samples of Royal cheesecake were baked. Sample No. 3 turned out to be the best in all indicators. The Royal cheesecake sample No. 3 has vitamins and minerals that are missing from the control sample. The content of dietary fiber in 100 g of the product allows you to meet the daily requirement for this component by 4,5%, the content of vitamin C by 16%, vitamins E and PP by 1,9 % and 2,1 %, respectively. The daily satisfaction rate in silicon of 100 g of the developed Royal cheesecake sample is 6,0 %. It also contains such vital nutrients for the human body as iron and zinc. Their content is 1,5% and 1,6 % of the daily value, respectively.

Ключевые слова: изделие из песочного теста, ватрушка «Королевская», талкан овсяный из пророщенного зерна, порошок плодов шиповника, пищевая ценность.

Keywords: shortbread dough, Royal cheesecake, oatmeal from sprouted grain, rosehip fruit powder, nutritional value.

Мучные кондитерские изделия являются источником пищевых веществ важных для функционирования организма человека. Данные изделия имеют высокую энергетическую ценность из-за содержания большого количества углеводов и жиров и незначительное количество белков, микро- и макроэлементов, пищевых волокон и т.п., что является существенным недостатком. В связи с этим, для кондитерской и хлебопекарной отрасли необходимо расширять ассортимент мучных кондитерских изделий продукцией повышенной пищевой ценности [1].

Традиционным сырьем для приготовления мучных изделий является пшеничная мука [2]. Пшеничная мука является калорийным ингредиентом (334 Ккал) и содержит небольшое количество полезных нутриентов. Кроме этого, в ее составе отсутствуют витамины А, β-каротин, В12, С и К [3]. Этот недостаток позволяет устранить введение в рецептуру мучных кондитерских изделий других видов муки, например, таких как овсяная.

Овёс, относящийся к семейству злаки, является зерновой культурой, набирающей популярность благодаря своей высокой питательной ценности. Благодаря высокому содержанию белка и незаменимых аминокислот овёс по своему составу сильно отличается от других злаков [4]. Содержание жиров в овсе выше (6 – 10 %), чем в пшенице и большинстве других злаков (2 – 3 %). В овсе высокая концентрация β-глюкана, что повышает его питательную ценность. Кроме того, овёс содержит около 20 различных полифенольных соединений, называемых авенантрамидами, которые в 10 – 30 раз превосходят по антиоксидантной активности другие полифенольные соединения, содержащиеся в злаках, в том числе феруловую кислоту, гентизиновую кислоту, п-гидроксibenзойную кислоту, протокатеховую кислоту, сиригговую кислоту, ванилиновую кислоту и ванилин [5].

В последние годы стало популярным использование ростков зерен в производстве мучных изделий благодаря их потенциальной пользе для здоровья и питания [6]. Проращивание – это экономичный способ повысить пищевую ценность зерна за счёт увеличения содержания незаменимых аминокислот и фенольных соединений. В ходе этого процесса активируются ферменты, которые способствуют высвобождению фенольных соединений из зерновой матрицы и превращению углеводов в сахара, а



белков – в свободные аминокислоты [7]. Эти метаболические изменения улучшают биодоступность и усвояемость.

Для потребителей с непереносимостью глютена, не связанной с целиакией, введение в рецептуру мучных изделий различных ростков злаков и семян способствует снижению общего содержания глютена, потенциально делая продукт из муки более полезным [8].

Талкан получают путем перемалывания пророщенного зерна. Талкан овсяной является диетическим продуктом для здорового питания. Содержащиеся в этом продукте витамины группы В благотворно влияют на центральную нервную систему. В зерне овса до – 60 % крахмала и 10 – 18 % белков, богатых такими незаменимыми аминокислотами, как триптофан и лизин. Имеются также витамины: В1, В2, В6, каротин, витамин К, никотиновая и пантотеновая кислоты, макро- и микроэлементы [9].

В последнее время в рецептурах мучных изделий активно используют различные плоды и ягоды дикорастущих культур. Одной из таких культур является дикорастущий шиповник, из плодов которого получают сухие экстракты и порошки, которые позволят повысить пищевую ценность изделий [10].

Плоды шиповника (*Rosa pimpinellifolia* L.) являются богатым источником антоцианов и обладают рядом биологически активных свойств. Содержание витамина С в нём относительно высоко по сравнению с другими фруктами и овощами. Это важный источник антиоксидантов. Кроме того, в нём содержится большое количество пектина, гесперидина, эфирных масел, белков и витаминов, а также красящих пигментов, таких как бета-каротин, ликопин и антоцианин [11]. Кисло-сладкий вкус плодов обусловлен лимонной, эллаговой и яблочной кислотами [12]. Шиповник предотвращает образование язв и способствует выздоровлению при респираторных заболеваниях, таких как ангина и простуда. Кроме того, он снижает уровень холестерина ЛПНП, так как содержит пектин. Линоленовая кислота, содержащаяся в шиповнике, регулирует уровень сахара в крови и оказывает защитное действие против неврологических и сердечно-сосудистых заболеваний. Он укрепляет защитную систему организма, предотвращает заболевания суставов и костей, такие как остеоартрит и ревматизм, за счёт снятия воспаления, а содержащийся в плодах гесперидин защищает от различных заболеваний глаз и видов рака [13].

Кроме большого содержания витамина С (426 мг), в плодах шиповника содержится значительное количество витаминов группы В: тиамин (0,016 мг), рибофлавин (0,166 мг), фолиевая кислота и др. Также в них присутствует яблочная и лимонная кислоты, пектины. Шиповник является важным источником витаминов (А – 217 мг, Е – 5,84 мг, К – 25,9 мг) и минералов (кальций – 169 мг, магний – 69 мг, калий – 429 мг и фосфор – 61 мг) [9].

При разработке рецептуры ватрушки «Королевской» с использованием талкана овсяного из пророщенного зерна и порошка плодов шиповника была взята рецептура из ТТК 8364 «Творожная ватрушка Королевская». В данной рецептуре была произведена замена пшеничной муки высшего сорта талканом овсяным из пророщенного зерна и порошком плодов шиповника в количестве соответственно 10 % и 10 % (образец №1), 12,5 % и 7,5 % (образец №2), 15 % и 5 % (образец №3), 17,5 % и 2,5 % (образец №4) от массы муки пшеничной высшего сорта. Разработанные рецептуры представлены в таблице 1.



Таблица 1

**Рецептуры ватрушки «Королевской»
с добавлением талкана овсяного и порошка плодов шиповника**

Наименование сырья	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Тесто				
Мука пшеничная высшего сорта, г	32	32	32	32
Талкан овсяной из пророщенного зерна, г	4	5	6	7
Порошок плодов шиповника, г	4	3	2	1
Масло сливочное, г	20	20	20	20
Сахар, г	12	12	12	12
Яйца куриные, г	8	8	8	8
Сода, г	0,5	0,5	0,5	0,5
Ванилин, г	0,5	0,5	0,5	0,5
Начинка				
Творог, г	60	60	60	60
Сахар, г	12	12	12	12

Так как в ходе исследования органолептических показателей качества разработанных образцов ватрушки «Королевской» лучшим оказался образец №3, то анализ пищевой ценности проводился именно его в сравнении с контрольным. Для расчета пищевой ценности ватрушки «Королевской» с использованием талкана овсяного из пророщенного зерна и порошка плодов шиповника была использована программа «Мой здоровый рацион» (табл. 2).

Таблица 2

**Химический состав ватрушки «Королевской» с использованием
талкана овсяного из пророщенного зерна и порошка плодов шиповника**

Нутриент	Рекомендуемое суточное потребление (РСП)	Контрольный Образец		Образец №3	
		Количество	% от РСП	Количество	% от РСП
Калорийность, ккал	1308	266,8	20	266,2	20
Белки, г	78	10,4	13	10,6	14
Жиры, г	57	8,1	14	8,3	15
Углеводы, г	119	38	32	37	31
Пищевые волокна, г	20	0	~	0,9	4,5
Витамин А (РЭ), мкг	900	0	~	11,4	1,3
бета Каротин, мг	5	0	~	0,069	1,4
Витамин В1 (тиамин), мг	1,5	0	~	0,054	3,6
Витамин В2 (рибофлавин), мг	1,8	0	~	0,01	0,6
Витамин В5 (пантотеновая), мг	5	0	~	0,038	0,8
Витамин С (аскорбиновая), мг	90	0	~	14,07	16,0
Витамин Е, альфа токоферол, ТЭ (мг)	15	0	~	0,292	1,9
Витамин РР, НЭ (мг)	20	0	~	0,4186	2,1
Калий, К (мг)	2500	0	~	15,89	0,6
Кальций, Са (мг)	1000	0	~	3,52	0,4
Кремний, Si (мг)	30	0	~	1,804	6,0
Магний, Mg (мг)	400	0	~	5,1	1,3
Натрий, Na (мг)	1300	95,66	7,4	95,82	7,4
Сера, S (мг)	1000	0	~	6,8	0,7
Фосфор, Р (мг)	800	0	~	15,4	1,9
Железо, Fe (мг)	18	0	~	0,265	1,5
Цинк, Zn (мг)	12	0	~	0,1972	1,6



Анализ пищевой ценности контрольного образца ватрушки «Королевской» и ватрушки «Королевской» с добавлением талкана овсяного из пророщенного зерна и порошка плодов шиповника (образец №3) показывает, что их калорийность отличается незначительно и у разработанного образца снижается лишь на 0,6 ккал. Изменение белков и жиров также происходит незначительное: у ватрушки «Королевской» с добавлением талкана овсяного из пророщенного зерна и порошка плодов шиповника содержание белков и жиров увеличивается всего на 1 г и составляет 14 г и 15 г соответственно. Содержание же углеводов, наоборот, у нового образца на 1 г уменьшается и составляет 31 г на 100 г продукта.

В образце ватрушки «Королевской» с добавлением талкана овсяного из пророщенного зерна и порошка плодов шиповника появляются витамины и минеральные вещества, которые в контрольном образце отсутствуют. Так содержание пищевых волокон составляет 0,9 г на 100 г продукта, что позволяет удовлетворить суточную потребность в данном компоненте на 4,5 %.

Употребление 100 г ватрушки «Королевской» с добавлением талкана овсяного из пророщенного зерна и порошка плодов шиповника позволяет удовлетворить суточную потребность в витамине А на 1,3 %, в β -каротине на 1,4 %. В группу с собирательным названием «витамин А» входят ретиноиды и каротиноиды. К ретиноидам относятся ретинол (витамин А1), дегидроретинол (витамин А2), ретиналь (альдегид витамина А1) и ретиноевая кислота. β -каротин незаменим для нормальной работы организма.

Разработанный образец ватрушки «Королевской», хоть и в небольшом количестве, содержит в своем составе витамины группы В (В1, В2 и В5). Витамины данной группы относятся к водорастворимым веществам, которые играют важную роль в клеточном обмене, необходимы для нормальной работы нервной, пищеварительной и сердечно-сосудистой систем организма. Появление витаминов В1 и В2 связано с заменой части пшеничной муки высшего сорта талканом овсяным и порошком плодов шиповника, витамина В5 – введением талкана овсяного из пророщенного зерна.

Содержание витамина С в количестве 14,07 мг в 100 г ватрушки связано с заменой части пшеничной муки высшего сорта порошком плодов шиповника, в котором содержится значительное количество витамина С. Несмотря на то, что данный витамин не устойчив к высоким температурам часть его при выпекании сохраняется в продукте.

Использование в рецептуре ватрушки «Королевской» талкана овсяного из пророщенного зерна позволило повысить суточную степень удовлетворения с нуля в витаминах Е на 1,9 % и РР на 2,1 %.

Появление в химическом составе ватрушки «Королевской» жирорастворимого витамина Е в форме альфа-токоферола, являющегося основной формой, помогает восстановлению клеточных мембран и защищает ткани от воздействия свободных радикалов, которые разрушают клетки организма; влияет на свертываемость крови, помогая предупреждать образование тромбов, улучшает эластичность крупных и мелких сосудов, а также замедляет образование холестериновых бляшек.

Произведенные замены части пшеничной муки позволили увеличить содержание ряда минеральных компонентов таких, как калий, кальций, магний, сера, фосфор, железо, цинк. Суточная степень удовлетворения в калии составляет 0,6 %, в кальции - 0,4 %. В кремнии суточная потребность удовлетворяется на 6,0 %. Кремний – элемент, определяющий свойства гибких структур, соединительной ткани, нервной ткани, сухожилий, стенок сосудов и желудочно-кишечного тракта, надкостницы, хрящей, синовиальной жидкости суставов. От количества кремния зависит функционирование всей сосудистой системы организма. При его недостатке в организме он замещается кальцием (клапаны становятся жесткими, неуправляемыми), вызывая развитие порока сердца и других сердечно-сосудистых заболеваний [14]. Благодаря кремнию повышается минерализация костей, укрепляется костная ткань, из



организма выводятся соединения тяжелых металлов (этот химический элемент имеет свойство вступать во взаимодействие с металлами и, образуя соединения, безопасно выводить их из организма).

Содержание фосфора в ватрушке «Королевской» с добавлением талкана овсяного из пророщенного зерна и порошка плодов шиповника составляет 15,4 мг, что соответствует 1,9 % от суточной потребности. Фосфор выполняет очень важную функцию, а именно поддерживает жизненные процессы внутри клеток организма, без чего клетки не могут жить и развиваться.

Соединения фосфора фосфаты - являются структурными элементами костной ткани, участвуют в переносе энергии в виде макроэргических связей (АТФ, АДФ, креатинфосфат, гуанин-фосфат и других). Фосфор входит в структуру ДНК, РНК, обеспечивающих синтез белка. Он участвует в окислительном фосфорилировании, в результате которого образуется АТФ, фосфорилировании некоторых витаминов (тиамина, пиридоксина и других). Фосфор важен также для функционирования мышечной ткани (скелетной мускулатуры и сердечной мышцы) [15].

Железо и цинк – немаловажные нутриенты для человеческого организма, которые в незначительном количестве содержатся в разработанной ватрушке «Королевской» и составляют соответственно 0,265 мг (1,5 % от суточной нормы) и 0,1972 мг (1,6 % от суточной нормы).

Железо (Fe) – жизненно важный минерал, поддерживающий многие функции организма, от транспортировки кислорода до развития мозга. Принимает участие в процессе образования гемоглобина, доставляющего кислород к различным органам и тканям. При его дефиците развивается анемия, повышается чувствительность к инфекциям. Цинк является мощным антиоксидантом; повышает сопротивляемость организма простудным заболеваниям; важен для укрепления сердечно-сосудистой системы и стабилизации артериального давления; незаменим для здоровья кожных покровов, волос и ногтей и др.

Таким образом, проведенный анализ химического состава разработанной ватрушки «Королевской» показал, что замена 20 % пшеничной муки высшего сорта талканом овсяным из пророщенного зерна (15 %) и порошком плодов шиповника (5 %) является целесообразной, так как, в сравнении с контрольным образцом, позволяет обогатить мучное изделие и повысить содержание в нем ряда витаминов и минеральных веществ, сделав его более полезным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А. Влияние порошка плодов дикорастущего шиповника на потребительские свойства бисквитов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81, № 1(79). – С. 256-262. – DOI 10.20914/2310-1202-2019-1-256-262.
2. Hernández-Figueroa R.H., Mani-López E., López-Malo A. Antifungal Capacity of Poolish-Type Sourdough Supplemented with *Lactiplantibacillus plantarum* and Its Aqueous Extracts In Vitro and Bread // Antibiotics, 2022. 11 (12). pp. 1813, 10.3390/antibiotics11121813.
3. Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Овчинникова Е.В. [и др.] Обоснование использования ингредиентов для получения низкокалорийного шоколадного бисквита «Брауни» // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 8. – С. 81-86. – DOI 10.53859/02352451_2022_36_8_81.
4. Kumar L., Sehrawat R., Kong Y. Oat proteins: A perspective on functional properties // LWT Food Science and Technology, 152 (2021), Article 112307, 10.1016/j.lwt.2021.112307.
5. Alemayehu G.F., Forsido S.F., Tola Y.B., Amare E. Nutritional and phytochemical composition and associated health benefits of oat (*avena sativa*) grains and oat-based



fermented food products // Scientific Reports (1) (2023), Article 2730175, 10.1155/2023/2730175.

6. Hernández-Figueroa R.H., Mani-López E., López-Malo A. Baked products enriched with grain and seeds sprouts // Food and Humanity, 2024. Vol. 3. pp. 100426, doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100426.

7. Aung T., Kim B.R., Kim S., Shin E.C., Kim M.J. Comparative volatiles, amino acids, and phenolic compounds and characteristics of roasted germinated wheat (*Triticum aestivum* L.) during beverage preparation // LWT Food Sci Technol, 173 (2023), Article 114412, 10.1016/j.lwt.2022.114412.

8. Duhan J., Kumari N., Singh M., Garg B. General Over View of Composition, Use in Human Nutrition, Process of Sprouting, Change in Composition During Sprouting, Parameters Affecting Nutritional Quality During Sprouting, Benefits of Sprouts, Nutritional Value and Food Safety Issues of Cereals // Advances in Plant Sprouts, Springer International Publishing, 2023. pp. 1-28, 10.1007/978-3-031-40916-5_1.

9. Зайнуллина Э.А., Илларионова О.В. Разработка рецептуры пирога «королевская ватрушка» с добавлением талкана овсяного и порошка брусничного // Инновационные научные исследования: теория, методология, практика: сб. статей XIV Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – С. 29-33.

10. Дубцова Г.Н., Кусова И.У., Куницына И.К. Пищевая ценность продуктов из шиповника // Вопросы питания. - 2018. - №5 приложение. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pischevaya-tsennost-produktov-iz-shipovnika>

11. Goztepe B., Kayacan S., Bozkurt F., Tomas M., Sagdic O., Karasu S. Drying kinetics, total bioactive compounds, antioxidant activity, phenolic profile, lycopene and β -carotene content and color quality of Rosehip dehydrated by different methods // LWT-Food Sci. Technol., 153 (2022), Article 112476, 10.1016/j.lwt.2021.112476.

12. Medveckienė B., Kulaitienė J., Levickienė D., Hallmann E. The effect of ripening stages on the accumulation of carotenoids, polyphenols and vitamin C in rosehip species/cultivars // Appl. Sci., 11 (15) (2021), p. 6761, 10.3390/app11156761.

13. Gunaydin S., Alibas I. The influence of short, medium, and long duration common dehydration methods on total protein, nutrients, vitamins, and carotenoids of rosehip fruit (*Rosa canina* L.) // Journal of Food Composition and Analysis, Vol. 124, 2023, 105631, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105631>.

14. Меликян М.А., Давтян В.Г. Кремне-органическая модель человека и рекомендации по восстановлению здоровья // «MIS-RT»-2010 Сборник №48-2. URL: <https://ikar.udm.ru/mis-rt.htm>

15. Чагина Е.А., Турмова Е.П., Баштовая А.Е., Посадская М.В. Патогенетическая роль нарушений обмена фосфора в жизнедеятельности организма // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. - 2022. - №12-5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/patogeneticheskaya-rol-narusheniy-obmena-fosfora-v-zhiznedeyatelnosti-organizma>.

REFERENCES

1. Kovaleva A.E., P'yanikova E.A. Effect of wild rosehip powder on the consumer properties of biscuits // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2019. - Vol. 81, No. 1 (79). -pp. 256-262. - DOI 10.20914/2310-1202-2019-1-256-262.

2. Hernández-Figueroa R.H., Mani-López E., López-Malo A. Antifungal Capacity of Poolish-Type Sourdough Supplemented with *Lactiplantibacillus plantarum* and Its Aqueous Extracts In Vitro and Bread // Antibiotics, 2022. 11 (12). pp. 1813, 10.3390/antibiotics11121813.

3. P'yanikova E.A., Kovaleva A.E., Ovchinnikova E.V. [et al.] Justification for the use of ingredients for producing low-calorie chocolate biscuit "Brownie" // Achievements of



science and technology of the agro-industrial complex. - 2022. - Vol. 36, No. 8. - pp. 81-86. - DOI 10.53859/02352451_2022_36_8_81.

4. Kumar L., Sehrawat R., Kong Y. Oat proteins: A perspective on functional properties // LWT Food Science and Technology, 152 (2021), Art. 112307, 10.1016/j.lwt.2021.112307.

5. Alemayehu G.F., Forsido S.F., Tola Y.B., Amare E. Nutritional and phyto-chemical composition and associated health benefits of oat (*avena sativa*) grains and oat-based fermented food products // Scientific Reports (1) (2023), Article 2730175, 10.1155/2023/2730175.

6. Hernández-Figueroa R.H., Mani-López E., López-Malo A. Baked products enriched with grain and seeds sprouts // Food and Humanity, 2024. Vol. 3. pp. 100426, doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100426.

7. Aung T., Kim B.R., Kim S., Shin E.C., Kim M.J. Comparative volatiles, amino acids, and phenolic compounds and characteristics of roasted germinated wheat (*Triticum aestivum* L.) during beverage preparation // LWT Food Sci Technol, 173 (2023), Article 114412, 10.1016/j.lwt.2022.114412.

8. Duhan J., Kumari N., Singh M., Garg B. General Overview of Composition, Use in Human Nutrition, Process of Sprouting, Change in Composition During Sprouting, Parameters Affecting Nutritional Quality During Sprouting, Benefits of Sprouts, Nutritional Value and Food Safety Issues of Cereals // Advances in Plant Sprouts, Springer International Publishing, 2023. pp. 1-28, 10.1007/978-3-031-40916-5_1.

9. Zainullina E.A., Illarionova O.V. Development of a recipe for the "Royal Cheesecake" pie with the addition of oat talkan and lingonberry powder // Innovative scientific research: theory, methodology, practice: collection of articles of the XIV Int. scientific and practical conf. – Penza: MCNS "Science and Education", 2018. – pp. 29-33.

10. Dubtsova G.N., Kusova I.U., Kunitsyna I.K. Nutritional value of rosehip products // Nutrition Issues. - 2018. - No. 5 supplement. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pischevaya-tsennost-produktov-iz-shipovnika>

11. Goztepe B., Kayacan S., Bozkurt F., Tomas M., Sagdic O., Karasu S. Drying kinetics, total bioactive compounds, antioxidant activity, phenolic profile, lycopene and β -carotene content and color quality of Rosehip dehydrated by different methods // LWT-Food Sci. Technol., 153 (2022), Article 112476, 10.1016/j.lwt.2021.112476.

12. Medveckienė B., Kulaitienė J., Levickienė D., Hallmann E. The effect of ripening stages on the accumulation of carotenoids, polyphenols and vitamin C in rose-hip species/cultivars // Appl. Sci., 11 (15) (2021), p. 6761, 10.3390/app11156761.

13. Gunaydin S., Alibas I. The influence of short, medium, and long duration common dehydration methods on total protein, nutrients, vitamins, and carotenoids of rosehip fruit (*Rosa canina* L.) // Journal of Food Composition and Analysis, Vol. 124, 2023, 105631, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105631>.

14. Melikyan M.A., Davtyan V.G. Organosilicon model of man and recommendations for health restoration // "MIS-RT"-2010 Collection No. 48-2. URL: <https://ikar.udm.ru/mis-rt.htm>.

15. Chagina E.A., Turmova E.P., Bashtovaya A.E., Posadskaya M.V. Pathogenetic role of phosphorus metabolism disorders in the vital activity of the organism // International Journal of Humanitarian and Natural Sciences. - 2022. - No. 12-5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pathogeneticheskaya-rol-narusheniy-obmena-fosfora-v-zhiznedeyatelnosti-organizma>.



**Разработка технологии инновационного замороженного
десерта специализированного назначения
на основе плодово-ягодного сырья**

**Development of a technology for an innovative,
specialized frozen dessert based on fruit and berry raw materials**

Доцент, к.т.н. Ю.В. Османова, доцент, к.т.н. Т.А. Милохова, доцент, к.т.н. Н.В. Кравченко
ФГБОУ ВО «ДонНУЭТ имени Михаила Туган-Барановского», кафедра технологии и организации производства продуктов питания имени А.Ф. Коршуновой, тел. +79494384077
hvjfurf.78@list.ru

Associate Professor, PhD in Engineering Yu.V. Osmanova, Associate Professor, PhD in Engineering T.A. Milokhova, Associate Professor, PhD in Engineering N.V. Kravchenko
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "DonNUET named after Mikhail Tugan-Baranovsky," chair of Technology and Organization of Food Production named after A.F. Korshunova, tel. +79494384077
hvjfurf.78@list.ru

Аннотация. Цель работы разработка технологии инновационного замороженного десерта специализированного назначения на основе плодово-ягодного сырья.

Белковый состав определяли методом Кьельдаля, содержание жиров — рефрактометрическим способом, углеводы измеряли поляриметрически. Минеральные вещества анализировали по уровню поглощения излучения в инфракрасной области спектра. Для количественного и качественного определения витаминов применяли хроматографический метод, который позволяет одновременно разделять, идентифицировать и измерять различные витамины и их биологически активные формы.

Разработана технология замороженного десерта «Дынная Менса» специализированного назначения, в основе которого используется плодово-ягодное сырье, богатое клетчаткой, пектиновыми веществами, витаминами и минеральными веществами. При этом создана принципиально-технологическая схема производства десерта, обеспечивающая сохранность и максимальное использование полезных компонентов сырья. Проведен химический анализ, который определил качественный и количественный состав инновационного продукта, подтверждающий его высокую питательную и биологическую ценность. Данная разработка ориентирована на создание здорового замороженного продукта с улучшенными функциональными свойствами.

Результаты исследований подтверждают целесообразность внесения добавок в инновационный десерт. Разработанный продукт имеет более высокие показатели пищевой ценности по сравнению с традиционной технологией.

Abstract. The objective of this study was to develop a technology for an innovative, specialized frozen dessert based on fruit and berry raw materials.

The protein composition was determined using the Kjeldahl method, fat content was determined using refractometry, and carbohydrates were measured polarimetrically. Minerals were analyzed using infrared absorption. A chromatographic method was used for the quantitative and qualitative determination of vitamins, which allows for the simultaneous separation, identification, and measurement of various vitamins and their biologically active forms.

A technology for a specialized frozen dessert, "Melon Mensa," was developed. It is based on fruit and berry raw materials rich in fiber, pectin, vitamins, and minerals. A fundamental production process was developed to ensure the preservation and maximum utilization of the raw material's beneficial components. Chemical analysis was conducted to determine the qualitative and quantitative composition of the innovative product, confirming its high nutritional and biological value. This development is aimed at creating a healthy frozen product with improved functional properties.

The research results confirm the feasibility of adding additives to the innovative dessert. The developed product has higher nutritional value compared to traditional technology.



Ключевые слова: замороженный десерт, инновационный продукт, ягоды облепихи, дыня, алоэ, специализированное назначение, технологическая схема, пищевая ценность.

Keywords: frozen dessert, innovative product, sea buckthorn berries, melon, aloe, specialized purpose, technological scheme, nutritional value.

Исследования рынка подтверждают возрастающую популярность замороженных десертов, особенно тех, что содержат плодово-ягодное сырьё. Это связано с общей тенденцией к здоровому, полноценному и сбалансированному питанию [1].

Замороженное плодово-ягодное сырьё с давних пор широко используется в инновационных технологиях специализированного назначения. Продукты, которые подвергаются шоковой заморозке в процессе хранения, сохраняют свою первоначальную пищевую ценность и полезные свойства [2, 3].

Шоковая заморозка позволяет быстро охлаждать продукт потоком холодного воздуха, сохраняя его органолептические свойства (вкус, цвет, запах) и текстуру, поддерживает пищевую ценность и полезные свойства сырья в течение длительного времени, обеспечивает длительный срок хранения - до 12 месяцев при температуре не выше $-18...-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3, 4].

Растущее веганское население и осведомленность о веганстве продолжают стимулировать спрос на замороженные десерты. Такие потребители представляют наибольшую долю целевой группы замороженных десертов из-за сильного роста спроса на веганские тенденции [5].

Особый интерес для расширения ассортимента замороженных десертов представляет такая группа сладких блюд, как сорбет. Сорбеты - это замороженные десерты, созданные из измельчённых фруктов, ягод или овощей, что делает их богатыми витаминами, минералами, органическими кислотами и пищевыми волокнами (клетчаткой и пектином). Технология производства включает дробление сырья и быстрый процесс замораживания для сохранения питательных веществ и вкуса [6].

Принципиально-технологическая схема производства сорбета заключается в использовании плодового, ягодного и овощного сырья, которое в дальнейшем подразумевает измельчение ингредиентов с последующим его замораживанием [7, 8]. Такие виды десертов за счет высокого содержания в рецептуре продуктов переработки фруктов, ягод и овощей богаты витаминами, минеральными веществами, органическими кислотами, моно- и дисахаридами, полисахаридами, в том числе клетчаткой и пектинами [9].

В связи с этим, является актуальной разработка технологии замороженного плодово-ягодного десерта специализированного назначения с использованием растительного сырья богатого клетчаткой, пектиновыми веществами, витаминами и минеральными веществами.

Для приготовления инновационного замороженного сладкого десерта «Дынная Менса» в качестве основного сырья использовали: ягоды облепихи 20 %, дыню 50 % и алоэ 5 % к общей массе сырья, которые подвергают механической первичной обработке и бланшированию. Массу разваривают и протирают на блендере. В протертое пюре добавляют сахарную пудру и раствор лимонной кислоты. Массу тщательно перемешивают и после термической обработки охлаждают до температуры $30...35\text{ }^{\circ}\text{C}$, упаковывают пластиковые боксы, замораживают в фризерах при температуре $-30...35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Замороженный десерт хранят в камерах шоковой заморозки при температуре не выше $-18...20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение не более 12 мес.

Рациональная концентрация внесенных добавок обусловлена органолептическими показателями сорбета. При проведении дегустации сорбетов, были рассмотрены различные концентрации внесения добавок облепихи 15...25 %, дыни 40...60 %, алоэ 3...7 %.



В результате органолептической оценки, было установлено, что при внесении облепихи свыше 20 %, сорбет приобретает насыщенный масляно-пряный привкус и неприятное послевкусие. При использовании дыни свыше 60 % после замораживания структура сорбета обводненная и кристаллы льда разрушают структуру. Внесение облепихи в концентрации 20 % смягчает консистенцию сорбета за счет содержания в ней глицеридов олеиновой, линолевой, пальмитиновой, стеариновой кислот. В технологии сорбета также было использовано алоэ в количестве 5%. При повышении концентрации свыше 5 % появляется легкая горечь. В целом же, алоэ напоминает виноградный сок, что придает изделию приятный аромат и вкус.

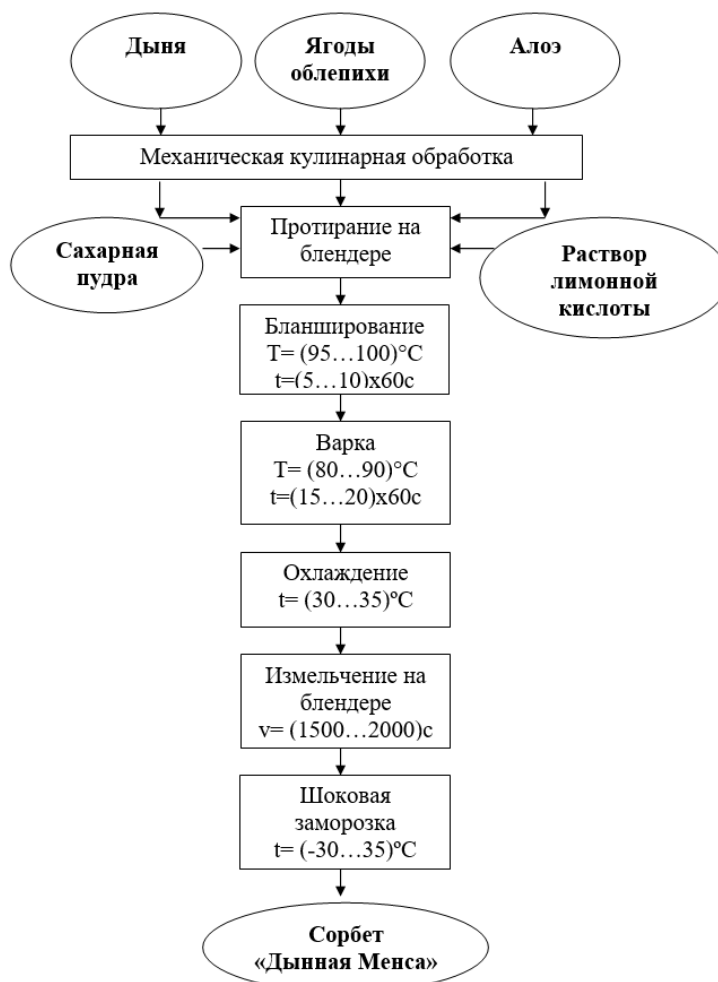


Рис. 1. Технологическая схема производства инновационного замороженного сорбета «Дынная Менса»

Особенности специализированного инновационного десерта заключается в том, что в состав включено нетрадиционное растительное сырье высокой пищевой ценности.

Важной характеристикой показателей качества готовой продукции является их пищевая ценность. Следующим этапом исследований было определение сравнительной характеристики сорбетов, на примере контрольного образца и исследуемого образца «Дынная Менса».

За основу контрольного образца была использована технология приготовления сорбета по ГОСТ Р 55624-2013. Данные исследований представлены в таблицах 1 - 3.



Таблица 1

Сравнительная характеристика образцов сорбетов

Наименование показателя	Массовая доля, %	
	Сорбет (контрольный образец ГОСТ Р 55624-2013)	Сорбет специализированного назначения «Дынная Менса»
Протеин	0,5±0,02	0,8±0,02
Жиры	1,5±0,05	0,2±0,05
Углеводы	25±0,12	27,5±0,09
Клетчатка	1,03±0,02	10,9±0,05
Пищевые волокна	2,2±0,12	9,0±0,11
Вода	87,4±0,01	92,3±0,03
Зола	0,4±0,23	0,92±0,16

В таблице 1 представлены результаты исследований сравнительной характеристики сорбета специализированного назначения «Дынная Менса» с традиционной рецептурой. Установлено, что внесение дыни, алоэ и ягод облепихи существенно улучшает показатели нового десерта, по протеину на 60 %, клетчатки на 10 %, пищевых волокон на 300 %. Из таблицы 1 видно, что количество жира снизилось на 13 %.

Таблица 2

Исследования витаминного состава десертов

Наименование витаминов	Содержание, мг/100г	
	Сорбет (контрольный образец ГОСТ Р 55624-2013)	Сорбет специализированного назначения «Дынная Менса»
Витамин А	3,9	17,0
Витамин С	15,6	25,7
Ретинол	0,0206	9,9
Тиамин	0,044	0,12
Витамин В ₂	0,86	11,24
Витамин В ₅	1,629	59,53
Витамин В ₉	44,51	81,375
Витамин В ₁₂	0,28	21,6
Витамин Е	-	0,175
Бетаин	3,9	9,97

Исследования витаминного состава подтверждают, что введение новых рецептурных компонентов значительно улучшает состав нового десерта по содержанию витаминов С, А, ретинола, В₂, В₅, В₉, В₁₂, Е и бетаину.

Таблица 3

Исследования микро- и макроэлементов в десертах

Наименование макро- и микроэлементов	Содержание, мг/100г	
	Сорбет (контрольный образец ГОСТ Р 55624-2013)	Сорбет специализированного назначения «Дынная Менса»
Макроэлементы		
Калий	80,5	148,05
Кальций	20	27,7
Кремний	49,5	50,655
Магний	9	19,5
Натрий	9	10,4
Сера	6	7,75
Фосфор	11,5	14,65
Микроэлементы		
Феррум	12,65	16,15
Йод	92,5	132,75
Кобальт	4,5	13,25
Марганец	0,6	1,09
Медь	0,5	0,885
Селен	1,5	2,165
Цинк	62,5	146,5

В таблице 3 представлены результаты исследований минерального состава новой технологии в сравнении с контрольным образцом. Было установлено, что



минеральный состав с новыми композитами увеличил содержание минеральных веществ, особенно по показателям: калия, магния, фосфора, йода, селена и цинка.

Преимущества новой инновационной технологии десерта «Дынная Менса» путем шоковой заморозки заключаются в быстром охлаждении продукта, сохраняя при этом органолептические показатели и текстуру, пищевую ценность и полезные вещества сырья, обеспечивает стабильность и длительный срок хранения (до 12 месяцев) при температуре хранения не выше -18...-20 °С, растущий спрос на здоровое питание среди населения, увеличение потребления веганских и функциональных продуктов, популярность замороженных десертов, особенно сорбетов, как источников натуральных витаминов и клетчатки.

Таким образом, технология замороженного десерта «Дынная Менса» отвечает современным запросам рынка, обеспечивает сохранение полезных свойств плодово-ягодного сырья и предлагает инновационный продукт с высокой биологической ценностью и длительным сроком хранения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусева И.В., Рыжова Н.И. Популярность замороженных десертов и тенденции здорового питания // Современные тенденции здорового питания и потребительские предпочтения в России. Вестник пищевой промышленности. — 2020.
2. Ivanov D. et al. Innovative use of berry and fruit raw materials in food technology // Journal of Food Science and Technology, 2021.
3. Александрова Н.В. Технология шоковой заморозки и её влияние на качество продуктов // Технологии замораживания пищевых продуктов: теория и практика. - СПб: Питер, 2019.
4. Rahman M. S. Handbook of Food Preservation, Second Edition. CRC Press, 2019.
5. Dinu M., et al. (2017). Vegetarian, vegan diets and multiple health outcomes: A systematic review with meta-analysis of observational studies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. - систематический обзор влияния вегетарианства на здоровье.
6. Мирада Л.А. Технология замороженных десертов // СПб.: Питер, 2017. - 192 с.
7. Беляев В.П. Биохимия пищевых продуктов // М.: Академия, 2014. - 320 с.
8. Иванова Н.В., Петрова Е.А. Исследование состава и свойств сорбетов из ягодного сырья // Пищевая промышленность. - 2020. - №6. - С. 45–50.
9. Кузнецова Е.В. Влияние технологического процесса на качество сорбетов // Технология продуктов питания. - 2018. - Т. 12 - №3. - С. 88–92.

REFERENCE

1. Guseva I.V., Ryzhova N.I. Popularity of frozen desserts and healthy eating trends // Current healthy eating trends and consumer preferences in Russia. Food Industry Bulletin. - 2020.
2. Ivanov D. et al. Innovative use of berry and fruit raw materials in food technology // Journal of Food Science and Technology, 2021.
3. Aleksandrova N.V. Shock freezing technology and its impact on product quality // Food freezing technologies: theory and practice. - St. Petersburg: Piter, 2019.
4. Rahman M. S. Handbook of Food Preservation, Second Edition. CRC Press, 2019.
5. Dinu M., et al. (2017). Vegetarian, vegan diets and multiple health outcomes: A systematic review with meta-analysis of observational studies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. - A systematic review of the impact of vegetarianism on health.
6. Mirada L.A. Technology of frozen desserts // St. Petersburg: Piter, 2017. -192 p.
7. Belyaev V.P. Biochemistry of food products // Moscow: Academy, 2014. - 320 p.
8. Ivanova N.V., Petrova E.A. Study of the composition and properties of berry sorbets // Food industry. - 2020. - No. 6. - pp. 45-50.
9. Kuznetsova E.V. Influence of the technological process on the quality of sorbets // Food technology. - 2018. - Vol. 12 - No. 3. - pp. 88-92.



Исследование изменений показателей качества паштетов функционального действия в процессе хранения

A study of changes in the quality indicators of functional pates during storage

Ст. преподаватель З.В. Соломенная,
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила
Туган-Барановского, кафедра физического воспитания, тел. +7 949 419 4336
hvjfirf.78@list.ru
ст. преподаватель Ф.Ф. Соломенный
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», кафедра физического
воспитания и спорта, тел. +7 949 3807085
hvjfirf.78@list.ru

Senior Lecturer Z.V. Solomennaya,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Donetsk National Uni-
versity of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky," chair of Physical Educa-
tion and Sports, tel. +7 949 419 4336
hvjfirf.78@list.ru
Senior Lecturer F.F. Solomenny
Donetsk National Technical University, Department of Physical Education and Sports,
tel. +7 949 3807085
hvjfirf.78@list.ru

Аннотация. Цель работы определение показателей качества паштета функционального действия с использованием топинамбура и цикория в процессе хранения.

Проведены микробиологические исследования показателей качества в процессе хранения паштетов печеночных. Для оценки изменений показателей качества в процессе хранения применялся также профильный метод органолептической оценки. Экспериментальные данные по деформации были получены с помощью ротационного вискозиметра Rheotest RN4.1.

Микробиологический анализ показывает отсутствие превышения допустимых норм в сравнении с контрольным с образцом, что свидетельствует о безопасности продукции. Органолептическая оценка, выполненная с использованием профильного метода, фиксирует стабильность вкусовых, ароматических и текстурных показателей, что подтверждает сохранение качественных свойств паштетов в заданный период хранения.

Использование полуфабриката функционального действия с использованием топинамбура и цикория не ухудшает, а способствует поддержанию стандартного уровня качества и безопасности печеночных паштетов при соблюдении рекомендуемых условиях хранения, обеспечивает баланс между прочностью и пластичностью, а также устойчивостью к деформациям.

Abstract. The objective of this study was to determine the quality indicators of functional pâtés containing Jerusalem artichoke and chicory during storage.

Microbiological studies of the liver pâtés' quality indicators were conducted during storage. A specialized organoleptic evaluation method was also used to assess changes in quality indicators during storage. Experimental deformation data were obtained using a Rheotest RN4.1 rotational viscometer.

Microbiological analysis showed no exceedance of permissible limits compared to the control sample, indicating product safety. Organoleptic evaluation, conducted using the specialized method, recorded stability of flavor, aroma, and texture indicators, confirming the preservation of the pâtés' quality properties during the specified storage period. The use of a semi-finished functional product containing Jerusalem artichoke and chicory does not degrade, but rather helps maintain the standard level of quality and safety of liver pates when stored under recommended conditions, ensuring a balance between strength and plasticity, as well as resistance to deformation.



Ключевые слова: паштет печеночный, функциональное действие, микробиологические исследования, профильный метод, органолептические показатели, деформация.

Keywords: liver pate, functional action, microbiological studies, profile method, organoleptic properties, deformation.

В виду роста спроса на здоровое питание требуются технологии пищевых продуктов с уменьшенным содержанием соли, животных жиров, при этом с высоким содержанием минеральных веществ, витаминов, пребиотиков. Производители все чаще заменяют классические эмульгаторы на натуральные загустители и пищевые волокна, что значительно улучшает пищевую ценность и функционально-технологические свойства готовой продукции [1, 2].

По данным Национального проекта «Экспорт продукции АПК», основным экспортным запросом являются паштеты с улучшенным нутриентным профилем. Вследствие высокого содержания влаги и белков в субпродуктах, микрофлора развивается быстро, вызывая порчу продукта и ухудшение органолептических и физико-химических свойств. Для контроля безопасности печеночных паштетов проводят микробиологические исследования, направленные на установление оптимальных сроков и условий хранения [3...6].

Анализ микрофлоры проводился в модельном образце сразу после тепловой обработки, а также после 24 и 48 часов хранения при температуре 4 – 6 °С, с последующим сравнением с контрольным образцом.

В качестве контрольного образца использована технология производства паштета печеночного, приготовленного по традиционной технологии (сборник рецептур блюд №159).

Технология модельного (исследуемого) образца включает в себя добавление к массе говяжьей печени полуфабриката из порошков топинамбура и корня цикория в количестве 15 % (в соотношении 60:40).

Особенностью разработки технологий печеночного паштета является использование в составе полуфабриката из топинамбура и цикория, содержащего пребиотик инулин. В 100 г паштета концентрация инулина составляет 1,7 г, что соответствует 40 % суточной потребности в функциональном ингредиенте для взрослого человека. Продукт обладает функциональным пребиотическим действием.

Результаты микробиологических показателей полуфабрикатов представлены в таблице 1. Исследования подтверждают важность соблюдения правильных условий хранения для обеспечения безопасности и качества паштетов [7].

Таблица 1

Результаты микробиологических исследований в течение хранения

Показатели	Допустимые значения	Сроки хранения, сутки		
		0	24	48
Контроль				
Общее количество КМАФАнМ, КУО в 1 г	1,0x10 ⁴	1,7x10 ²	1,9x10 ³	2,8x10 ³
БГКП; в 1 г	не допустимо	не выявлено		
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г	не допустимо	не выявлено		
Бактерии рода Proteus, в 0,1г	не допустимо	не выявлено		
E. coli, в 0,1г	не допустимо	не выявлено		
S.aureus в 0,1г	не допустимо	не выявлено		
Паштет печеночный с топинамбуром и цикорием				
Общее количество КМАФАнМ, КУО в 1 г	1,0x10 ⁴	1,2x10 ²	1,8x10 ³	2,5x10 ³
БГКП; в 1 г	не допустимо	не выявлено		
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г	не допустимо	не выявлено		
Бактерии рода Proteus, в 0,1г	не допустимо	не выявлено		
E. coli, в 0,1г	не допустимо	не выявлено		
S.aureus в 0,1г	не допустимо	не выявлено		



Анализ данных таблицы 1 показывает, что микробиологические показатели печеночного паштета с полуфабрикатом из топинамбура и цикория после 48 часов хранения при температуре 4 – 6°C не превышают допустимые нормы. Это подтверждает безопасность продукции при соблюдении рекомендуемых условий хранения.

Для оценки изменений качества продукции в процессе хранения применялся также профильный метод органолептической оценки, который разбивает комплексные показатели на конкретные дескрипторы.

Эксперты оценивали их по качеству, интенсивности и порядку проявления с использованием шкал интенсивности, что позволяло визуализировать результаты в виде профильных диаграмм. Критерии и коэффициенты значимости этих показателей указаны в таблице 2.

Таблица 2

Органолептическая оценка готовой продукции с использованием полуфабриката функционального действия

Показатель	Коэффициент т весомости	Коэффициент весомости характеристик и показателя	Характеристика показателя	Паштет печеночный (контроль)	Паштет печеночный (контроль)	Паштет функционально ,	Паштет функционально го действия
Внешний вид	0,15	0,05	форма	4,75	4,45	4,83	4,46
		0,06	наличие жира	4,53	4,18	4,67	4,41
		0,04	поверхность	4,12	3,80	4,54	4,23
Общая оценка характеристики показателя				0,67	0,62	0,70	0,65
Общая оценка показателя				0,10	0,09	0,10	0,09
Консистенци я	0,2	0,04	вязкость	4,11	3,74	4,90	4,60
		0,06	нежность	4,23	3,68	4,95	4,55
		0,05	плотность	4,19	3,70	4,75	4,45
		0,05	однородность	4,28	3,84	4,85	4,55
Общая оценка характеристики показателя				0,83	0,75	0,98	0,90
Общая оценка показателя				0,17	0,15	0,20	0,18
Цвет	0,15	0,04	однородность	4,76	4,31	4,85	4,65
		0,03	интенсивность	4,39	4,05	4,80	4,55
		0,08	соответствие сырью	4,43	4,18	4,90	4,60
Общая оценка характеристики показателя				0,67	0,62	0,72	0,69
Общая оценка показателя				0,10	0,09	0,11	0,10
Запах		0,06	соответствие сырью	4,33	4,14	4,95	4,65
Общая оценка характеристики показателя				0,88	0,83	0,99	0,92
Общая оценка показателя				0,18	0,16	0,20	0,18
Вкус	0,3	0,03	виразительност ь	4,44	4,17	5,00	4,77
		0,05	однородность	4,10	3,73	5,00	4,65
		0,05	нежность	4,25	3,96	5,00	4,68
		0,05	мазеподобность	4,24	3,90	4,95	4,60
		0,04	чистота	4,34	4,06	4,95	4,60
		0,04	натуральность	4,27	3,89	5,00	4,65
		0,04	соответствие сырью	4,35	3,92	5,00	4,70
Общая оценка характеристики показателя				1,27	1,20	1,45	1,35
Общая оценка показателя				0,38	0,36	0,44	0,41
Общая оценка готовых изделий				4,32	4,02	4,84	4,51
Общая оценка готовых изделий, % до максимального				86,4	80,4	96,8	90,2



Радиальные площади (S) профилей характеризуют комплексную органолептическую оценку изготовленных печеночных паштетов.

Определено, что печеночный паштет, изготовленный по традиционной технологии до хранения и в течение хранения 48 часов имеет худшую комплексную органолептическую оценку, чем паштет, изготовленный с добавлением полуфабриката функционального действия.

Для паштета печеночного, изготовленного по традиционной технологии, радиальная площадь составляет: до хранения $S=4,32$, после хранения 48 часов $S=4,02$; паштета печеночного (исследуемый образец) до хранения $S=4,84$, после хранения 48 часов $S=4,50$.

Печеночные паштеты представляют собой трехфазную систему, включающую жидкую дисперсионную среду, твердую дисперсную фазу и пузырьки воздуха. Благодаря этому они обладают вязкостью, упругостью и пластичностью, которые проявляются в разной степени, особенно при деформациях и смещении.

В процессе хранения паштетов для сохранения их формы и прочности важно изучать их механическое поведение. Оно характеризуется изменением деформации во времени при заданном напряжении. Характеристики зависят от способа приготовления продукта, соотношения компонентов и их свойств.

Экспериментальные данные по деформации были получены с помощью ротационного вискозиметра Rheotest RN 4.1 при температуре 22 °C. В начальный момент времени ($t=0$) на образцы было приложено напряжение $\tau_0=50$ Па, которое снималось через 120 секунд ($t_1=120$ с). Измеряемые кривые деформации отражают процессы нагрузки и разгрузки, что позволяет оценить упругие и вязкие свойства паштета, а также изменения структуры под нагрузкой в процессе хранения в течение 48 часов.

На рисунке 1 приведены кривые деформации образцов печеночных паштетов, изготовленных из говяжьей печени по классической технологии (контроль) и исследуемого образца, к которой добавляли полуфабрикат из топинамбура и цикория и хранили в течение 48 часов.

Механическое исследование паштетов с топинамбуром и цикорием позволяет оценить их устойчивость к деформации и обеспечить оптимальное качество и стабильность на протяжении их хранения.

Полученные кривые деформации подтверждают, что печеночные паштеты представляют собой сложные многокомпонентные системы с комбинированными свойствами твердого тела и жидкости.

Это выражается в упругом восстановлении формы. После снятия напряжения паштет частично восстанавливает свою исходную форму, что указывает на наличие упругих свойств, характерных для твердых тел. Это обусловлено структурой паштета, в которой твердая дисперсная фаза и связанная сеть компонентов обеспечивают возврат формы.

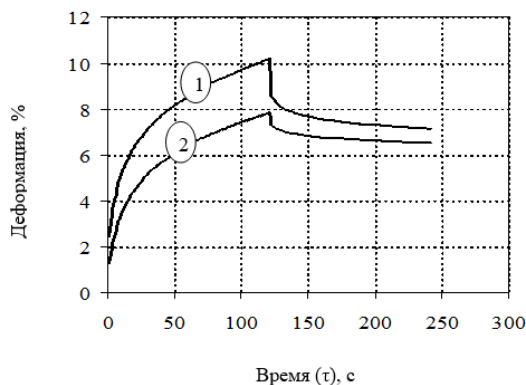


Рис. 1. Кривая деформации паштета из говяжьей печени: 1) контроль; 2) исследуемый образец с добавлением полуфабриката из топинамбура и цикория



Одновременно паштет проявляет вязкие свойства, что проявляется в постепенном течении и деформации под длительной нагрузкой. Связано это с жидкой дисперсионной средой и подвижностью отдельных компонентов, обеспечивающих адаптацию материала к приложенным силам.

Такое сочетание упругости и вязкости характеризует паштеты как двухфазные упрочнённые жидкости или влажные густые гели, что важно для сохранения формы, текстуры и комфортного восприятия при употреблении, особенно после их хранения на протяжении 48 часов.

Таким образом, по результатам анализа органолептических профилей печеночных паштетов установлено, что наиболее значимым органолептическим показателем качества разработанных паштетов является вязкость, нежность, пластичность и соответствие по запаху, цвету и вкусу соответствующему сырию.

Проведённые микробиологические исследования подтверждают, что печеночный паштет с добавлением полуфабриката из топинамбура и цикория сохраняет качество и безопасность в течение 48 часов хранения при температуре 4 – 6 °С.

Паштет печеночный с использованием полуфабриката обладает такими реологическими свойствами, которые обеспечивают баланс между прочностью и пластичностью, устойчивостью к деформациям в процессе хранения и последующего использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.И., Петров Б.С. Микробиологический контроль безопасности пищевых продуктов // М.: Пищевая промышленность, 2019. - 256 с.
2. Иванова Е.В., Сидоров М.Н. Влияние биологически активных добавок на качество мясопродуктов // Вопросы пищевой науки и технологии. - 2021. - № 3. - С. 45–50.
3. Сидоров Т.П. Современные методы исследования органолептических свойств продуктов питания // СПб.: БХВ-Петербург, 2018. - 192 с.
4. Федорова Н.В., Смирнов Д.А. Особенности хранения мясных паштетов с растительными добавками // Технология и безопасность пищевых продуктов. - 2022. - Т. 15. - № 1. - С. 34–40.
5. Гребенников И.И. Применение топинамбура и цикория в пищевой промышленности // Новосибирск: Наука, 2020. - 140 с.
6. Динамика спроса и новые векторы развития рынка печёночных паштетов : [Электронный ресурс] / Тебиз.
7. Османова Ю.В. Технология полуфабриката из топинамбура и цикория и паштетов с его использованием: дис. канд. техн. наук. - К., 2012. — 360с.

REFERENCES

1. Vasiliev A.I., Petrov B.S. Microbiological control of food safety // Moscow: Food Industry, 2019. - 256 p.
2. Ivanova E.V., Sidorov M.N. Influence of biologically active additives on the quality of meat products // Issues of food science and technology. - 2021. - No. 3. -pp. 45-50.
3. Sidorov T.P. Modern methods for studying the organoleptic properties of food products // St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2018. - 192 p.
4. Fedorova N.V., Smirnov D.A. Features of storage of meat pates with plant additives // Technology and safety of food products. - 2022. - Vol. 15. - No. 1. - pp. 34-40.
5. Grebennikov I.I. Use of Jerusalem artichoke and chicory in the food industry // Novosibirsk: Nauka, 2020. - 140 p.
6. Dynamics of demand and new vectors of development of the liver pate market: [Electronic resource] / Tebiz.
7. Osmanova Yu.V. Technology of semi-finished products from Jerusalem artichoke and chicory and pates with its use: diss. Cand. of Technical Sciences. - K., 2012. - 360 p.



Оптимизация жировой смеси в составе белково-жирового комплекса для фаршевых мясных продуктов

Optimization of the fat mixture in the composition of the protein-fat complex for minced meat products

Преподаватель А.Ц. Ангархаева, д.т.н., проф. Б.А. Баженова

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, кафедра технология продуктов животного происхождения, тел. +79503853478
zhargalova.95@mail.ru

Lecturer A.Ts. Angarkhaeva A.Ts., Doctor of Engineering Sciences, Professor B.A. Bazhenova,

East Siberian State University of Technology and Management, Department of Animal Products Technology, tel.: +79503853478
zhargalova.95@mail.ru

Аннотация. Для повышения функционально-технологических характеристик фарша мясных продуктов традиционно используют белково-жировые композиции (БЖК), в которых жир эмульгируется белковым компонентом и образуется дисперсная система. Для повышения биологической эффективности БЖК можно рекомендовать создание жировой смеси с оптимальным соотношением ПНЖК группы ω -6 к ПНЖК группы ω -3 путем купажирования животного и растительных жиров. С точки зрения биологической ценности оптимальным составом жировой смеси можно считать вариант 2, который включает в себя: 12,5% топленого говяжьего жира, 25,0 % свиного жира, 50 % подсолнечного масла и 12,5 % соевого масла.

Abstract. To improve the functional and technological properties of minced meat products, protein-fat compositions (PFCs) are traditionally used. In these compositions, fat is emulsified by a protein component, forming a dispersed system. To enhance the biological effectiveness of PFCs, it is recommended to create a fat mixture with an optimal ratio of omega-6 PUFAs to omega-3 PUFAs by blending animal and vegetable fats. In terms of biological value, the optimal fat mixture composition is option 2, which includes 12,5 % rendered beef tallow, 25 % lard, 50 % sunflower oil, and 12,5 % soybean oil.

Ключевые слова: жировая смесь, соотношение ω -6 и ω -3, жирнокислотный состав, белково-жировая композиция (БЖК), пищевая ценность.

Keywords: fat mixture, ω -6 to ω -3 ratio, fatty acid composition, protein-fat composition (PFC), nutritional value.

Качество питания является одним из ключевых аспектов в системе социально-гигиенического мониторинга, что подчеркивает его важность для здоровья населения. Избыточное потребление калорий, а также несбалансированное соотношение аминокислот и жирных кислот в рационе может привести к серьезным заболеваниям. К числу таких заболеваний относятся ожирение, атеросклероз и диабет, которые сопровождаются множеством осложнений и негативных последствий для здоровья. Поэтому необходимо уделять внимание не только количеству, но и качеству потребляемых продуктов [1].

Недостаток полноценного жира, витаминов, макро- и микроэлементов, а также пищевых волокон в рационе создает условия для формирования факторов риска различных заболеваний. Это требует разработки адекватных мер профилактики и защиты, которые могут быть реализованы через создание специализированных пищевых продуктов. В этом контексте белково-жировые системы представляют собой



весьма перспективное направление. Комбинирование животных, растительных и молочных жиров позволяет создать сбалансированные продукты, которые могут компенсировать недостаток биологически активных веществ и служить основой для разработки лечебно-профилактического питания [2, 3].

Цель исследования заключается в разработке и оптимизации рецептуры жировой смеси с высокой биологической эффективностью в составе белково-жировой композиции для дальнейшего использования в рецептуре фаршевых мясных продуктов с высокими функционально-технологическими характеристиками.

Исследования проведены в лаборатории кафедры «Технология продуктов животного происхождения. Товароведение». Объектом исследования служили разные виды животного и растительного жиров.

Для достижения поставленной цели повышения биологической эффективности жировой смеси была проведена работа по оптимизации ее состава. Критерием оптимальности служило соотношение ПНЖК группы ω -6 к ПНЖК группы ω -3, принятое, как 10:1 [4,5].

Для проведения экспериментов использовали следующие методы исследования.

Для определения жирнокислотного состава говяжьего и свиного жира применялся ГОСТ 34987-2023 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жирнокислотного состава»

Температуру застывания жира определяли методом охлаждения до неподвижности образца (по аналогии с ГОСТ 20287-91).

Значение предельного напряжения сдвига определяли путем экспериментального измерения сдвига на реометре, где прибор прикладывает возрастающее сдвиговое напряжение, а затем фиксируется скорость деформации (скорость сдвига).

Для рационального использования жира в состав мясных продуктов рекомендуется использование говяжьего и свиного жиров, однако их состав обеднен полиненасыщенными жирными кислотами [6], поэтому было решено ввести в жировую смесь растительные масла.

Первым этапом работы проектирования состава жировой смеси с заданным соотношением ω -6: ω -3 включал в себя изучение содержания ПНЖК в топленом говяжьем жире, свином жире и некоторых видах растительных масел. Данные по жирнокислотному составу говяжьего и свиного жира были получены экспериментальным путем, а жирнокислотный состав растительных масел на основе литературных данных. Проведенный анализ позволил подобрать два вида растительных масел (подсолнечное и соевое), имеющих в своем составе достаточное количество ω -6 полиненасыщенных жирных кислот, которых должно быть в 5–10 раз больше, чем ω -3 жирных кислот. В математическую модель были включены исходные данные по содержанию жирных кислот представленные в таблице 1.

Таблица 1

Соотношение ПНЖК в жирах

Компоненты	Массовая доля ПНЖК ω -6, отн. %	Массовая доля ПНЖК ω -3, отн. %
Жир говяжий	3,78±0,12	0,72±0,21
Свиной жир	9,92±0,21	0,73±0,14
Подсолнечное масло*	59,82	0
Соевое масло*	50,93	10,34

*литературные данные

Исходя из содержания данных жирных кислот в исследуемых образцах и принятого соотношения ПНЖК группы ω -6 к ПНЖК группы ω -3, как 10:1, было составлено следующее уравнение:

$$(\text{ПНЖК } \omega\text{-6(g+c+p+s)})/(\text{ПНЖК } \omega\text{-3(g+c+s)})=10/1$$



где g – количество говяжьего жира, кг; c – количество свиного жира, p – количество подсолнечного масла, кг; s – количество соевого масла, кг. После подстановки данных и упрощения уравнение принимает следующий вид:

$$p = 1,11g + c + 0,87s$$

Далее было принято произвольное значение на 100 кг жировой смеси говяжьего и свиного жира от 10 до 50 кг, соевого масла 20 кг, и в соответствии с формулой было рассчитано содержание растительного масла и затем выведены процентные соотношения.

По итогам проведенных расчетов получены пять варианты купажированных смесей с оптимальным соотношением ПНЖК группы ω -6 к ПНЖК группы ω -3, как 10:1 и проведены исследования их средней температуры застывания для определения наиболее оптимального (рис. 1).

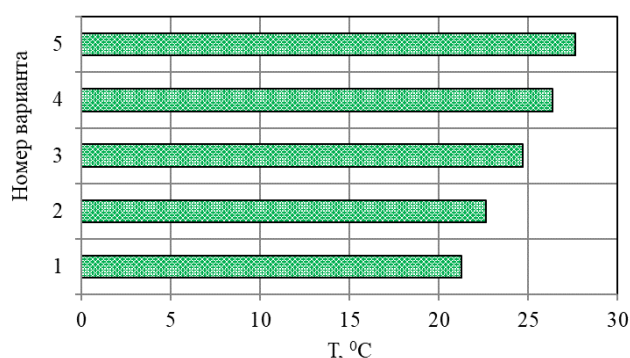


Рис. 1. Значение средней температуры застывания

Соотношение различных жировых компонентов непосредственно влияет на температурные характеристики жировой смеси. Это подтверждается данными, представленными на рисунке 1, где видно, что образец 2 с средней температурой застывания 22,62 °C является наиболее оптимальным, так как его температура не превышает 25 °C. Это свойство особенно важно для формирования органолептических характеристик готового продукта. Таким образом, оптимальным составом жировой смеси с точки зрения биологической ценности можно считать вариант 2, который включает в себя: 12,5% топленого говяжьего жира, 25,0% свиного жира, 50% подсолнечного масла и 12,5% соевого масла.

Далее были изучены характеристики полученной оптимизированной жировой смеси, данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика жировой смеси		
№	Показатель	Значение
1	Средняя температура застывания, °C	21–24
2	ПНЖК группы ω -6 к ПНЖК группы ω -3	10:1
3	Удельный вес при 18–19°C, кг/м ³	934,2

Результаты, представленные в таблице 2, показывают, что полученная жировая смесь обладает высокими физико-химическими характеристиками и демонстрирует биологическую эффективность благодаря оптимальному соотношению ω -6 и ω -3 ПНЖК.

Разработанную жировую смесь использовали для создания белково-жирового комплекса, предназначенного для фаршевых мясных продуктов. В процессе проектирования этого комплекса планируется включение в качестве белкового компонента



эффективная белковая добавка Биф Про 98, которая изготовлена на основе говяжьего белка.

Для создания белково-жирового комплекса за основу брали рекомендации по оптимальному соотношению (в процентах) белок: жир: вода (8 - 12): (40 - 50): (40 - 50) (Жаринов В.И., 1997). В рецептуре разрабатываемой БЖК содержание белковой добавки изменяли от 8 до 11 %, жировой смеси от 42 до 48, остальную часть составляла вода. Были выбраны четыре варианта, в которых изучали важный структурный показатель - предельное напряжение сдвига (рис. 2)

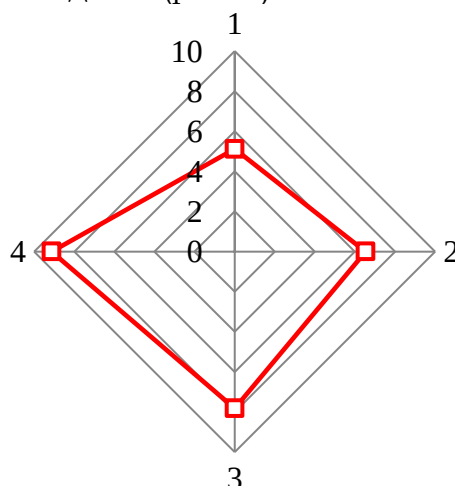


Рис. 2. Значение предельного напряжения сдвига в БЖК

Исходя из данных рисунка 2 выбран вариант БЖК 2, который обладает оптимальным показателем ПНС в пределах 6-7 кг/см².

Таким образом разработана белково-жировая композиция, в состав которой включена жировая смесь с высокой биологической эффективностью, оптимизированная по соотношению ПНЖК группы ω -6 к ПНЖК группы ω -3, как 10:1. Использование белково-жировой композиции в составе фаршевых мясных продуктов будет способствовать улучшению технологических характеристик и повышению пищевой ценности готового продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рущицкая О.А., Курдюмов А.В., Кружкова Т.И., Лылов А.С. Стратегические ориентиры социально-экономического роста качества жизни и обеспечения качества питания населения // Аграрный вестник Урала. – 2023. – Т. 23, № 12. – С. 158-166. – DOI 10.32417/1997-4868-2023-23-12-158-166.
2. Бурханова А.Г., Забалуева Ю.Ю., Гыргешкинова Е.Э., Куренков В.В. Белково-липидный комплекс с экстрактом из шиповника Даурского // Образование и наука: Материалы национальной научно-практической конференции. Сб. научных трудов. Улан-Удэ, 2021. С. 25-36.
3. Табакаева О.В., Ивашина В.А., Тихонов С.Л. Исследование показателей мясного фарша с белково-жировой эмульсией // Вестник ВСГУТУ. – 2025. – № 2(97). – С. 22-29. – DOI 10.53980/24131997_2025_2_22.
4. Омаров Р.С., Шлыков С.Н., Болаев Б.К., Натыров А.К. Изучение возможности обогащения жирнокислотного состава говядины полиненасыщенными жирными кислотами // ТППП АПК. - 2017. - №4 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vozmozhnosti-obogascheniya-zhirnokislotnogo-sostava-govyadiny-polinenasychennymi-zhirnymi-kislotami>



5. Забалуева Ю.Ю., Андреева А.А., Шевченко Г.В., Амерханов К.Р. Применение белково-липидного комплекса в технологии мясных паштетных изделий // Bulletin of Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University) Applied Scientific Disciplines Series. 2024., 16-23. 10.69540/2949-4079.2024.58.47.002.

6. Жаргалова А.Ц., Данилов М.Б., Мосягина Н.А. Изучение жирнокислотного состава мяса Галловейской породы скота // Образование и наука: Матер. национальной науч.-практ. конф. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2020. – С. 50-53.

7. Кобыляцкий П.С., Тупольских Т.И. Новое в технологии применения белково-жировых эмульсий на основе низкосортного мясного сырья // Научная жизнь. – 2025. – Т. 20, № 3(141). – С. 726-734. – DOI 10.35679/1991-9476-2025-20-3-726-734.

REFERENCES

1. Rushitskaya O.A., Kurdyumov A.V., Kruzhkova T.I., Lylov A.S. Strategic guidelines for socio-economic growth in the quality of life and ensuring the quality of nutrition of the population // Agrarian Bulletin of the Urals. - 2023. - Vol. 23, No. 12. - pp. 158-166. - DOI 10.32417/1997-4868-2023-23-12-158-166.

2. Burkhanova A.G., Zabalueva Yu.Yu., Gyrgeshkinova E.E., Kurenkov V.V. Protein-lipid complex with an extract from Daurian rose // Education and Science: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference. Collection of scientific papers. Ulan-Ude, 2021. pp. 25-36.

3. Tabakaeva O.V., Ivashina V.A., Tikhonov S.L. Study of indicators of minced meat with protein-fat emulsion // Bulletin of VSGUTU. - 2025. - No. 2 (97). - pp. 22-29. - DOI 10.53980/24131997_2025_2_22.

4. Omarov R.S., Shlykov S.N., Bolaev B.K., Natyrov A.K. Study of the possibility of enriching the fatty acid composition of beef with polyunsaturated fatty acids // TPPP APK. - 2017. - No. 4 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vozmozhnosti-obogascheniya-zhirnokislotnogo-sostava-govyadiny-polinenasyschennymi-zhirnymi-kislotami>

5. Zabalueva Yu.Yu., Andreeva A.L., Shevchenko G.V., Amerkhanov K.R. Application of a protein-lipid complex in the technology of meat pate products // Bulletin of Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University) Applied Scientific Disciplines Series. 2024., 16-23. 10.69540/2949-4079.2024.58.47.002.

6. Zhargalova A.Ts., Danilov M.B., Mosyagina N.A. Study of the fatty acid composition of Galloway cattle meat // Education and Science: Proceedings of the national scientific and practical conf. - Ulan-Ude: East Siberian State University of Technology and Management, 2020. - pp. 50-53.

7. Kobilyatsky P.S., Tupolskikh T.I. New in the technology of using protein-fat emulsions based on low-grade meat raw materials // Scientific Life. - 2025. - Vol. 20 - No. 3 (141). - pp. 726-734. - DOI 10.35679/1991-9476-2025-20-3-726-734.



**Универсальные белковые субстанции
на основе ферменти-рованного коллагена: получение,
характеристика и использование
в здоровьесберегающих технологиях**

**Universal protein substances based on fermented collagen:
production, characterization, and use
in health-preserving technologies**

Аспирант Ю.Ю. Куркина,
Томский государственный университет, Высшая инженерная школа агробиотехнологий
«Агробиотек», тел. +7(926)684-75-31
juli_nutricionist@mail.ru
руководитель научно-образовательного центра «Прикладная биотехнология и
нутрициология», профессор, д.б.н. В.М. Позняковский
Кемеровский государственный медицинский университет, кафедра гигиена,
тел. 8(905)911-19-47,
pvm1947@bk.ru

Postgraduate Student Yu.Yu. Kurkina,
Tomsk State University, Higher Engineering School of Agricultural Biotechnology "Agrobi-
otek", tel. +7(926)684-75-31
juli_nutricionist@mail.ru
Head of the Scientific and Educational Center "Applied Biotechnology and Nutrition",
Professor, Doctor of Biological Sciences V.M. Poznyakovsky
Kemerovo State Medical University, chair of Hygiene, tel. 8(905)911-19-47,
pvm1947@bk.ru

Аннотация. Разработаны рецептуры и технология белковых субстанций «Метаколлаген» и «Метаколлаген кремний +» на основе ферментированного коллагена животного происхождения с использованием грибной щелочной протеазы и минеральной воды с высоким содержанием кремния в качестве промотора коллагена. Технология производства включает ферментацию желатина животного происхождения с первоначальным растворением при 80 °С в течении 1-1,5 часов, охлаждением до 60 °С и ферментативным гидролизом в течении 47 часов при 55-60 °С. Коррекция pH не обязательна. Сухой мелкодисперсный порошок метаколлагена получают путем распылительной сушки и просеивания через вибросита с ячейкой 1,0 мм. Исследован аминокислотный состав, который способствует эффективному биосинтезу собственного коллагена и регенеративным процессам. Размер пептидов белковых субстанций составляет менее 10 Да, что обеспечивает их биодоступность. Определены физико-химические показатели и пищевая ценность. Эффективность кремния определяется его растворимой формой – ортокремниевой кислотой и наличием синергистов – физиологически активных элементов Co, Ca, Al, P, S, K и Na. Кремний, в качестве функционального ингредиента, необходим для реализации функциональных свойств соединительной и эпителиальной тканей, приданию им эластичности и прочности, особенно это касается кровеносных сосудов, где он содержится в коллагене и эластине. Кроме этого, кремний повышает кальцификацию и минерализацию костной ткани, профилактирует образование в сосудах атеросклеротических бляшек, гипертонию и артеросклероз, повышает устойчивость кератина к воздействию неблагоприятных факторов. Установлено время и режимы хранения: жидкий метаколлаген (до 30 %, без консервантов) – 1 год, при 4-25 °С, сухой – 5 лет при 25 °С и влажности не более 60 %.

Abstract. The formulations and technology of the protein substances "Metacollagen" and "Metacollagen Sili-con +" based on fermented animal collagen using fungal alkaline protease and mineral water with a high content of silicon as a collagen promoter have been developed. The production technology includes the fermentation of animal-origin gelatin with initial dissolution at 80 °C for 1-1,5 hours, cooling to 60 °C, and



enzymatic hydrolysis for 47 hours at 55-60 °C. pH correction is not necessary. The dry, fine-grained meta-collagen powder is obtained by spray drying and sifting through vibrating screens with a 1,0 mm mesh. The amino acid composition has been studied, which contributes to the effective biosynthesis of native collagen and regenerative processes. The size of the protein substance peptides is less than 10 Da, which ensures their bioavailability. The physical and chemical properties and nutritional value have been determined. The effectiveness of silicon is determined by its soluble form, orthosilicic acid, and the presence of synergists, such as the physiologically active elements Co, Ca, Al, P, S, K, and Na. As a functional ingredient, silicon is essential for the proper functioning of connective and epithelial tissues, providing them with elasticity and strength, particularly in the case of blood vessels, where it is found in collagen and elastin. In addition, silicon increases the calcification and mineralization of bone tissue, prevents the formation of atherosclerotic plaques in the vessels, hypertension, and atherosclerosis, and increases the resistance of keratin to adverse factors. The following storage time and conditions have been established: liquid metacollagen (up to 30 %, without preservatives) – 1 year at 4-25 °C, and dry metacollagen – 5 years at 25 °C and a humidity of no more than 60 %.

Ключевые слова: белковые субстанции, ферментированный коллаген, рецептуры, технология, характеристика функциональных свойств.

Keywords: protein substances, fermented collagen, formulations, technology, and functional properties.

Разработаны белковые субстанции «Метаколлаген» и «Метаколлаген кремний +» на основе гидролизованного коллагена животного происхождения, в том числе с высоким содержанием кремния. Объектом гидролиза определен говяжий желатин, ферментом – грибная щелочная протеаза, протозим С (5000 ед/г). В качестве источника кремния использована минеральная вода с содержанием метакремниевой кислоты на уровне 76,7-110,2 мг/дм³.

Рецептура разработанных субстанций представлена в таблице 1.

Таблица 1

Рецептура субстанций «Метокаллаген» и «Метаколлаген кремний +»
(Форма выпуска: - раствор (содержит от 1% до 60% коллагена гидролизованного)
- порошок (содержит 100% коллагена гидролизованного))

№	Наименование компонентов	Содержание, %
1	Коллаген гидролизированный	1-100
2	Вода очищенная (для «Метаколлаген»)	0-40
3	Вода минеральная с метакремниевой кислотой (для «Метаколлаген кремний +»)	0-40
4	Консерванты (только для жидких форм)*	0,2
5	Итого	100

*Калия сорбат (E202), натрия бензоат (E211), низин (E234)

Показано, что ферментативный гидролиз коллагена приводит к разрыву пептидных связей, что обеспечивает его высокую усвояемость и эффективность. Кремний, наряду с другими минералами, выполняет роль промотора коллагена в реализации его метаболических функций и модифицированной белковой субстанции.

Универсальные белковые субстанции в форме БАД состоят из смеси коллагенов 1 - 3 типов с положительными органолептическими показателями. 90 % всего коллагена костей, сухожилий и органов составляет коллаген первого типа, второй тип входит в состав других суставов и хрящей, третий – как и коллаген первого типа основной хрящ ретикулярных волокон.

Структура молекулы коллагена состоит из трех пептидных составляющих с остатками аминокислот. Каждая третья аминокислота коллагена – глицин, 20 % приходится на гидроксипролин и пролин, 10% представляет аланин, оставшиеся 40 % приходится на другие аминокислоты.

Технология производства заключается в приготовлении смеси - в пищеварочный котел с нагревом и охлаждением дозируют очищенную воду или минеральную, нагревают до 80 °C, вводят при постоянном перемешивании желатин. Растворяют в течение 1,0-1,5 часов, охлаждают смесь до 60 °C, добавляют протеазу, перемешивают до



полного растворения, выдерживают 47 часов при 55-60 °С. Коррекция pH не обязательна. Далее идет пастеризация в течении 30 минут при температуре 90±2 °С, охлаждение до 50 °С, добавление консервантов, предварительно растворенных в небольшом количестве воды. Измеряют сухой остаток и получают раствор с различным содержанием коллагена от 1 до 30 % путем корректировки концентрации очищенной или минеральной воды. Отфильтровывают через нейлоновый фильтр 0,16 мм. Упаривают раствор гидролизованного коллагена на вакуум выпарной установке до концентрации 31-60 % и 64-84 %. Получают сухой (мелкодисперсный, микрогранулированный) порошок метаколлагена путем распылительной сушки, просеивают через вибросита (1,0 мм), концентрация 85-100 %. Готовые полупродукты «Метаколлаген» или «Метаколлаген кремний +» передают на стадию фасовки и упаковки в комбинированные пакеты из алюминиевой фольги и полиэтилена в соответствии с технологической инструкцией. Хранение: метаколлаген жидкий до 30 % без консервантов 1 год при 4-25 °С, после вскрытия упаковки не более 3 суток при температуре 4-6 °С. Метаколлаген сухой 5 лет при 25 °С и относительной влажности воздуха не более 60 %.

Использование в технологии гидролиза нативного коллагена природного фермента при щадящих параметрах pH и температуре характеризует этот процесс как инновационный.

Изучен аминокислотный состав биотехнологической субстанции «Метаколлаген кремний +» методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (рис. 1).

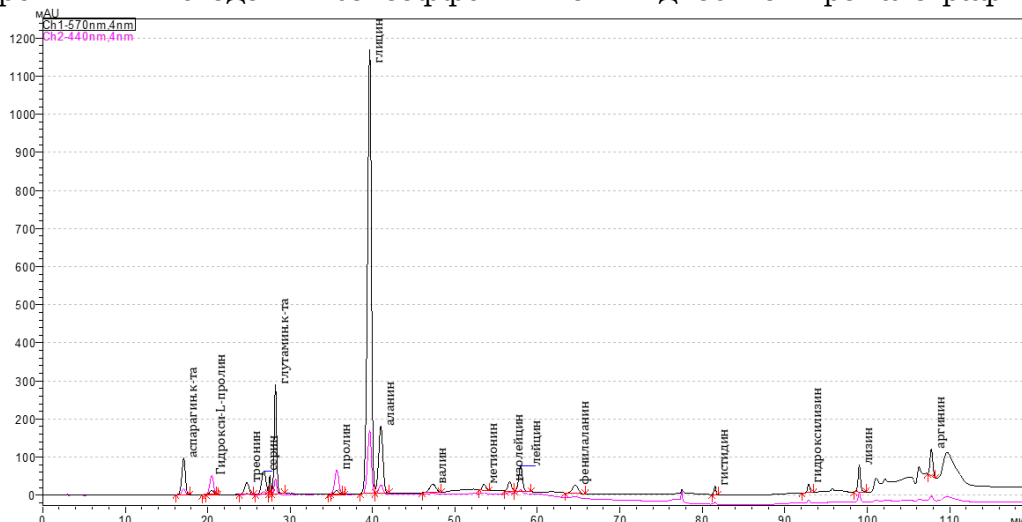


Рис. 1. Хроматограмма аминокислотного состава «Метаколлаген кремний+»

Более 50 % аминокислот в «Метаколлаген кремний +» – составляет сумму глицина, пролина и гидроксипролина, которые обеспечивают стабильность первичной и вторичной структуры коллагена.

Метаколлаген (гидролизированный коллаген) включает более 50 % указанных выше незаменимых аминокислот, а также пролин, глицин, гидрокс-α-пролин, играющих важную роль в обменных процессах организма, формировании микробиома, сохранении здоровья и работоспособности [2,4,5].

Гидролизированный коллаген (метаколлаген) состоит из аминокислот, играющих важную роль в развитии и здоровье человека. Содержит в своем составе более 50 % суммы глицина, гидрокси-α-пролина и пролина, а также семь из восьми незаменимых аминокислот - лейцин, изолейцин, валин, лизин, метионин, треонин и фенилаланин.

Аминокислотные ингредиенты продукта способствует эффективному синтезу собственного коллагена и регенеративным процессам.



Аминокислотный состав субстанции включает практически все незаменимые аминокислоты (семь из восьми): лейцин, изолейцин, валин, лизин, метионин, треонин и фенилаланин (табл. 2).

Таблица 2

Содержание аминокислот в биотехнологической субстанции

№	Аминокислота	Содержание, мг/гр ($m \pm SEM$)	Содержание, % (m)
1	Аспарагин.к-та	$59,06 \pm 0,35$	5,91
2	Гидрокси-L-пролин	$124,11 \pm 1,55$	12,41
3	Треонин	$18,41 \pm 0,04$	1,84
4	Серин	$33,57 \pm 0,37$	3,36
5	Глутамин.к-та	$106,55 \pm 0,52$	10,66
6	Пролин	$141,15 \pm 2,00$	14,11
7	Глицин	$233,20 \pm 1,90$	23,32
8	Аланин	$93,67 \pm 0,64$	9,37
9	Валин	$22,99 \pm 0,13$	2,30
10	Метионин	$7,02 \pm 0,08$	0,70
11	Изолейцин	$15,80 \pm 0,12$	1,58
12	Лейцин	$31,53 \pm 0,07$	3,15
13	Фенилаланин	$19,61 \pm 0,07$	1,96
14	Гистидин	$6,58 \pm 0,28$	0,66
15	Гидроксизин	$10,34 \pm 0,28$	1,03
16	Лизин	$38,47 \pm 1,32$	3,85
17	Аргинин	$67,20 \pm 0,83$	6,72
	Сумма	$1029,24 \pm 0,90$	102,92

Определен размер пептидов в «Метаколлаген кремний +», который составляет менее 10 Да. По сравнению с другими пептиды такого размера они обладают большей биодоступностью.

Исследованы физико-химические показатели (табл. 3) и пищевая ценность (табл. 4).

Таблица 3

Физико-химические показатели «Метаколлаген кремний +»

Наименование показателя	Норма
Содержание белка	$\geq 90 \%$
Содержание жира	$< 2 \%$
Насыпная плотность	$\geq 0,38 \text{ кг/дм}^3$
Вязкость (25% раствор)	$5 - 15 \text{ мПа} \cdot \text{с}$
Массовая доля влаги	$\leq 5,0 \%$
Массовая доля золы	$\leq 2,5 \%$
pH (1% раствора)	5-6
Кальций	$\geq 100 \text{ мг/100 г}$
Железо	$\geq 1 \text{ мг/100 г}$
Калий	$\geq 1 \text{ мг/100 г}$
Магний	$\geq 10 \text{ мг/100 г}$
Марганец	$\geq 0,1 \text{ мг/100 г}$

Таблица 4

**Пищевая ценность «Метаколлаген кремний +»
(мелкодисперсный порошок; микрогранулированный порошок)**

Пищевая ценность:	г/100 грамм продукта *
Жиры	0
Белки	90
Углеводы	0
Энергетическая ценность, кКал/ кДж	360/ 1510

Важно отметить сродство животных тканей к кремниевой кислоте в рамках участия кремния в многосторонних функциях организма. Эффективность кремния определяется его растворимой формой – орто-кремниевой кислотой и наличием промоторов – физиологически активных элементов Co, Ca, Al, P, S, K и Na.



Показано, что кремний и его соединения необходимы для реализации функциональных свойств соединительной и эпителиальной тканей, приданию им эластичности и прочности [3].

Кремний важен не только для кожных покровов, но и кровеносных сосудов, где он содержится в коллагене и эластине в качестве функционального ингредиента.

Установлено, что при артеросклерозе уровень кремния в соединительной ткани снижается, нарушается эластичность стенок кровеносных сосудов за счет падения содержания эластина, возрастает проницаемость стенок артерий. Все это приводит к проникновению «вредных» липидов в плазму крови, их отложению внутри кровеносных сосудов и формированию артеросклеротических бляшек. Аналогичные процессы происходят у лиц пожилого и старческого возраста с наличием гипертензии и артеросклероза.

Содержащийся в волосах и ногтях кремний химически связывает поперечными мостиками микромолекулы кератина, повышая, тем самым, его устойчивость к воздействию различных- неблагоприятных факторов.

Показано, что кремний, наряду с витаминами, повышает скорость кальцификации и минерализации костной ткани [3].

Разработанные субстанции и их промутеры могут найти применение в производстве широкого ассортимента специализированных продуктов для коррекции обменных нарушений и сохранения функциональных свойств соединительных тканей (хрящи, эпителии, слизистые оболочки и др.), улучшения внешнего вида ногтей, кожи и волос [1].

Рецептуры и технологии субстанции апробированы на предприятиях биотехнологического кластера компании «АртЛайф» по требованиям международных стандартов ИСО 22000 и GMP, что обеспечивает гарантию качества и доверие со стороны потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Австриевских А.Н., Вековцев А.А., Челнакова Н.Г., Позняковский В.М. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения: моногр. - Москва: ИНФРА-М, 2022. 414 с.
2. Вековцев А.А., Серба Е.М., Бямбаа Б., Позняковский В.М. Микробиом и биохакинг: парадигма управления здоровьем // Индустрия питания. - 2021. - Т6 - №2. - С. 16–22.
3. Мокиенко А.В. Кремний в воде. Гигиенические и медико-биологические аспекты: моногр. – Одесса, Изд-во «Феникс». 2020., 260 с.
4. Никитюк Д.Б., Позняковский В.М., Серба Е.М. Современные представления о микробиоме и его роли в регуляции обменных процессов, сохранении здоровья и работоспособности // Вестник Южно-Уральского гос-ударственного университета: Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2022. – Т. 10, - № 2. – С. 59-72.
5. Черешнев В.А., Позняковский В.М. Фактор питания и эволюционно-генетическое формирование кишечной микрофлоры: значение для сохранения иммунитета и здоровья // Индустрия питания. – 2020. – Т6, - №3. – С. 5-16.

REFERENCES

1. Avstrievisky A.N., Vekovtsev A.A., Chelnakova N.G., Poznyakovsky V.M. Healthy food products: new technologies, quality assurance, and effectiveness of use: monograph. - Moscow: INFRA-M, 2022. 414 p.
2. Vekovtsev A.A., Serba E.M., Byambaa B., Poznyakovsky V.M. Microbiome biohacking: health management paradigm // Food industry. - 2021. - Т6 - No. 2. - pp. 16-22.
3. Mokienko A.V. Silicon in water. Hygienic and medical-biological aspects: monograph. - Odessa, Phoenix Publishing House. 2020., 260 p.
4. Nikityuk D.B., Poznyakovsky V.M., Serba E.M. Modern concepts of the microbiome and its role in the regulation of metabolic processes, maintaining health and performance // Bulletin of the South Ural State University: Series "Food and Biotechnology". - 2022. - Vol. 10, - No. 2. -pp. 59-72.
5. Chereshnev V.A., Poznyakovsky V.M. Nutritional factor and evolutionary-genetic formation of intestinal microflora: significance for maintaining immunity and health // Food industry. - 2020. - Vol. 6, - No. 3. - pp. 5-16.



Отдельные подходы к технологической оценке качества порошковых материалов

Selected approaches to the technological assessment of the quality of powder materials

Профессор, д.т.н. И.Ю. Алексанян,

Астраханский государственный технический университет, заведующий научно-исследовательской лабораторией пищевые системы и биотехнологии, тел. (8512) 61-44-69
16081960igor@gmail.com

Профессор, д.т.н. А. Х.-Х. Нугманов, ассистент О.И. Коннова, аспирант

А.В. Хадаев

Астраханский государственный технический университет, кафедра технологические машины и оборудование, тел. 8(905)480-14-95
okonnova88@gmail.com

Professor, Doctor of Engineering I.Yu. Aleksanyan,

Astrakhan State Technical University, Head of the Food Systems and Biotechnology Research Laboratory, tel. (8512) 61-44-69
16081960igor@gmail.com

Professor, Doctor of Engineering A.Kh.-Kh. Nugmanov, Assistant Professor

O.I. Konnova, Graduate Student A.V. Khadayev

Astrakhan State Technical University, chair of Technological Machines and Equipment, tel. 8(905)480-14-95
okonnova88@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные вопросы технологической оценки качества порошковых материалов на примере гидролизатов рыбного протеина (ГРП). Целью исследования является сравнительный анализ структурно-механических характеристик порошков, обезвоженных различными способами (кондуктивная сушка, сушка в псевдооживленном слое, вакуумная пеносушка), для определения их пригодности к последующему гранулированию и таблетированию. В качестве перспективного метода модификации свойств исследуется применение ксантановой камеди в качестве загустителя, позволяющего использовать более экономичную атмосферную конвективную сушку. Экспериментальная часть работы выполнена с использованием современного оборудования — автоматизированной установки «Структурометр СТ-2». С его помощью проводился комплексный анализ реологических свойств материалов, включая построение кривых силовой деформации и релаксации напряжений. Полученные данные обрабатывались с применением методов линеаризации и эмпирических зависимостей, что позволило количественно оценить ключевые параметры: прессуемость, структурную однородность, асимптотический модуль прессования и критическое напряжение сжатия. Результаты исследования демонстрируют существенное влияние способа сушки и влажности материала на его технологические свойства. Установлено, что наибольшей прессуемостью и структурной однородностью обладают порошки, полученные методом вакуумной пеносушки. При этом использование ксантановой камеди в сочетании с конвективной сушкой позволяет получить продукт с низкой сорбционной активностью, что технологически и экономически выгодно для последующего таблетирования. Определена критическая влажность (13–14 %), превышение которой приводит к потере сыпучести и делает процесс таблетирования невозможным. Проведенный анализ предоставляет научно обоснованные критерии для выбора рациональных методов обезвоживания и параметров обработки порошковых материалов в пищевой промышленности.

Abstract. The article discusses current issues of technological assessment of the quality of powder materials using the example of fish protein hydrolysates (FPH). The aim of the study is a comparative analysis of the structural and mechanical characteristics of powders dehydrated by various methods (conductive drying, fluidized bed drying, vacuum foam drying) to determine their suitability for subsequent granulation and tableting. As a promising method for modifying properties, the use of xanthan gum as a thickener is being



investigated, which makes it possible to use more economical atmospheric convective drying. The experimental part of the work was performed using modern equipment - the automated installation "Structrometer ST-2". It was used to conduct a comprehensive analysis of the rheological properties of materials, including the construction of force deformation and stress relaxation curves. The data obtained were processed using linearization methods and empirical dependencies, which made it possible to quantify key parameters: compressibility, structural uniformity, asymptotic compression modulus and critical compression stress. The results of the study demonstrate the significant influence of the drying method and humidity of the material on its technological properties. It has been established that powders obtained by vacuum foam drying have the greatest compressibility and structural uniformity. At the same time, the use of xanthan gum in combination with convective drying makes it possible to obtain a product with low sorption activity, which is technologically and economically advantageous for subsequent tableting. A critical humidity (13-14 %) has been determined, exceeding which leads to loss of flowability and makes the tableting process impossible. The analysis provides scientifically based criteria for the selection of rational methods of dewatering and processing parameters of powder materials in the food industry.

Ключевые слова: порошковые материалы, структурно-механические свойства, реологические характеристики, прессуемость, таблетирование, сушка, влажность.

Keywords: powder materials, structural and mechanical properties, rheological characteristics, compressibility, tableting, drying, humidity.

В настоящее время уделяется большое внимание нетрадиционным способам переработки белоксодержащего сырья животного и растительного происхождения, производству белковых концентратов, гидролизатов, сухих пищевых и кормовых кусковых, порошковых и гранулированных продуктов.

С целью определения параметров высушенных порошковых материалов как объектов последующей технологической обработки (гранулирования (таблетирования), транспортировки, упаковки и др.) целесообразно осуществить оценку качественных показателей порошковых материалов, выработанных различными методами обезвоживания. Для этого резонно провести анализ структурно-механических характеристик обезвоженных материалов.

Из [1] следует то, что гидролизаты рыбной природы (ГРП) обладают существенной сорбционной способностью со сложной системой взаимодействия сухого остатка с водой.

Обуславливающей структурно-механические показатели ГРП является специфика структурной организации изучаемого ГРП, зависящая от способов концентрирования и сушки.

Для устранения недостатков порошков вакуумной пеносушки при радиационном энергоподводе и самого дорогостоящего способа, который считается рациональным для обезвоживания ГРП [2], рекомендуется вместо концентрирования использовать, как загуститель ксантановую камедь (КК), добавка которой, кроме того, повышает стабильность и эластичность пеноструктур, что облегчает их съем с рабочей поверхности и позволяет использовать атмосферную конвективную сушку.

КК (ксантан) – природное химическое соединение (C₃₅H₄₉O₂₉)_n, пищевая добавка Е415, относится к группе стабилизаторов. По химической природе КК представляет собой полисахарид, полученный путём ферментации с использованием бактерий *Xanthomonas campestris*. В жизненном цикле бактерий служит им защитой от вирусов и пересыхания, поэтому может использоваться в косметических средствах для увлажнения кожи. Производство КК основано на аэробном брожении в водном растворе углеводов, источника азота и др., после чего среду пастеризуют и осаждают спиртом или очищают методом микрофильтрации [3].

Свойства КК регулируют, изменяя условия жизни бактерий. Главная цепь полимера идентична молекуле целлюлозы. Ответвления представляют собой остатки молекул глюкозы, маннозы, глюкуроновой кислоты, а также пировинограднокислые (пируватные) и ацетильные группы. Число пируватных групп определяет вязкость



водных растворов КК. Для пищевых целей кислотные группы нейтрализуют, переводя КК в калиевые, натриевые или кальциевые соли.

КК используется в пищевых системах в качестве загустителей, гелеобразователей и стабилизаторов. Она хорошо растворима в холодной и горячей воде, молоке, а также в растворах соли и сахара. Молекулы КК адсорбируют воду с образованием трёхмерной сетки из двойных спиралей КК, по структуре близкой с гелем, но отличающейся меньшей вязкостью. В связи с этим, ксантан обычно используют как загуститель или стабилизатор, а не гелеобразователь.

Применение КК позволяет увеличить вязкость и эластичность продукта, получить его более стабильную и пластичную структуру, уменьшить потери влаги при термообработке и последующем хранении готовых продуктов.

Раствор КК устойчив к ферментам, спиртам, ПАВ, кислотам (кроме соляной) и щелочам, высоким (до 120 °С) и низким (до -18 °С) температурам. В смеси с другими камедями эффект загущения выше, чем для каждого загустителя в отдельности. Для раствора КК характерны высокие значения вязкости в диапазоне рН от 2 до 12 и псевдопластичности. Благодаря этим свойствам формирует хорошую структуру, долгосрочно стабилизирует продукты и удлиняет сроки их хранения. Широко используется в производстве соусов, молочных продуктов, мороженого, десертов, хлебобулочных изделий, напитков и др [4].

Помимо пищевой и косметической промышленности, КК применяется в процессах добычи нефти и газа. Ксантановая смола применяется в качестве структурообразователя в буровых растворах на водной основе, как пресных, так и сильно минерализованных. Ксантановая смола обладает свойствами, желательными для растворов, применяемых при закачивании и капитальном ремонте скважин. Ксантановая смола не является материалом для регулирования фильтрации, однако она хорошо сочетается с понизителями фильтрации, такими как КМЦ, Ксантановую смолу используют в концентрациях от 0,6 до 6 кг/м³.

Объектом исследования послужил кислотный ГРП из каспийской кильки, обезвоженный различными способами концентрирования и высушивания.

Технология бульонных концентратов из ГРП предопределяет операцию формовки готового материала в форме кубиков или таблеток [5,6]. По этой причине для рационализации данной операции осуществлен сравнительный структурно-механический анализ порошковой продукции, высушенной разными способами посредством испытательной машины «Структурометр СТ-2» с модернизированным приспособлением.

Экспериментальный стенд «Структурометр СТ-2» (рис.1) предназначен для анализа текстуры материала, в частности, для выявления его прочностных и реологических параметров, таких как общая деформация и ее пластическая и упругая составляющие, модуль упругости, напряжение адгезии, предельные напряжение сдвига и усилие нагрузки, вязкостные параметры, прочность, продолжительность и интенсивность релаксации механических напряжений.

Данный прибор является полностью автоматическим с электромеханическим принципом работы при микропроцессорном управлении его характеристиками. На нем проводят количественную оценку механического воздействия индентора, установленного в тензодатчике в процессе его введения в исследуемый образец. При этом осуществляется математическая обработка и систематизация полученных данных для нахождения искомых параметров.

Механизм электромеханического типа сконструирован из шагового двигателя, шарико-винтовой пары (ШВП), тензобалки, состоящей из корпуса с гайкой ШВП, на которой установлен тензодатчик и усилителя, блока управления, снабженного микроконтроллером, платы для накопления полученных результатов изучения, двух блоков питания.

Изучаемый образец располагается на съемной подложке или на подложке с опорами. Вертикальное движение индентора проводится при помощи ШВП и шагового двигателя по определенному алгоритму с учетом реакции тензодатчика и выбранного режима. Определение, настройка режимных параметров и фиксирование данных осуществляется посредством мыши/клавиатуры и монитора ЭВМ, связанной с платой для накопления полученных результатов изучения через интерфейс USB. На передней панели находятся кнопки для ручного управления функционированием прибора.



Рис. 1. Панель управления Структурометра СТ-2: 1 – светодиод; 2 – кнопка «Старт»; 3 – кнопка «Стоп»; 4 – кнопка «ускоренное перемещение тензобалки вверх»; 5 – кнопка «Средняя скорость»; 6 – кнопка «Средняя скорость движения вниз»; 7 – кнопка «Ускоренное перемещение тензобалки вниз»; 8 – кнопка «Аварийный стоп».

Информация об инденторе представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики индентора

Наименование	Масса, кг	Диаметр рабочего органа, м	Скорость движения, м/с
Индентор	0,0286	0,015	$8,35 \cdot 10^{-5}$

Проводим эксперимент на структурометре СТ-2 для нахождения усилия F_0 (грамм-сила) индентора в зависимости от времени при его фиксированной скорости (рис. 2).



Рис. 2. Проведение эксперимента на структурометре СТ-2

Исключая пусковой момент движения индентора и зону его торможения в конце траектории, взяв за основу стационарный режим перемещения, находим усилие, переводя грамм-силу в Ньютоны. В процессе исследований определялись закономерности и строились кривые силовой деформации и релаксации напряжений при выработке бульонных таблеток идентичных формы, массы и размера. При варьировании W изучаемой порошковой продукции выявлена критическая доля сухого остатка при утрате сыпучести. Изучаемые пробы массой 0,7 г засыпали в ячейку цилиндрической



формы и диаметром 10 мм. Далее образцы подвергались одноосному сжатию посредством цилиндрического индентора, перемещаемого с интенсивность движения $V_{тр} = 8,35 \cdot 10^{-5}$ м/с. Кинетические закономерности варьирования нагрузки в зависимости от деформации проб (наибольшая нагрузка 5000 Н) дают возможность выявить наибольшие усилия при сжимании, нужные для выработки идентичных таблеток. Сравнение прочности выработанных таблеток осуществлялось, опираясь на определение наибольших усилий при их деструкции, которая проводилась при давлении индентора на, поставленную на ребро, таблетку.

С целью упрощения обработки опытных результатов и их анализа [7, 8, 9] резонна линеаризация кривых силовой деформации путем представления закономерности варьирования нормального напряжения сжатия в зависимости от плотности пробы в полулогарифмической координатной сетке:

$$\rho_B = a + b \ln \sigma_n, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

где $\sigma_n = \frac{P}{S}$ – нормальное напряжение сжатия, н/м; а и b – постоянные, P – сила, воздействующая на индентор, Н; S – площадь его поперечного сечения, м².

Для этой цели фиксировались исходная высота слоя и масса порошка. Выявляя на диаграмме нагрузки абсолютные величины деформации, отвечающие конкретным силам сжатия. При этом фиксировали текущие объем и плотность образца.

Учитывая [8, 9], тангенс угла наклона построенной прямой b обуславливает пресуемость навески.

Обработка кривых релаксации напряжений опиралась на их описание экспоненциальными соотношениями, определенными из реологической Максвелловской модели [7]:

$$y(\tau) = \sum_{i=1}^n a_i \exp(-b_i \tau), \quad (2)$$

где $y(\tau)$ – функция, разлагаемая на составляющие в выражении усилий, напряжений или модулей; a_i, b_i – постоянные.

Также осуществляем и линеаризацию кривых релаксации напряжений [8, 9].

$$\frac{F_0 \tau}{F_0 - F_0(\tau)} = k_1 + k_2 \tau, \quad (3)$$

где τ – текущая продолжительность релаксации, с; F_0 – наибольшая сила ($\tau = 0$), Н; $F(\tau)$ – остаточное усилие после τ , Н; k_1, k_2 – постоянные.

Отметим, что тангенс угла наклона прямой k_2 обусловлен параметрами твердого тела. По [10], релаксацию напряжений возможно аппроксимировать экспоненциальным соотношением:

$$\sigma(\tau) = \sigma_0 \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_p}\right), \quad (4)$$

где $\sigma(\tau)$ – напряжение при τ ; σ_0 – оно же при $\tau = 0$, н/м; τ_p – продолжительность релаксации, с.

Продолжительность релаксации обуславливает интенсивность операции, то есть трансформацию системы из неравновесного термодинамического состояния по причине внешнего влияния, в термодинамически равновесное состояние. По истечении τ_p напряжение падает в «е» раз, причем, согласно [11], в реальных условиях возможно одновременное течение несколько процедур с варьируемой продолжительностью релаксации. При этом напряжения, как правило, не релаксируют до 0, а в теле, как и в



случае обратимой упругой деформации присутствуют остаточные напряжения и деформации.

Посредством классических реологических моделей не всегда можно корректно описать поведение реальных материалов [11]. По этой причине целесообразно применить эмпирическими и полуэмпирические соотношения. Совместное изучение соотношений (3, 4) приводит к выводу о аналогичности параметра, обратного продолжительности релаксации, τ_p и постоянной k_2 . При снижении k_2 растет вероятность упругих деформаций по объему пробы, и, наоборот, при увеличении k_2 наблюдается большая аккумуляция энергии, что обуславливает остаточные деформации [9]. k_2 может принять, как показатель прессируемости образца. По величине k_2 , можно найти значение величину асимптотического остаточного модуля прессования:

$$E_a = \frac{F_0}{S\varepsilon} \left(1 - \frac{1}{k_2}\right), \text{ Н/м}^2, \quad (5)$$

где S – площадь поперечного сечения пробы, м^2 , $\varepsilon = \frac{\Delta}{l_0}$ – относительная деформация (в итоге сжатия, при $t = 0$, F_0); $\Delta = l_0 - l_{\text{кон}}$ – абсолютная деформация, м; $l_{\text{кон}}$ – высота слоя сжатой пробы; м; l_0 – исходная высота пробы, м.

E_a по сути является комплексным опытным параметром прессируемости порошкового материала. В описываемом варианте $S = 72,38 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

Для сравнения применяли высушенные разными методами обезвоживания ГРП с различной W . Анализировались пробы ГРП кондуктивного и вакуумного обезвоживания с дальнейшим диспергированием до частиц с $d = 0,5$ мм; влагоудаления из материала в псевдооживленном состоянии на инертных телах, а также вакуумной пеносушки при радиационном подводе тепловой энергии.

ГРП вакуумной пеносушки обладают тонкодисперсной структурной организацией с более высокой пористостью по отношению к порошкам кондуктивного обезвоживания с потрескавшейся поверхностью. Растрескивание обусловлено «жесткими» условиями влагоудаления при существенных температурных и концентрационных градиентах. В результате ГРП кондуктивного обезвоживания обладают сравнительно малой растворимостью и способностью к восстановлению по отношению к полностью растворимым пеноструктурам. Высокая пористость пеноструктур определяет слабую адгезию с рабочей поверхностью сушилки, что облегчает съем сухого материала с нее. Кроме того, слабая когезия между частицами ГРП пеносушки, то есть его «рассыпчатость» исключает операцию диспергирования [12]. При этом высокая пористость пеноструктуры обуславливает рост интенсивности сорбции, что предопределяет ужесточение требований к условиям осуществления последующих после обезвоживания технологических процессов.

Визуальный анализ операции сорбции позволяет сделать вывод о том, что по причине высокой сорбционной способности ГРП имеет тенденцию аутогезии частиц в паровоздушной внешней среде при появлении слипшихся комков или уплотнении по всему объему материала, а при активности воды $A_w > 0,6$ ГРП трансформируется в аморфную или высоковязкую пластичную субстанцию. Поскольку существенное понижение влажности внешней паровоздушной среды в производственных помещениях является негативным для обслуживающего технологического оборудования персонала, для минимизации сорбционного влияния, резонно герметизировать транспортные, дозирующие и смесительные узлы

Результаты структурно-механического анализа показаны на рис. 3, 4, где позиция 1 соответствует обезвоживанию ГРП в псевдооживленном состоянии на инертных носителях (высота таблетки $l_{\text{кон}} = 5$ мм) ($W = 5\%$); $E_a = 53,56 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$; $b = 194,868$; $k_2 = 2,09$. Позиция 2 соответствует пластифицированному ГРП с загустителем КК конвективной пеносушки ($l_{\text{кон}} = 5,8$ мм при $T = 100$ С за 10 мин. Позиция 3 – ГРП в



псевдооживленном состоянии на инертных носителях ($W = 13\%$). Позиция 4 – ГРП вакуумной пеносушки ($W = 5\%$). Позиция 5 – ГРП кондуктивного обезвоживания с диспергированием до $d_{cp} = 0,5$ мм. Позиция 6 – ГРП вакуумной пеносушки ($W = 13\%$).

При $W = 13 - 14\%$ таблетки из ГРП вакуумной пеносушки не подвергаются деформации с нарушением сплошности материала, а пластически деформируются, что следует из анализа изменения функции $F(\tau)$, где отсутствует резкий спад F и при этом при остановке индентора напряжения идентично релаксируют практически до нулевого значения. $W = 13 - 14\%$ следует считать критической для утраты сыпучести. Превышение данного значения перед таблетированием недопустимо по причине роста адгезии ГРП к поверхностям гранулятора. При гранулировании ГРП с $W = 28\%$ сформировать таблетку не представляется возможным, поскольку материал выдавливается при прессовании через зазор между стенкой ячейки и индентором.

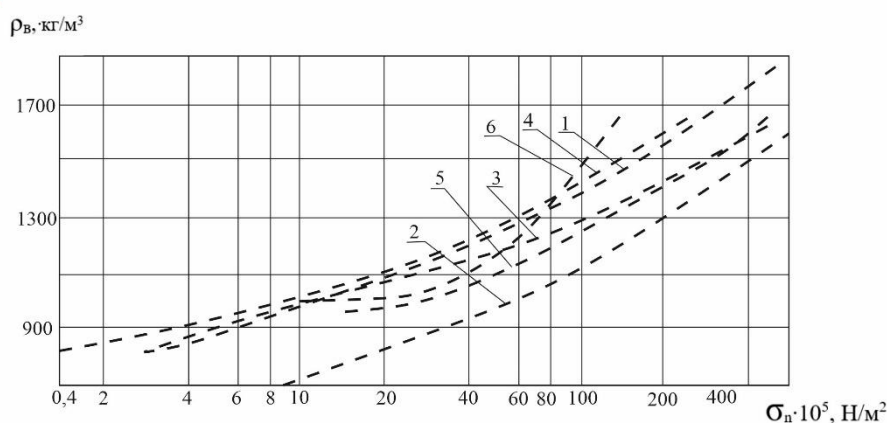


Рис. 3. Варьирование функции $\rho_v(\sigma_n)$

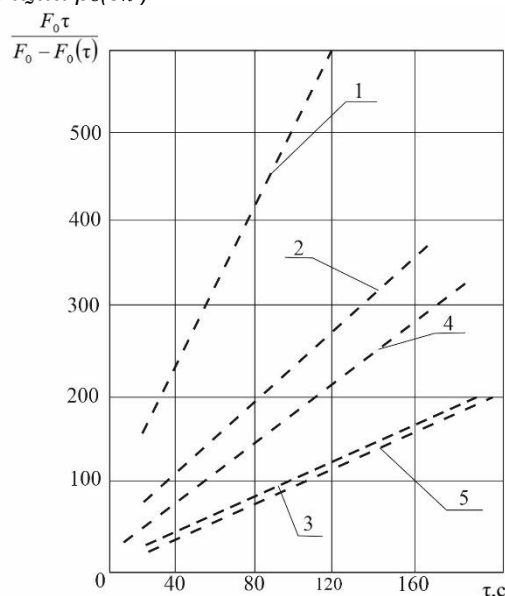


Рис. 4. Линеаризованные кривые релаксации напряжений

При $W = 13 - 14\%$ наблюдается заметная сорбционная усадка пеноструктуры по причине заполнения водой, размягчения жесткого пенного каркаса и воздействием поверхностного натяжения адсорбционно связанной воды.

Отметим, что обработка опытных результатов приводит к выводу о том, что зависимость $\rho_v = f(\ln \sigma_n)$ линейно аппроксимируется с существенной погрешностью.



По этой причине целесообразно представить кривые силовой деформации следующим образом:

$$\ln \rho_b = b \ln \sigma_n + a, \quad (6)$$

где a и b – эмпирические постоянные.

Соотношение (6) в большей степени адекватно экспериментальным результатам (рис.103, 104) и с минимальной погрешностью описывается ломаной с одной точкой перегиба. До точки перегиба наблюдается перегруппировка частиц порошковой субстанции и формируется однородная структура, отвечающая итоговой таблетке. При этом происходит чередование деструкции и агломерации частиц исходного материала. После перегиба наблюдается подпрессовка сформированной таблетки. По этой причине тангенс угла наклона отрезка после перегиба для различно высушенных порошков ГРП практически не отличается (рис.5). Несущественные отличия обусловлены физико-химическим варьированием характеристик ГРП по причине варьирования режимных параметров обезвоживания. Тангенс угла наклона отрезка до точки перегиба b_1 можно считать показателем прессуемости материала, а уровень однородности структуры ГРП можно определить по «резкости» перегиба, обусловленной параметром $k = b_2/b_1$, который целесообразно снижать. Полученные данные показаны в таблице 2. Более однородными представляются ГРП вакуумной пеносушки, а менее – диспергированные ГРП кондуктивного обезвоживания и пластифицированные ГРП с загустителем КК конвективной пеносушки. Промежуточными между ними представляются порошковые материалы после высушивания в псевдоожиженном состоянии на инертных носителях, которые при самоистирании и диспергировании более однородны по отношению к материалам при искусственном диспергировании.

Отметим, что лучшую прессуемость имеют материалы с большим b_1 . Из полученных данных можно определить наименьшую величину плотности для формирования желательной структурной организации прочной таблетки. К тому же σ_n , отвечает критической точке и дает возможность соотнести экономическую эффективность выработки таблеток из разных материалов и выявить рациональные σ_n и F_0 . Опыты осуществлялись при 4-х кратном дублировании при относительной погрешности не более 1 % от F_0 .

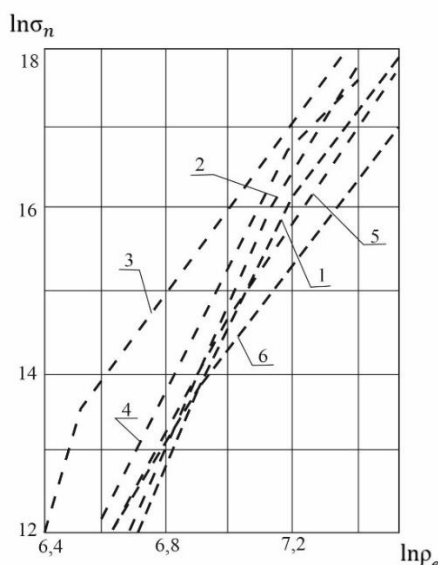


Рис. 5 Закономерности варьирования σ_n , высушенных ГРП

Уменьшение суммарной площади поверхности структуры дисперсной системы, определяется поверхностным натяжением адсорбированных пленок жидкой среды влиянием электростатических сил и сил Ван-Дер-Ваальса и приводит к сорбционной



усадке при $W = 5 - 14 \%$, что обусловлено гранулометрическим составом и степенью дисперсности структуры порошков, а также способов их выработки. Влияние этих сил препятствует смещению частиц по отношению друг к другу, что обуславливает падение прессуемости порошковых материалов вакуумной пеносушки при сорбции влаги, причем влияние поверхностных усилий растет при снижении габаритов частиц, что определяет рост сопротивления смещению и степени слипания.

Для тестирования высказанных гипотез изучались модельные порошковые структуры с определенным дисперсным составом, выработанные из обезвоженных, диспергированных корней растений с меньшей сорбционной способностью.

Полученные результаты показаны на рис. 4 и в табл. 3.

В процессе опытной серии выделяли 4 фракции, соответствующие $1 - d = 0 - 0,25$; $2 - 0,25 - 0,5$; $3 - 0,5 - 1$; $4 - 1 - 2$ мм.

Таблица 2

Параметры ГРП разных способов обезвоживания при различной W

Способ обезвоживания Параметр	В псевдоожоженном состоянии на инертных носителях	Конвективный (5 мин) при $T = 373$ К	Кондуктивный с диспергированием до $d = 0,5$ мм	Вакуумный кондуктивный с диспергированием до $d = 0,5$ мм	Вакуумная пеносушка при $W, \%$			Единицы измерения
					5	9,5	13	
B_1	0,094	0,10	0,1328	–	0,135	0,149	0,1568	–
K	1,720	1,89	1,774	–	1,236	1,291	1,338	–
$\ln \sigma_{лкр}$	15,638	13,55	16,781	–	13,84	13,79	13,666	–
$\ln \rho_{вкр}$	7,07	6,551	7,209	–	6,891	6,891	6,88	–
$\sigma_{лкр}$	6181056	759185	19443041	–	1035092	955001	870653	Н/м ²
$\rho_{вкр}$	1176	702	1351	–	981	981	981	кг/м ³
K_2	2,142	4,644	1,718	1211	1,0035	1,009	1,0107	–
E_a	52120001	7447001	38350001	179001	155002	195001	229001	Н/м
F_0	3711	4501	3452	–	1761	1351	931	Н
$F_{\max \text{ раз}}$	56	76	104	–	141	184	Пласт. деформ. без деформации	Н

Таблица 3

Параметры модельных порошковых структур

$d, \text{ мкм}$ Параметр	0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 1	1 – 2	Единицы измерения
b_1	0,1036	0,13465	0,1411	0,1382	–
K	1,75	1,29	6,52	6,56	–
$\ln \rho_{вкр}$	6,68	6,53	6,53	6,56	–
$\ln \sigma_{лкр}$	16,46	15,42	15,14	15,81	–
$\rho_{вкр}$	805,8	688,7	674,6	712,7	кг/м ³
$\sigma_{лкр}$	1416091	4943146	3956374	7429726	Н/м ²

Во всех экспериментах использовалось 0,5 г материала. Тангенс угла наклона везде один и тот же (рис. 6) после перегиба ломаной, поскольку варьировалась лишь степень диспергирования. До перегиба тангенс угла наклона малозаметно варьируется, а место точки перегиба ($\sigma_{лкр}$, $\rho_{вкр}$) обусловлено дисперсным составом порошковой субстанции.

Зависимость b_1 (прессуемости) от дисперсности имеет экстремальный вид с максимумом в определенных рамках варьирования диаметров (табл. 3). Подобный характер варьирования наблюдается у зависимости «однородности» k от d . k и b_1 (табл. 3) и не обусловлен дисперсным составом.

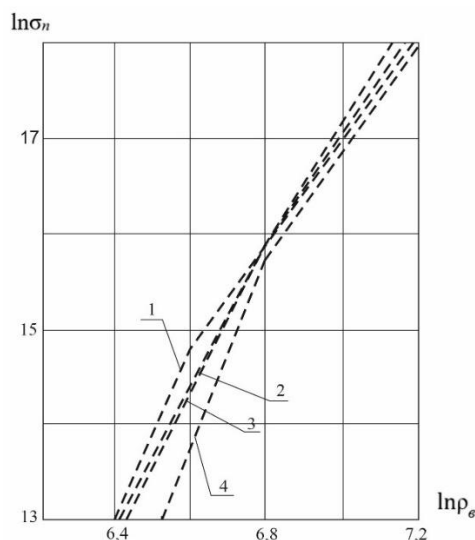


Рис. 6. Закономерности варьирования σ_n , модельных порошков: 1 – $d = 0 - 0,25$ мм; 2 – $d = 0,5 - 1$ мм; 3 – $d = 0,25 - 0,5$ мм; 4 – $d = 1 - 2$ мм.

Проведен анализ структурно-механических характеристик обезвоженных порошков. Полученные результаты качественного анализа порошков дают возможность согласовать методы и режимы обезвоживания с эффективностью условий обработки, хранения, упаковки, транспортировки и гранулирования высушенных материалов. Анализ данных табл. 12 приводит к определенным выводам.

Максимально прочными являются таблетки ГРП вакуумной пеносушки ($F_{\text{max.разр.}} = 140$ Н), при этом с ростом до $W = 13 - 14$ % происходит упрочнение проб, обусловленное связующим влиянием воды. Наименее эффективно прессуются пластифицированному ГРП с загустителем КК конвективной пеносушки ($E_a = 74,47 \cdot 10^6$ н/м², $k_2 = 4,643$), а ГРП вакуумной пеносушки ($E_a = 0,155 \cdot 10^6$, $k_2 = 1,0036$) обладают наибольшей прессуемостью. Рост влажности обуславливает малозаметное падение прессуемости порошков ГРП. Порошок вакуумной пеносушки является максимально структурно однородным. Снижение k при росте W обусловлен процедурами сорбционной усадки. При этом данные порошки обладают наибольшей прессуемостью ($b_1 = 0,136$). С экономической точки зрения выработка таблеток из пластифицированному ГРП с загустителем КК конвективной пеносушки наиболее выгодна по причине сравнительно низкой сорбционной активности.

Приведенные данные приводят к выводу о том, что ГРП пластифицированному ГРП с загустителем КК конвективной пеносушки и вакуумной пеносушки наиболее приемлемы для таблетирования с технологической точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буйнов А.А. Исследование процессов пеносушки рыбных пищевых гидролизатов: Автореф. дис. канд. техн. наук, - М, 1977. - 29 с, ДСП.
2. Алексанян И.Ю., Буйнов А.А. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование: монография; Астрах. гос. техн. ун-т. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2004. – 380 с. : ил. – ISBN 5-89154-149-1.
3. Kurbanov G.F., Prichepa A.O., Sharova N.Yu. Xanthan gum: Secondary raw materials for biosynthesis, isolation and application // Food Systems. – 2024. – Vol. 7, - No. 4. – pp. 515-522. – DOI 10.21323/2618-9771-2024-7-4-515-522.
4. Захарова И.И. Применение ксантановой камеди при производстве продуктов питания // Агропродовольственная экономика. – 2024. – № 1. – С. 14-21.
5. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов - М: Изд-во «Лёгкая и пищевая промышленность», 1981. - 216 с.
6. Зурабишвили Г.Г. Таблетирование пищевых порошкообразных материалов: автореф. дис.. докт. техн. наук: 05.18.12, 05.18.01 / М.: Моск. гос. академия пищевых производств, 1993.- 48 с.



7. Bland D.R. The theory of linear viscoelasticity, - New-York.:Pergmon Press, 1960.- 215 p.
8. Peleg M. Characterization of the stress relaxation of solid foods. - J. -Food Science, 1979, 44, NO. 4, pp. 277-279.
9. Powder Technology, 1979, 23, №.1, pp. 277-279.
10. Глинка Н, Робинзон А. Влажность и её определение // Хранение зерна и зерновых продуктов, М.: Изд-во ин. лит-ры, 1956
11. Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов. - М: Пищевая промышленность, 1979.-783 с.
12. Tlay R.H., Abdul-Abbas S.J., El-Maksoud A.A. A. [et al.]Functional biscuits enriched with potato peel powder: Physical, chemical, rheological, and antioxidants properties // Food Systems. - 2023. - Vol. 6, No. 1. - P. 53-63. - DOI 10.21323/2618-9771-2023-6-1-53-63.

REFERENCES

1. Buinov A.A. Study of the processes of foam drying of fish food hydrolysates: Abstract of Cand. Sci. (Eng.) Dissertation, Moscow, 1977. 29 p., DSP.
2. Aleksanyan I.Yu., Buinov A.A. High-intensity drying of food products. Foam drying. Theory. Practice. Modeling: monograph; Astrakhan State Technical University. - Astrakhan: Publishing house of Astrakhan State Technical University, 2004. - 380 p. : ill. - ISBN 5-89154-149-1.
3. Kurbanov G.F., Prichepa A.O., Sharova N.Yu. Xanthan gum: Secondary raw materials for biosynthesis, isolation and application // Food Systems. - 2024. - Vol. 7, - No. 4. - pp. 515-522. - DOI 10.21323/2618-9771-2024-7-4-515-522.
4. Zakharova I.I. Use of xanthan gum in food production // Agro-food economy. - 2024. - No. 1. - pp. 14-21.
5. Machikhin Yu.A., Machikhin S.A. Engineering rheology of food materials - M: Publishing house "Light and food industry", 1981. - 216 p.
6. Zurabishvili G.G. Tableting of food powder materials: author's abstract. diss. doctor of technical sciences: 05.18.12, 05.18.01 / M.: Mosk. state. Academy of Food Production, 1993.- 48 p.
7. Bland D.R. The theory of linear viscoelasticity, - New-York.: Pergmon Press, 1960.- 215 p.
8. Peleg M. Characterization of the stress relaxation of solid foods. - J. -Food Science, 1979, 44, no. 4, pp. 277-279.
9. Powder Technology, 1979, 23, no. 1, pp. 277-279.
10. Glinka N., Robinson A. Humidity and its definition // Storage of grain and grain products, Moscow: Publishing house of foreign literature, 1956
11. Gorbатов A.V. Rheology of meat and dairy products. - M: Food industry, 1979.- 783 p.
12. Tlay R.H., Abdul-Abbas S.J., El-Maksoud A.A. A. [et al.] Functional biscuits enriched with potato peel powder: Physical, chemical, rheological, and antioxidants properties // Food Systems. - 2023. - Vol. 6, No. 1. - pp. 53-63. - DOI 10.21323/2618-9771-2023-6-1-53-63.



Исследование структурообразующих свойства ак-вафабы в зависимости от типа используемого растительного сырья

Investigation of the structure-forming properties of aq-uafabs depending on the type of plant raw materials used

Доцент, к.б.н. Д.А. Гайсина, профессор, д.х.н. Р.А. Зайнуллин,
Уфимский государственный нефтяной технический университет, кафедра современные
технологии пищевых индустрий, тел. +73472524922
ishda@bk.ru

профессор, д.б.н. И.В. Миронова,
Башкирский государственный аграрный университет, кафедра технологии мясных, мо-
лочных продуктов и химии

доцент, к.т.н. Э.М. Гайсин
Башкирский государственный аграрный университет, кафедра электроснабжения и ав-
томатизации технологических процессов

Associate Professor, PhD D.A. Gaisina, Professor, PhD R.A. Zainullin,
Ufa State Petroleum Technical University, chair of Modern Technologies of Food Industries,
tel. +73472524922
ishda@bk.ru

Professor, Doctor of Biological Sciences I.V. Mironova,
Bashkir State Agrarian University, chair of Technology of Meat, Dairy Products and
Chemistry

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences E.M. Gaisin
Bashkir State Agrarian University, chair of Electrical Engineering and Automation of Tech-
nological Processes

Аннотация. В настоящее время наблюдается повышенный интерес к разработке новых источни-
ков белка, которые могут служить заменой яичному белку и обладать меньшей или нулевой аллерги-
чностью. В рамках исследования были определены процентные содержания азота и белка в образцах ак-
вафабы методом Кьельдаля. Пенообразующая способность каждого исследуемого образца аквафабы
была определена методом Аслана и Эртаса. Были проведены органолептические исследования.

В контексте проведенного сравнительного анализа пенообразующих и стабилизационных харак-
теристик аквафаб различных бобовых культур, следует отметить, что аквафабы из нута и зеленого го-
рошка показали одни из самых высоких показателей коалесценции и стабильности пены, что делает их
перспективными кандидатами для замены яичного белка в рецептурах готовых продуктов. Таким обра-
зом, результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о высокой перспективности ис-
пользования аквафаб из нута и зеленого горошка в качестве заменителей яичного белка в пищевой про-
мышленности.

Abstract. Currently, there is an increased interest in the development of new protein sources that can
serve as a substitute for egg white and have lower or zero allergenicity. As part of the study, the percentages
of nitrogen and protein in ak-wafaba samples were determined by the Kjeldahl method. The foaming ability of
each aquafaba sample was determined by the Aslan and Ertas method. Organoleptic studies were conducted.

In the context of the comparative analysis of the foaming and stabilizing characteristics of aquafabs
from various legumes, it should be noted that chickpea and green pea aquafabs showed some of the highest
foam coalescence and stability, which makes them promising candidates for replacing egg white in the for-
mulations of finished products. Thus, the results of the study allow us to conclude that the use of aq-uafabs
from chickpeas and green peas as egg white substitutes in the food industry is highly promising.

Ключевые слова: аквафаба, нут, бобовые культуры, функциональные продукты, белок, расти-
тельный белок, качество аквафабы.



Keywords: aquafaba, chickpeas, legumes, functional products, protein, vegetable protein, aquafaba quality.

Одним из приоритетного направления в пищевой промышленности является разработка нового вида продукта на основе растительного сырья, для обогащения нутриентами и биологически активными веществами.

В технологии пищевых продуктов на основе растительного сырья аквафабу рассматривают как структурообразующую добавку. Производители пищевой промышленности, специализирующиеся на переработке бобовых культур, имеют возможность внедрить инновационный ингредиент – аквафабу, представляющую собой водный экстракт, образующийся в процессе варки бобовых. Данный компонент может выступать в качестве функционального заменителя яичного белка в ряде рецептур кондитерских, мучных и хлебобулочных изделий.

Аквафаба – это растительный отвар бобовых культур, обладающая эмульгирующими, вяжущими, пенообразующими, желеобразующими свойствами. Химический состав аквафабы, который богат сапонинами, низкомолекулярными и водорастворимыми полисахаридами, вызывает интерес технологов пищевой промышленности, которые теперь предпочитают приобретать альтернативные продукты, полезные в функциональном отношении. Аквафаба, ранее считавшаяся пищевым отходом, на сегодняшний день является очень перспективным ингредиентом продуктов питания. Помимо прямого использования в пищевой отрасли, использование аквафабы имеет место и в других отраслях промышленности: фармацевтике, косметологии и биотехнологии.

Научные исследования были проведены на базе специализированных исследовательских центров ФГБОУ ВО Башкирского государственного аграрного университета и ФГБОУ ВО Уфимского государственного нефтяного технического университета. В рамках этих исследований использовались пищевые и физико-химические аналитические лаборатории, что обеспечило высокую точность и достоверность полученных данных.

Цель исследования – изучение пенообразующих и эмульгирующих свойств аквафабы, в зависимости от вида используемого растительного сырья.

Задачи исследования:

- изучить пенообразующие и эмульгирующие свойства аквафабы;
- выявить тенденции в области функционального питания и перспективы использования аквафабы;
- провести сравнительную оценку качественных показателей семи образцов аквафабы из различного растительного сырья;
- провести оценку зависимости органолептических показателей качества готовых изделий от вида используемого сырья.

Одной из альтернативной заменой яичного белка в кулинарных изделиях является введение в рецептуру белков бобовых в виде отвара (аквафаба). В настоящее время в связи с ростом аллергических реакций на яичный белок спрос и интерес на продукты без содержания яиц стремительно растет. Замена животного белка на растительный позволяет получить на выходе продукт с высокой пищевой ценностью, сниженной калорийностью и обогащенным витаминно-минеральным составом, что соответствует современному понятию функционального продукта питания (ФПП). Именно поэтому тема остается актуальной на сегодняшний день. В настоящее время полноценной заменой животного белка в пищевом производстве выступает так называемая аквафаба.

Объектами исследования являются 7 образцов аквафабы, полученные из различного растительного сырья. Для их получения в магазинах розничных торговых сетей были приобретены следующие виды бобовых культур: фасоль красная (*Phaseolus Coccineus*); фасоль белая (*Phaseolus vulgaris*); чечевица (*Lens culinaris*);



нут (*Cicer arietinum*); маш (*Vigna radiata*); люпин (*Lupinus*). Продукты были подвергнуты тепловой обработке. В исследовании участвует образец аквафабы в виде жидкости из-под консервированного зеленого горошка бренда «Bonduelle» с целью сравнения его с аквафабами, приготовленными самостоятельно путем термообработки. В качестве контрольного образца выступал белок куриного яйца.

Выбор двух видов фасоли (красной и белой), нута и чечевицы как исходных функциональных ингредиентов для приготовления аквафабы основывался на распространенности среди потребителей и доступности в магазинах данных видов бобовых культур. Менее распространенные культуры люпин и маш выбраны для испытаний с целью более детального их исследования, так как на данный момент пенообразующая способность аквафабы на их основе до конца не изучена.

Аквафаба – это растительный высокобелковый отвар, представляющий собой слегка мутную жидкость, получаемую из бобовых культур (соя, нут, горох, чечевица), которая в перспективе сможет заменить животный белок. Консистенция напрямую зависит от вида используемого для ее приготовления сырья и варьируется от жидкой до более густой. Составные компоненты аквафабы, наряду с технологическими параметрами, включая температурные режимы, показатели кислотно-щелочного баланса (pH), характеристики пенообразующей способности и использование аддитивных веществ, оказывают значительное влияние на функциональные свойства конечного продукта. [4, 13]. Нутриентный состав аквафабы из нута и куриного белка представлен на рисунке 1.

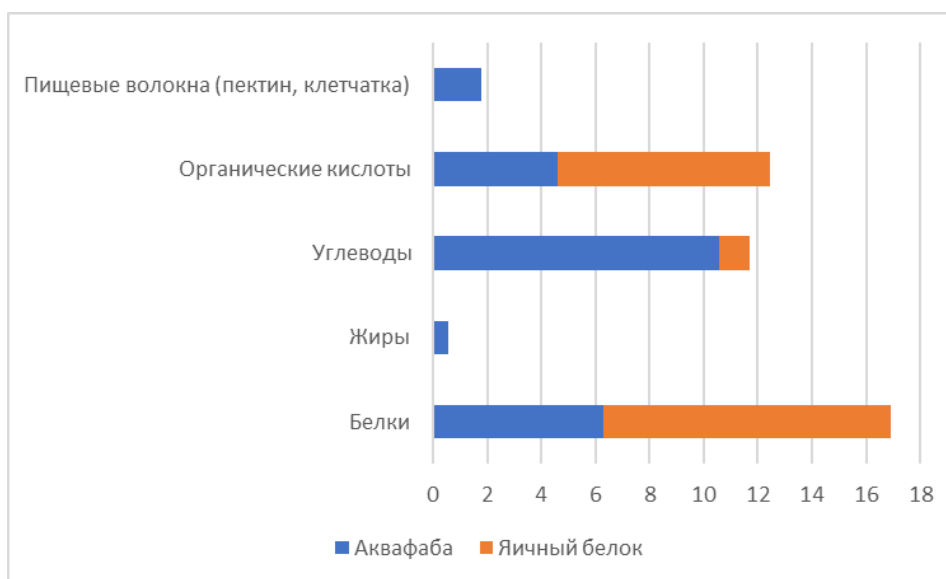


Рис. 1 – Нутриентный состав аквафабы из нута и яичного белка

Аквафаба из нута содержит довольно низкий процент жиров (0,56 г), который в основном представлен в виде полиненасыщенных жирных кислот. Неоспоримым преимуществом в сравнении с яичным белком является то, что аквафаба не содержит «вредного» холестерина, а значит продукты на ее основе пригодны для людей, страдающих от атеросклероза или просто поддерживающих определенную профилактическую диету. Пищевые волокна, содержащиеся в нутовой аквафабе в небольшом количестве (1,8 г), помогают сохранить здоровую микрофлору кишечника.

Сравнительная характеристика по витаминно-минеральному составу приведена в таблице 1.



Таблица 1

**Сравнительная характеристика витаминно-минерального состава
аквафабы из нута и яичного белка**

Состав	Количество, мг/100 г	
	Аквафаба	Яичный белок
Витамин В ₁	0,05	
Витамин В ₂	0,02	0,44
Витамин В ₃ (PP)	0,27	0,11
Витамин В ₆	0,08	0,01
Витамин В ₉ , мкг	24,00	4
Витамин С	0,70	-
Витамин К	2,10	-
Витамин Е	0,55	-
Калий	276,00	163
Магний	33,10	11
Кальций	47,00	7
Фосфор	92,00	15
Натрий	268,30	166
Сера	46,00	-
Железо	1,47	0,08
Медь	162,20	0,02
Цинк	0,56	0,03
Марганец	0,32	0,01

Основные факторы, определяющие состав аквафабы, включают генетические особенности и сорта бобовых культур, а также условия их выращивания (включая климатические параметры, качество почвы и применяемые агрохимикаты), методология и продолжительность замачивания, а также техника и пропорции приготовления. Эти аспекты оказывают значительное влияние на количественное и качественное содержание биологически активных соединений, таких как белки, углеводы, витамины и минералы, присутствующих в аквафабе. Таким образом, химический состав аквафабы из нута представляет собой результат сложного взаимодействия множества переменных, каждая из которых вносит свой вклад в формирование уникальных характеристик этого продукта [10, 13]

Преимущество аквафабы по сравнению с яичным белком не вызывает сомнений: помимо отсутствия в ней аллергенов и повышенной пищевой ценности исследованиями подтверждено, что пенообразующая способность аквафабы сопоставима с той, которой обладают яичные белки (681 %) и составляет 675 %, табл. 2 [3].

Таблица 2

Сравнительная характеристика белкового состава аквафабы и яичного белка

Соединение	Аквафаба	Яичный белок
Белки, г	6,3	10,6
Овальбумин, %	-	54
Альбумин, %	60-90	
Глобулин, %	10-20	4

Из таблицы 2 видно, что в составе аквафабы полностью отсутствует овальбумин. Овальбумин (Gal d 2) – один из основных белковых аллергенов яйца, содержащийся в курином белке в количестве 44% всех протеинов белка [9].

В аквафабе содержатся только растворимые белковые альбуминовая и глобулиновая фракции, содержание белка меньше почти в два раза (6,3 г против 10,8 г). В аквафабе нута, помимо альбуминовых и глобулиновых фракций, могут содержаться и другие виды белков, такие как: глиадины, глютелины и другие белки, характерные



для бобовых культур; различные ферменты, участвующие в биохимических процессах. Точный состав и количество белков могут варьироваться в зависимости от условий выращивания и приготовления нута [4, 8].

Пенообразующую способность аквафабы, обусловлена присутствием альбуминовой и глобулиновой фракций белков. Эти белковые компоненты играют ключевую роль в формировании стабильной пены благодаря своим физико-химическим свойствам, таким как амфотерность и способность к денатурации под воздействием различных факторов.

Пена, образующаяся при варке аквафабы формируется за счет биохимических соединений: пектинов, крахмала и сапонинов, присутствующих в семенах бобовых культур. Пена представляет собой гетерогенную дисперсную систему, состоящую из двух фаз. Дисперсной фазой выступают газовые пузырьки (воздуха), распределенные в дисперсионной среде, которая является жидкостью. Таким образом, пузырьки воздуха равномерно распределены в жидкой фазе. Пенообразующая способность дисперсной системы напрямую связана с величиной поверхностного натяжения, из чего можно выявить следующую зависимость: чем ниже поверхностное натяжение, тем легче образуется пена. С точки зрения законов термодинамики пены являются неустойчивыми дисперсными системами [8]. Кинетическая устойчивость дисперсных частиц определяет стабильность коллоидной системы, которая влияет на вязкость, оптические свойства и структуру системы. Сапонины, содержащиеся в аквафабе, обладают амфифильной структурой, способствуют образованию пузырьков воздуха.

Органолептические показатели всех получившихся образцов аквафабы сведены в табл. 3.

Таблица 3

Органолептические показатели полученных образцов аквафабы

Сырье	Показатели аквафабы				Общая оценка, балл
	цвет	запах	вкус	консистенция	
Фасоль белая	Белый, прозрачный	Вареной фасоли, слабый	Легкий и нейтральный, свойственный белой фасоли	Жидкая	3,7
Фасоль красная	Розовый, прозрачный	Вареной фасоли, слабый	Кремоватый, свойственный красной фасоли	Жидкая	3,3
Люпин	Бледно-желтый, прозрачный	Вареного люпина, слабый	Кремоватый, горьковатый, свойственный люпину	Густая	2,9
Чечевица	Коричневый, прозрачный	Вареной чечевицы, слабый	Слегка сладковатый, свойственный красной чечевице	Жидкая	3,9
Нут	Белый, прозрачный	Вареного нута, слабый	Легкий и нейтральный, свойственный нуту	Жидкая	4,5
Маш	Грязно-зеленый, прозрачный	Вареного маша, насыщенный	Кремоватый, свойственный машу	Густая	4,3
Горошек зеленый консервированный	Бледно-зеленый, прозрачный	Зеленого горошка	Слегка сладковатый	Жидкая	4,7

Технологическая схема приготовления аквафабы, представленной на рисунке 2.

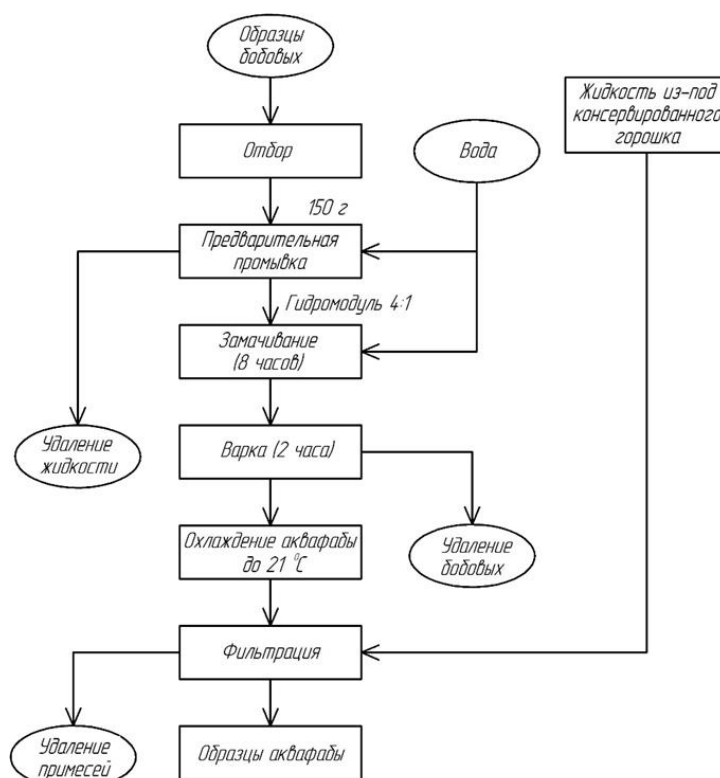


Рис. 2. Технологическая схема получения аквафабы из опытных образцов

Аквафаба из банки консервированного зеленого горошка термобработке не подвергалась, а сразу перешла к механическому этапу обработки – фильтрации.

Содержание белковых компонентов в каждом исследуемом образце было количественно определено в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 10846-91. Для проведения анализа использовался автоматический анализатор белка марки «Velp», модель UDK 159, с применением метода Кьельдаля. Данный метод предполагает деструктивное определение общего содержания азота в образце, который затем пересчитывается в белок с использованием коэффициента преобразования, табл.4.

Таблица 4

Содержания белковых веществ в опытных образцах

Образцы	Содержание азота, %	Содержание белка, %
Аквафаба из белой фасоли	0,847	5,291
Аквафаба из красной фасоли	0,899	5,622
Аквафаба из люпина	0,962	6,012
Аквафаба из чечевицы	0,922	5,760
Аквафаба из нута	0,997	6,226
Аквафаба из маша	0,831	5,190
Аквафаба из консервированного горошка	0,947	5,921

Таким образом, по результатам анализа видно, что общее содержание белковых веществ в процентном соотношении в каждом из исследуемых образцов аквафабы варьируется в пределах от 5,190 до 6,226 %.

Полученные экспериментальные данные полностью соотносятся с теоретическими, о которых упоминалось ранее: содержание белка в аквафабе в среднем составляет около 6,3 %

Пенообразующие свойства аквафабы в основном связаны с содержанием белков с низкой молекулярной массой, особенно альбумина, полисахаридов и сапонины [2]. Полисахариды с белками играют ключевую роль в стабильности пены. [5].



Аквафаба является эффективным компонентом, который применяется в качестве пенообразователя и эмульгатора в пищевой промышленности. Её свойства подтверждены научными исследованиями и литературными источниками. В целом адсорбция белка на границе раздела газовой и/или водной фазы снижает межфазную энергию, что позволяет инкапсулировать больше пузырьков и приводит к образованию большего количества пены. Роль полисахаридов в образовании пены заключается в уменьшении пенообразования и повышении вязкости. В связи с этим поперечные связи между полисахаридами и белками могут играть ключевую роль в стабильности пены [4].

Сапонины имеют амфифильную структуру, включающую как водорастворимый гликозид, так и жирорастворимый агликон, и считаются неионогенными поверхностно-активными веществами. Поэтому они могут снижать межфазное натяжение и способствовать образованию пены и более мелких капель в процессе гомогенизации. В связи с этим их можно использовать в качестве пенообразователя и/или эмульгатора в пищевой промышленности [3]

Для оценки пенообразующих характеристик аквафабы была использована методика расчета взбитости, основанная на следующей формуле 1:

$$\text{взбитость} = \frac{\text{объем пены}}{\text{объем исходной жидкости}} \cdot 100 \quad (1)$$

Кратность проведенного эксперимента 10, далее проводили арифметические расчеты, которые представлены в табл. 5.

Таблица 5

Пенообразующая способность и стабильность пены аквафабы в зависимости от вида сырья

Образцы	Пенообразующая способность, %	Стабильность пены, %
Аквафаба	198,2 $\pm$ 12	
Фасоль белая	98 $\pm$ 10	87 $\pm$ 10
Фасоль красная	99 $\pm$ 10	87 $\pm$ 10
Люпин	115 $\pm$ 10	91 $\pm$ 10
Чечевица	120 $\pm$ 10	95 $\pm$ 10
Нут	112 $\pm$ 10	93 $\pm$ 10
Маш	95 $\pm$ 10	85 $\pm$ 10
Горошек зеленый консервированный	110 $\pm$ 10	98 $\pm$ 10

Пенообразующая способность каждого образца аквафабы, полученная в результате исследования, определялась методом Аслана и Эртаса [1]. В качестве контрольного образца использовался белок свежего куриного яйца категории С1 торговой марки «АВДОН». Был измерен объем получившейся пены.

В результате проведенных исследований на пенообразующую способность и устойчивость пены, полученной из 7 образцов аквафабы, можно заметить определенную тенденцию. Лучшую пенообразующую способность показали образцы из чечевицы, люпина и нута. Наименьшими пенообразующими свойствами по результатам проведенных исследований наблюдается у образцов из фасоли белой, фасоли красной и маша. У контрольного образца – яичный белок показатель пенообразования достигает 198%

Стабильность пенных структур аквафабы находится в прямой зависимости от характеристик используемого сырья. В таблице 6 представлены данные по устойчивости пены исследуемых образцов, что позволяет провести системный анализ их физико-химических параметров и выявить закономерности, влияющие на стабильность пенных систем.



Таблица 6

Показатели устойчивости пены

Сырье	Объем, получившийся пены		Устойчивость пены	
	сразу после взбивания, мл	процентное соотношение	через 30 минут	процентное соотношение
Фасоль белая	284	568	221,5	78
Фасоль красная	278	556	208,5	75
Люпин	326	652	262	80
Чечевица	307	614	252	82
Нут	310	620	289	88
Маш	272	544	192	72
Горошек зеленый консервированный	329	658	286	87

По результатам исследования на устойчивость пены лучшими оказались образцы аквафабы из нута и зеленого горошка, показатель устойчивости составил 88 % и 87 % соответственно. На втором месте расположились образцы из люпина и чечевицы (80 % и 82 %). Худшие показатели продемонстрировали образцы аквафабы из красной фасоли, белой фасоли и маша, 75 %, 78 % и 72 % соответственно. У яичного белка показатель пенообразования составляет 84 %.

В контексте проведенного сравнительного анализа пенообразующих и стабилизирующих характеристик аквафабы различных бобовых культур, следует отметить, что аквафабы из нута и зеленого горошка продемонстрировали отличные результаты. Они показали одни из самых высоких показателей пенообразования и стабильности пены, что делает их перспективными кандидатами для замены яичного белка в рецептурах готовых продуктов. С точки зрения рассматриваемых параметров, эти образцы аквафабы демонстрируют функциональные свойства, сопоставимые с яичными белками, что открывает новые возможности для пищевой индустрии.

Аквафаба из люпина также обладает значительной пенообразующей способностью, сравнимой с двумя лучшими образцами. Однако она существенно уступает им по устойчивости пены, что может ограничить ее применение в некоторых технологических процессах, требующих высокой стабильности пенных структур.

В свою очередь, аквафабы из красной фасоли, белой фасоли и маша показали значительно более низкие результаты по обоим анализируемым параметрам. В связи с этим, они были исключены из дальнейших испытаний, так как не соответствуют необходимым критериям стабильности и устойчивости пены для применения в рецептурах моцареллы.

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о высокой перспективности использования аквафабы из нута и зеленого горошка в качестве заменителей яичного белка в пищевой промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aslan M., Ertas N. Possibility of using «Chickpea aquafaba» as egg replacer in traditional cake formulation. Harran Tarim Ve Gida Bilim. Derg. Harran J. Agric. Food Sci. 2020, 24, 1–8.
2. Erem E., Icyer N.C., Tatlisu N.B., Kilicli M., Kaderoglu G.H., Toker Ö.S. A new trend among plant-based food ingredients in food processing technology: Aquafaba. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2021, 2021, 1–18.
3. He Y., Meda V., Reaney M.J.T., Mustafa R. Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. Trends Food Sci. Technol. 2021, 111, 27–42.
4. Mustafa R. et al. Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake // International journal of food science & technology. – 2018. – Vol. 53. – pp. 247–255
5. Mustafa R., Reaney M.J.T. Aquafaba, from food waste to a value-added product. In Food Wastes and By-Products: Nutraceuical and Health Potential, 1st ed.; Rocio Campos-Vega, B., Dave, O., HaydéAzeneth, V.-C., Eds.; John Wiley & Sons Ltd.: Hoboken, NJ, USA, 2020; pp. 93–126.
6. Hutchings S.C.; Low J.Y.Q.; Keast R.S.J. Sugar reduction without compromising sensory perception. An impossible dream? Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2019, 59, 2287–2307
7. Serventi L., Gao C., Chen M., Chelikani V. Cooking water functional properties. In



Upcycling Legume Water: From Wastewater to Food Ingredients, 1st ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2020; pp. 87–103.

8. Meurer M.C., de Souza D., Ferreira Marczak L.D. Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *J. Food Eng.* 2020, 265, 109688.

9. Yue H., Youn Y.S., Rana M., Venkatesh M., Martin J.T.R. Chickpea Cultivar Selection to Produce Aquafaba with Superior Emulsion Properties. *Foods*. 2019. Vol. 8. Iss. 12. Article Number: 685. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods8120685>.

10. Meurer M.C., de Souza D., Marczak L.D.F. Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *Journal of Food Engineering*. 2020. Vol. 265. Article Number: 109688. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109688>

11. Макарова Н.В., Воронина М.С., Гуляева А.Н., Нистерюк Д.И., Шляпникова Э.Н. Анализ содержания сухих веществ, белка и титруемой кислотности в отварах бобовых // *Индустрия питания*. – 2021. – №3. – С. 51-57.

12. Калашникова С.В., Курчаева Е.Е., Тертычная Т.Н. Разработка рецептурно-компонентных решений получения пищевых продуктов на основе растительных ресурсов // *Социально-экономические проблемы продовольственной безопасности: реальность и перспективы: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2017. С. 311–315.*

REFERENCES

1. Aslan M., Ertas N. Possibility of using «Chickpea aquafaba» as egg replacer in traditional cake formulation. *Harran Tarim Ve Gida Bilim. Derg. Harran J. Agric. Food Sci.* 2020, 24, 1–8.

2. Erem E., Icyer N.C., Tatlisu N.B., Kilicli M., Kaderoglu G.H., Toker Ö.S. A new trend among plant-based food ingredients in food processing technology: Aquafaba. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2021, 2021, 1–18.

3. He Y., Meda V., Reaney M.J.T., Mustafa R. Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. *Trends Food Sci. Technol.* 2021, 111, 27–42.

4. Mustafa R. et al. Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake // *International journal of food science & technology*. – 2018. – Vol. 53. – pp. 247-255

5. Mustafa R., Reaney M.J.T. Aquafaba, from food waste to a value-added product. In *Food Wastes and By-Products: Nutraceutical and Health Potential*, 1st ed.; Rocio Campos-Vega, B., Dave, O., Haydén Azeneth, V.-C., Eds.; John Wiley & Sons Ltd.: Hoboken, NJ, USA, 2020; pp. 93–126.

6. Hutchings S.C.; Low J.Y.Q.; Keast R.S.J. Sugar reduction without compromising sensory perception. An impossible dream? *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2019, 59, 2287–2307

7. Serventi L., Gao C., Chen M., Chelikani V. Cooking water functional properties. In *Upcycling Legume Water: From Wastewater to Food Ingredients*, 1st ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2020; pp. 87–103.

8. Meurer M.C., de Souza D., Ferreira Marczak L.D. Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *J. Food Eng.* 2020, 265, 109688.

9. Yue H., Youn Y.S., Rana M., Venkatesh M., Martin J.T.R. Chickpea Cultivar Selection to Produce Aquafaba with Superior Emulsion Properties. *Foods*. 2019. Vol. 8. Iss. 12. Article Number: 685. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods8120685>.

10. Meurer M.C., de Souza D., Marczak L.D.F. Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *Journal of Food Engineering*. 2020. Vol. 265. Article Number: 109688. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109688>

11. Makarova N.V., Voronina M.S., Gulyaeva A.N., Nisteryuk D.I., Shlyapnikova E.N. Analysis of Dry Matter, Protein, and Titratable Acidity Content in Legume Decoctions // *Food Industry*. – 2021. – No. 3. – pp. 51-57.

12. Kalashnikova S.V., Kurchaeva E.E., Tertychnaya T.N. Development of Formulation-Component Solutions for Obtaining Food Products Based on Plant Resources // *Socio-Economic Problems of Food Security: Reality and Prospects: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conf. Michurinsk: Publishing House of Michurinsk State Agrarian University, 2017. pp. 311–315.*



Обоснование применения высокого гидростатического давления в технологии охлажденной кулинарной продукции

Rationale for the use of high hydrostatic pressure in the technology of refrigerated culinary products

Аспирант Ю.Н. Багмут, профессор, д.т.н. О.В. Чугунова, доцент, к.т.н. Л.А. Кокорева,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», кафедра технологии питания, тел. +7 (343) 283-12-72
bagmut1980@gmail.com
главный научный сотрудник, заведующий лабораторией прочности, д.т.н. А.Ю. Волков,
Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория прочности
volkov@imp.uran.ru
доцент, к.т.н. Д.В. Гращенко
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», кафедра технологии питания, тел. +7 (343) 283-12-72
1@edtd.ru

Postgraduate Student Yu.N. Bagmut, Professor, Doctor of Engineering O.V. Chugunova, Associate Professor, Candidate of Engineering L.A. Kokoreva,
Ural State University of Economics, chair of Food Technology, tel. +7 (343) 283-12-72
bagmut1980@gmail.com
Chief Researcher, Head of the Strength Laboratory, Doctor of Engineering A.Yu. Volkov,
M.N. Mikheyev Institute of Metal Physics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Strength Laboratory
volkov@imp.uran.ru
Associate Professor, Candidate of Engineering D.V. Grashchenkov
Ural State University of Economics, chair of Food Technology, tel. +7 (343) 283-12-72
1@edtd.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке эффективной технологии производства охлажденных мясных рубленых полуфабрикатов (МРПФ) с увеличенными сроками хранения, обеспечивающими безопасность потребления и сохранение качества продукта. Особое внимание уделено инновационным методам, таким как High Pressure Processing (HPP). Научно обоснована эффективность технологии HPP, заключающаяся в обработке продуктов высокими гидростатическими давлениями (до 400 МПа) продолжительностью 5-15 минут. Этот метод способствует уничтожению патогенной микрофлоры, позволяя значительно продлить сроки годности продукции при сохранении её органолептических характеристик и безопасности. Кроме того, было проведено исследование эффективности добавления сухой белковой композитной смеси («Дисо Нутримун») для улучшения пищевой ценности и технологических свойств полуфабрикатов. Доказано, что применение метода HPP существенно увеличивает срок хранения мясных рубленых полуфабрикатов до 5 суток при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$, сохраняя требуемые показатели микробиологической чистоты и качества продукта. Использование композиционной белковой добавки позволило повысить пищевую ценность готовой продукции и улучшило функциональные свойства полуфабрикатов, включая улучшение консистенции и консистенции готового изделия. Разработана и апробирована технологическая документация для промышленного производства.

Abstract. The article is devoted to the development of an effective technology for the production of chilled minced meat semi-finished products (MRPF) with extended shelf life, ensuring safe consumption and



maintain-ing the quality of the product. Particular attention is paid to innovative techniques such as High Pressure Processing (HPP). The effectiveness of HPP technology has been scientifically substantiated, which consists in processing products with high hydrostatic pressures (up to 400 MPa) for 5-15 minutes. In addition, a study was conducted on the effectiveness of adding a dry protein composite mixture (Diso Nutrimun) to improve the nutritional value and technological properties of semi-finished products. It was found that the use of the HPP method significantly increases the shelf life of minced semi-finished meat products to 5 days at a temperature of $4 \pm 2^\circ\text{C}$, while maintaining the required indicators of micro-biological purity and product quality. The use of a composite protein additive made it possible to increase the nutritional value of finished products and improve the functional properties of semi-finished products, including improving the consistency and structure of the finished product. Technological documentation for industrial production has been developed and tested.

Ключевые слова: высокое гидростатическое давление, HPP, охлажденная кулинарная продукция, срок годности, мик-робиологическая безопасность, пищевая ценность.

Keywords: high hydrostatic pressure, HPP, chilled culinary products, shelf life, microbiological safety, nutritional value.

Современные вызовы пищевой промышленности, включая жесткую конкуренцию, высокие требования к безопасности и качеству, а также необходимость следования трендам здорового питания, обуславливают актуальность поиска инновационных методов обработки пищевых продуктов. Особую значимость эта задача приобретает в сегменте охлажденной кулинарной продукции, особенно предназначенной для организации питания в образовательных учреждениях [1 – 3].

Традиционные методы консервирования зачастую негативно влияют на органолептические свойства и пищевую ценность продукта. В этой связи технология обработки высоким гидростатическим давлением (*High Pressure Processing – HPP*), известная как «нетепловая пастеризация», представляет собой перспективную альтернативу. Ее принцип основан на инактивации микроорганизмов и ферментов за счет высокого давления (до 600 МПа), передаваемого через гидравлическую жидкость, что позволяет минимизировать потери вкуса, аромата и нутриентов [4 – 10].

Современный рынок охлажденной кулинарной продукции характеризуется повышенными требованиями к безопасности и качеству при сохранении натуральных свойств продуктов. Традиционные методы консервирования часто негативно влияют на органолептические характеристики и пищевую ценность продукции. Технология высокого гидростатического давления (HPP) позволяет решить эти проблемы.

Цель исследования создание технологии производства охлажденных мясных рубленых полуфабрикатов (МРПФ), обладающих повышенной пищевой ценностью и увеличенными сроками хранения, путем применения белковых композитных смесей и обработки высоким гидростатическим давлением (HPP).

Задачи исследования включали:

1. Разработку рецептур МРПФ с внесением сухой белковой композитной смеси (СБКС) «Дисо Нутримун» в количестве 5%, 7,5% и 10% и изучение функционально-технологических свойств (ФТС) разработанных образцов: влагоудерживающая способность (ВУС), жируудерживающая способность (ЖУС), потери при тепловой обработке.

2. Оценку эффективности HPP-обработки: Высокое гидростатическое давление (HPP): обработка на установке «Пищевой гидростат, модель 600 МПа/30L» при давлении 400 МПа в течение 5, 10 и 15 минут.

3. Микробиологический контроль образцов в процессе хранения (определение КМАФАнМ, БГКП, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* и др.) в соответствии с требованиями ТР ЕАЭС 051/2021.

Основные объекты исследования: мясные рубленые полуфабрикаты (МРПФ), контрольные и опытные образцы:

1. МРПФ с внесением сухой белковой композитной смеси (СБКС) «Дисо Нутримун».



2. МРПФ с внесением сухой белковой композитной смеси (СБКС) «Дисо Нутри-мун» обработанные высоким давлением, упакованным методом вакуумной скин-упаковки.

В процессе изучения технологий НРР для подавления и уничтожения патогенных микроорганизмов проведены исследования по обработке высоким давлением с использованием «Пищевой гидростат, модель 600МПа / 30L» на базе Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория прочности.

Отбор проб и подготовка их к испытаниям проводилась согласно требованиям ГОСТ Р 54607.1–2011 «Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 1. Отбор проб и подготовка к физико-химическим испытаниям».

Органолептические показатели определяли в соответствии с ГОСТ 32951–2014 «Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия».

Физико-химические показатели определяли в соответствии с ГОСТ 4288–76 «Исделия кулинарные и полуфабрикаты из рубленого мяса. Правила приемки и методы испытаний».

Микробиологические испытания: бактерии рода *Listeria monocytogenes* определяли по ГОСТ 32031–2012, бактерии рода *Salmonella* – по ГОСТ 31659–2012 (ISO 6579:2002), количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – по ГОСТ 10444.15–94, бактерии группы кишечной палочки (БГКП) – по ГОСТ 31747–2012, сульфитредуцирующие клостридии – по ГОСТ 29185–2014, бактерии рода *Proteus* – по ГОСТ 28560–90, *S. aureus* – по ГОСТ 31746–2012.

Экспериментальная часть работы по применению высокого давления (НРР) была выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИФМ УрО РАН.

Принцип технологии НРР основан на передаче давления (обычно в диапазоне 100–800 МПа) через гидравлическую жидкость (чаще всего воду) на упакованный продукт, находящийся в специальной камере.

В рамках решения первой задачи по разработке рецептуры МРПФ повышенной пищевой ценности экспериментально установлено, что внесение 7,5% СБКС является оптимальным. Данная дозировка позволяет достичь значительного улучшения функционально-технологических свойств по сравнению с контрольным образцом (с пшеничным хлебом) (табл. 1).

Таблица 1

**Химический состав и функционально-технологические свойства
МРПФ в зависимости от количества СБКС ($n = 3$), %**

Показатель	Контроль	Опытные образцы МРПФ с добавлением СБКС		
		5 %	7,5%	10 %
Массовая доля влаги	65,40 ± 2,53	65,05 ± 3,46	65,15 ± 3,62	65,24 ± 2,42
Массовая доля белка	13,28 ± 0,09	14,50 ± 0,10	15,20 ± 0,10	16,03 ± 0,08
Массовая доля жира	23,40 ± 0,14	22,60 ± 0,15	22,10 ± 0,15	21,50 ± 0,09
Массовая доля золы	3,78 ± 0,25	2,89 ± 0,15	2,98 ± 0,09	2,98 ± 0,07
Стабильность	76,10 ± 3,28	88,60 ± 4,08	89,10 ± 3,85	89,50 ± 2,95
ВУС	66,40 ± 3,28	69,43 ± 4,19	68,52 ± 3,95	67,54 ± 4,01
ЖУС	67,52 ± 4,21	74,68 ± 5,12	75,15 ± 4,56	65,83 ± 5,11
Потеря массы при тепловой обработке	21,92 ± 0,25	16,84 ± 0,15	17,14 ± 0,18	17,22 ± 0,08

Использование СБКС в модельных МРПФ способствует увеличению ЖУС, что обусловлено набуханием белка, и способностью удерживать его. ЖУС возросла



на 11,3 % (с 67,52 % до 75,15 %). ВУС увеличилась на 3,5 % (с 66,4 % до 68,52 %). Установлено снижение потерь при тепловой обработке на 21,8 % (с 21,92 % до 17,14 %)., в то время как массовая доля белка увеличилась с 13,28 % до 15,20 %.

СКБС также положительно влияет на технологические (формоустойчивость, ВУС) и органолептические (сочность, мягкость, вкус и запах) свойства, а также способствует повышению калорийности изделия (табл. 2).

Таблица 2

**Органолептические показатели разработанных МРПФ,
в зависимости от количества СКБС, балл**

Показатель	Контроль	5 % СКБС	7,5 % СКБС	10 % СКБС
Внешний вид	4,6±0,1	4,0±0,2	4,7±0,1	4,2±0,1
Вид на разрезе	4,7±0,2	3,4±0,2	4,2±0,1	3,0±0,1
Запах (аромат)	4,7±0,2	4,4±0,1	4,2±0,1	4,0±0,1
Вкус	4,2±0,1	4,2±0,2	4,6±0,2	3,2±0,1
Консистенция	4,8±0,1	4,0±0,1	4,7±0,1	3,4±0,2

Исследование показало, что уровень незаменимых аминокислот (НАК) в обоих образцах — контрольном (вариант 1) и опытном (вариант 2) — превышает рекомендуемые нормы ФАО/ВОЗ. Среднее превышение составляет около 4,9 граммов на каждые 100 граммов белка. Что касается сравнения образцов друг с другом, то опытные образцы содержат на 2,5% больше НАК по сравнению с контрольными (табл. 3).

Таблица 3

**Аминокислотный состав белка МРПФ в сравнении с
рекомендуемыми нормами ФАО/ВОЗ, мг/100 г**

Наименование аминокислоты	Рекомендуемая норма ФАО/ВОЗ	Образцы исследования	
		вариант 1	вариант 2
	г /100 г белка		
Незаменимые аминокислоты			
Изолейцин	4,0	4,35±0,01	4,95±0,02
Лейцин	7,0	7,9±0,02	8,55±0,01
Лизин	5,5	6,85±0,02	7,95±0,01
Метионин+цистеин	3,5	3,8±0,01	4,25±0,02
Фенилаланин+тирозин	6,0	6,75±0,02	7,15±0,03
Треонин	4,0	4,65±0,01	4,95±0,01
Триптофан	1,0	1,4±0,01	1,65±0,01
Валин	5,0	5,1±0,01	5,45±0,02

В рамках решения второй задачи проведено исследование по оценке эффективности технологии НРР. Результаты показали способность подавлять микрофлору, НРР-обработка продемонстрировала высокую эффективность и технологическую пригодность для готовой продукции.

После обработки и по истечении 5, 7 и 10 суток хранения в опытных и контрольных образцах МРПФ определяли бактерии рода *Listeria monocytogenes*, бактерии рода *Salmonella*, количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ).

Результаты микробиологических исследований МРПФ через 5, 7 и 10 суток хранения при НРР-обработке в течении 5, 10, 15 мин представлены в таблице 4.

Ключевым результатом стало значительное увеличение срока годности готовых МРПФ, упакованных методом вакуумной скин-упаковки и обработанных НРР.

Контрольный образец (без НРР) превысил допустимый уровень КМАФАнМ (5×10^5 КОЕ/г) уже на 5-и сутки хранения.



Образцы, обработанные НРР в течение 5, 10 и 15 минут, сохраняли соответствие нормативам на протяжении 10 суток хранения при 4 ± 2 °С.

Таблица 4

Микробиологические показатели МРПФ через 5, 7, 10 суток хранения

Наименование показателя	Гигиенические требования *	Продолжительность хранения, сутки	Контроль	Образцы обработанные НРР, мин		
				5	10	15
КМАФАнМ, не более, КОЕ/г	$5,0 \cdot 10^5$	5	$6,2 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$
		7	$8,4 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^4$	$7,8 \cdot 10^3$	$6,9 \cdot 10^3$
		10	$1,8 \cdot 10^{10}$	$4,8 \cdot 10^5$	$3,9 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^5$
<i>Listeria monocytogenes</i> , не допускаются в массе продукта, г	25	5	Не обнаружены			
		7				
		10				
Патогенные, в т.ч. <i>Salmonella</i> , не допускаются в массе продукта, г	25	5	Не обнаружены			
		7				
		10				

* ТР ЕАЭС 051/2021 Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности мяса птицы и продукции его переработки» (с изменениями на 15 февраля 2023 года)

На 10-е сутки хранения количество КМАФАнМ в НРР-обработанных образцах было ниже нормы. Увеличение длительности обработки НРР МРПФ значительно снижало общую микробную обсемененность по сравнению с начальным содержанием КМАФАнМ.

Патогены (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, БГКП, *S. aureus* и др.) во всех НРР-обработанных образцах на протяжении всего срока хранения не обнаруживались.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Разработана и научно обоснована рецептура мясных рубленых полуфабрикатов с повышенной пищевой ценностью за счет внесения 7,5% СБКС «Дисо Нутримун».

2. Технология обработки высоким гидростатическим давлением (НРР) при 400 МПа является высокоэффективным методом обеспечения микробиологической безопасности и пролонгирования сроков годности.

3. Установлено, что НРР-обработка позволяет увеличить срок годности готовых охлажденных МРПФ до 5 суток при соблюдении всех требований безопасности, что в несколько раз превышает стандартные сроки для данной продукции.

4. Технология прошла промышленную апробацию, разработан пакет технической документации (ТУ, ТИ, СТО). Расчеты показали, что внедрение НРР удорожает себестоимость производства на 7%, что является приемлемым для продукции с высокой добавленной стоимостью и улучшенными потребительскими свойствами.

Перспективы дальнейших исследований видятся в оптимизации режимов НРР для других видов кулинарной продукции (салаты, первые блюда) и в комбинировании данного метода с другими щадящими технологиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маюрникова Л.А., Кокшаров А.А., Крапива Т.В., Дриль А.А. Новые технологии сферы питания в целях повышения эффективности профилактики алиментарно-зависимых заболеваний // Индустрия питания. – 2024. – Т. 9, № 3. – С. 5-15. – DOI 10.29141/2500-1922-2024-9-3-1. – EDN EVXKXT.



2. Чугунова О.В., Бикбулатов П.С., Соколов А.А., Заворохина Н.В. Исследование влияния высокого гидростатического давления на функциональные свойства изолята горохового белка // Новые технологии. – 2023. – Т. 19, № 4. – С. 183-189. – DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-4-183-189. – EDN SDINJO.
3. Багмут Ю.Н., Чугунова О.В., Кокорева Л.А. [и др.] Разработка технологии охлажденной кулинарной продукции с пролонгированными сроками хранения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2024. – Т. 86, № 3(101). – С. 158-165. – DOI 10.20914/2310-1202-2024-3-158-165.
4. Кокорева Л.А., Багмут Ю.Н., Волков А.Ю. [и др.] Влияние высокого гидростатического давления на микробиологические показатели мясных полуфабрикатов // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – № 12(40). – DOI 10.23649/JAE.2023.40.31. – EDN MAEIKJ.
5. Бурак Л.Ч. Ограничения и возможности современных технологий обеспечения микробиологической безопасности пищевых продуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2024. – № 2-3(396). – С. 6-13. – DOI 10.26297/0579-3009.2024.2-3.1. – EDN JSFXRG.
6. Marangoni Junior L., Cristianini M., Padula M., Anjos C.A.R. (2019). Effect of high-pressure processing on characteristics of flexible packaging for foods and beverages. Food Research International, 119, 920–930.
7. Effects of High Pressure on the Textural and Sensory Properties of Minced Fish Meat Gels for the Dysphagia Diet" written by Keiko Yoshioka, Ai Yamamoto, Yasuyuki Matsushima, Kenji Hachisuka, Yoshihide Ikeuchi, published by Food and Nutrition Sciences, Vol.7 No.9, 2016. DOI: 10.4236/fns.2016.79074.
8. Chacha J.S., Zhang L., Ofoedu C.E. Revisiting non-thermal food processing and preservation methods – action mechanisms, pros and cons: A technological update (2016–2021). Foods. 2021. Vol. 10. pp. 1430.
9. Kryukov A.V., Arisov A.V., Vyatkin A.V. [et al.] Production Technology Development of Semi-Finished Products from Sprouted Wheat Grain and Its Practical Application in the Smoothie Composition / // Food Industry. – 2024. – Vol. 9, No. 3. – pp. 33-42. – DOI 10.29141/2500-1922-2024-9-3-4. – EDN GRIMOQ.
10. Balasubramaniam V.M. et al. Principles and application of high pressure-based technologies in the food industry // Annual Review of Food Science and Technology. 2015.

REFERENCES

1. Mayurnikova L.A., Koksharov A.A., Krapiva T.V., Dril A.A. New technologies in the food industry to improve the prevention of alimentary-related diseases // Food Industry. – 2024. – Vol. 9, No. 3. – pp. 5-15. – DOI 10.29141/2500-1922-2024-9-3-1.
2. Chugunova O.V., Bikbulatov P.S., Sokolov A.L., Zavorokhina N.V. Study of the effect of high hydrostatic pressure on the functional properties of pea protein isolate // New technologies. – 2023. – Vol. 19, No. 4. – pp. 183-189. – DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-4-183-189. – EDN SDINJO.
3. Bagmut Yu.N., Chugunova O.V., Kokoreva L.A. [et al.] Development of technology for chilled culinary products with prolonged shelf life // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2024. – Vol. 86, No. 3(101). – pp. 158-165. – DOI 10.20914/2310-1202-2024-3-158-165.
4. Kokoreva L.A., Bagmut Yu.N., Volkov A.Yu. [et al.] Effect of high hydrostatic pressure on microbiological parameters of semi-finished meat products // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – No. 12(40). – DOI 10.23649/JAE.2023.40.31.
5. Burak L.Ch. Limitations and capabilities of modern technologies for ensuring microbiological safety of food products // News of higher educational institutions. Food technology. – 2024. – No. 2-3(396). – pp. 6-13. – DOI 10.26297/0579-3009.2024.2-3.1.



6. Marangoni Junior L., Cristianini M., Padula M., Anjos C.A.R. (2019). Effect of high-pressure processing on the characteristics of flexible packaging for foods and beverages. *Food Research International*, 119, 920–930.
7. Effects of High Pressure on the Textural and Sensory Properties of Minced Fish Meat Gels for the Dysphagia Diet" written by Keiko Yoshioka, Ai Yamamoto, Ya-suyuki Matsushima, Kenji Hachisuka, Yoshihide Ikeuchi, published by Food and Nutrition Sciences, Vol.7 No.9, 2016. DOI: 10.4236/fns.2016.79074.
8. Chacha J.S., Zhang L., Ofoedu C.E. Revisiting non-thermal food processing and preservation methods – action mechanisms, pros and cons: A technological up-date (2016–2021). *Foods*. 2021. Vol. 10. pp. 1430.
9. Kryukov A.V., Arisov A.V., Vyatkin A.V. [et al.] Production Technology Development of Semi-Finished Products from Sprouted Wheat Grain and Its Practical Application in the Smoothie Composition // *Food Industry*. – 2024. – Vol. 9, No. 3. – pp. 33-42. – DOI 10.29141/2500-1922-2024-9-3-4. – EDN GRIMOQ.
10. Balasubramaniam V.M. et al. Principles and application of high pressure-based technologies in the food industry // *Annual Review of Food Science and Technology*. 2015.



Кинетика сушки дынной груши - пепино в центробежном псевдосжиженном слое

Kinetics of drying melon pear - pepino in a centrifugal fluidized bed

Доцент, к.т.н. Ю.В. Османова

ФГБОУ ВО «ДонНУЭТ имени Михаила Туган-Барановского, кафедра технологии и организации производства продуктов питания имени А.Ф. Коршуновой, тел. +79494384077
hvjfurf.78@list.ru

Associate Professor, PhD Yu.V. Osmanova

DonNUET named after Mikhail Tugan-Baranovsky, chair of Technology and Organization of Food Production named after A.F. Korshunova, tel. +79494384077
hvjfurf.78@list.ru

Аннотация. Цель исследования определение способа сушки дынной груши – пепино в центробежном псевдосжиженном слое.

Сушка проводилась в сушильной установке. Влажностное содержание определяли по методу высушивания до постоянной массы в соответствии с ГОСТ 15113.4-77. Отобранные образцы досушивались в сушильном шкафу СНОЛ 3,5.3.5.3.5/3,5 И2. С помощью термопары измерялась температура внутри частицы продукта, а также в слое. Термостатирование холодных спай термопар при 0°C осуществлялось в сосуде Дьюара. Температура в сосуде контролировалась с помощью ртутного термометра с ценой деления 0,5°C.

Анализ исследований по сушке дынной груши - пепино, показывает, что наилучшие показатели готового продукта обеспечиваются при сушке в центробежном псевдосжиженном слое теплоносителем температурой до 100 °С.

Установили, что оптимальным режимом сушки с точки зрения максимальной степени хранения целевого компонента и минимальных энергозатрат является ступенчатый режим обработки, который на первой стадии предусматривает использование воздуха с высокой температурой 110 °С, на второй стадии – с более низкой 75 °С. Продолжительность первой стадии для кубиков размером 10×3 – это время, когда температура в центре частицы достигнет 65°C. Это происходит спустя 14 мин после начала процесса. Продолжительность сушки составила около 90 мин.

Abstract. The objective of this study was to determine a method for drying pepino melon in a centrifugal fluidized bed.

Drying was carried out in a drying unit. Moisture content was determined using the constant-weight drying method in accordance with GOST 15113.4-77. The samples were then dried in a SNOL 3.5.3.5.3.5/3.5 I2 drying oven. A thermocouple was used to measure the temperature within the product particle and in the bed. The cold junctions of the thermocouples were maintained at 0°C in a Dewar flask. The temperature in the flask was monitored using a mercury thermometer with a division value of 0.5°C. An analysis of research on drying pepino melons shows that the best finished product properties are achieved by drying in a centrifugal fluidized bed with a heat transfer fluid at a temperature of up to 100°C.

It was determined that the optimal drying mode, in terms of maximum preservation of the target component and minimum energy consumption, is a stepwise drying process, which involves using air at a high temperature of 110°C in the first stage and a lower temperature of 75°C in the second stage. The duration of the first stage for 10x3 cubes is the time until the temperature at the center of the particle reaches 65°C. This occurs 14 minutes after the start of the process. Drying time was approximately 90 minutes.

Ключевые слова: кинетика сушки, дынная груша, пепино, центробежный псевдосжиженный слой.

Keywords: drying kinetics, melon pear, pepino, centrifugal fluidized bed.



В последние годы всё больше внимания уделяется разработке новых технологий производства пищевых продуктов для диабетиков и других профилактических целей, основанных на переработке нетрадиционного растительного сырья.

Одним из таких перспективных направлений является использование дынной груши - пепино. Вкус этого фрукта как напоминающий ананас или манго, что свидетельствует о необычном и многогранном его аромате и вкусовых характеристиках [2]. Добавление пепино в пищу обогащает продукты биологически активными веществами, что способствует укреплению здоровья. Кроме того, пепино образует в составе стабильные комплексы, которые помогают улучшить процессы пищеварения и повышают органолептические характеристики полуфабрикатов и многих блюд [1].

Мякоть плода на 93% состоит из воды. В зависимости от сорта и степени зрелости она может быть как приторно-сладкой, так и кисловатой. У некоторых видов мякоть обладает лёгкой горчинкой, что добавляет особого оттенка вкусу.

В его мякоти содержится витамин С - его концентрация достигает около 35 мг на 100 г продукта. Кроме того, внутри плодов присутствуют витамины А, К, РР, а также группы В, необходимые для нормальной работы организма взрослых и детей. В их составе есть такие микроэлементы, как йод, медь, магний, калий и железо, выполнение функций которых крайне важно для поддержания здоровья [3 - 6].

При отсутствии индивидуальной непереносимости, рекомендуется регулярно включать пепино в рацион в любом возрасте, оно способствует укреплению иммунитета и улучшению обменных процессов. Особенно полезно употребление дынной груши людям, страдающим заболеваниями щитовидной железы [4].

Сто граммов мякоти пепино содержит примерно 80 калорий, что делает его достаточно низкокалорийным продуктом [5].

Для производства сушёных порошков из подобных плодов применяют современные сушильные установки, такие как конвективные конвейеры, на которых плоды высушиваются до влажности 5 – 8 %. Обычно данный процесс занимает от 3,5 до 5,5 часов при температуре воздуха 70 – 95 °С. Традиционные методы сушки, основанные на неподвижном высушивании слоями, зачастую снижают пищевую ценность и ухудшают качество конечного продукта. Поэтому возникает необходимость в разработке новых, более эффективных технологий сушки, которые позволили бы получать продукцию высокого качества и сохранять максимально возможное содержание полезных веществ [7].

В научной литературе имеется ряд исследований, посвящённых сушке растительного сырья различными методами. В некоторых работах изучалась кинетика сушки плодов с использованием в качестве теплоносителя перегретого пара атмосферного давления в импульсных псевдосжиженных слоях. Авторы отмечают, что импульсный подвод тепла активизирует перемешивание слоя растительного сырья, способствует разрушению агломератов, что повышает однородность процесса сушки [8 - 10].

В рамках исследований по сушке дынной груши - пепино в псевдосжиженном слое были проведены экспериментальные исследования при изменении технологических параметров: температуры воздуха 60 – 115°С, размеров кубиков 5, 6, 8, 10 и 12 мм, удельной нагрузки на газораспределительную решётку 15 – 25 кг/м², скорости воздуха 2,2 м/с. Сушка осуществлялась от начальной влажности 93 % до 12 – 14 %. Время сушки зависело от размеров частиц и температуры - оно составляло 36 – 137 минут. Высушенные продукты обладали высокими органолептическими качествами. Анализ кривых сушки, скоростей и изменения температуры внутри кубиков позволил рекомендовать оптимальные режимы: температуру воздуха 80–100°С, скорость воздуха 2,2 – 2,4 м/с, удельную нагрузку 20 – 25 кг/м², а также нарезку продукта кубиками 10×10×10 мм.

Эксперименты показали, что применение высоких температур (выше 100 °С) в стадии активной сушки неоправданно, поскольку приводит к быстрому образованию



плотной «корки» на поверхности кубиков, что создаёт сопротивление переносу влаги и вызывает подгорание и усадку продукта.

Исследования с использованием теплоносителей при температурах 120, 140 и 160 °С подтвердили, что внешняя поверхность быстро подсушивается, что ухудшает качество и усложняет дальнейший процесс. В результате формирования плотной пробки внутри продукта происходит нарушение равномерного высушивания.

Проведённые работы свидетельствуют, что наиболее эффективная сушка дынной груши - пепино достигается при температурах до 100 °С в псевдооживленном слое.

В рамках исследований осуществлены эксперименты по сушке в центробежном псевдооживленном слое, при предварительной обработке и нарезке продукта кубиками размером 10×10×10. В ходе экспериментов продукт (кубики 10×10×10 мм) помещали в вращающийся барабан, после чего регулировали скорость его вращения для формирования устойчивого слоя.

С целью анализа процесса через определённые интервалы времени брали образцы, определяя влагосодержание методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ 15113. Образцы досушивали при температуре 130 ± 2 °С в сушильном шкафу. Внутреннюю температуру внутри частиц и слоя измеряли с помощью термопар, что позволило получить глубинные данные о температурных режимах и термических реакциях внутри продукта во время сушки.

На рис. 1 показаны кривые влажности и скорости сушки для кубиков диаметром 10 мм при разных температурах входящего воздуха, удерживаемых на уровне 3,65 м/с, при коэффициенте заполнения камеры 0,26. Условия - температура окружающей среды 17 °С и влажность 55 %, что стандартно для лабораторных условий.

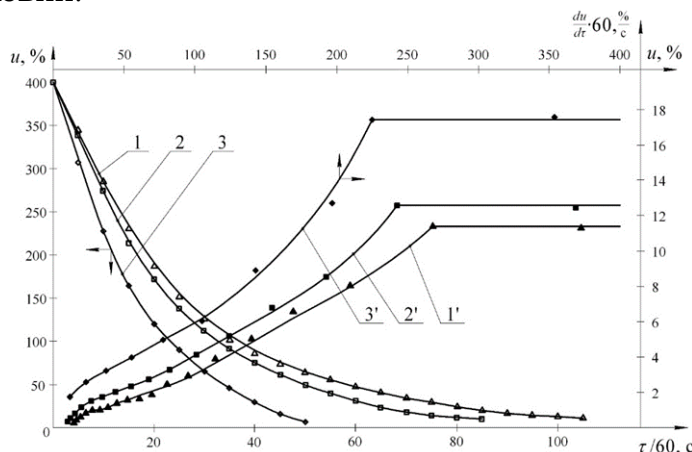


Рис. 1. Кривые сушки и скорости сушки дынной груши - пепино в зависимости от температуры воздуха: 1, 1' – 75 °С; 2, 2' – 90 °С; 3, 3' – 110 °С

Повышение температуры воздуха на входе (в диапазоне 80–100 °С, как было рекомендовано ранее) способствует более быстрому удалению влаги, что подтверждается кривыми сушки. Внутренние температурные кривые, полученные с помощью термопар, позволяют наблюдать за равномерностью нагрева внутри частиц, а также наличие стадий активного и пассивного высушивания. Высокие температуры (более 130 °С) могут вызвать сверхъестественную сушку поверхности, формирование плёнки, которая ухудшает перенос влаги изнутри и может привести к образованию плотных пробок, что ухудшает качество продукта и усложняет технологический процесс.

Это подтверждается результатами исследований по подгоранию и усадке при высоких температурах. В начальной стадии процесса наблюдается относительно



быстрая потеря влаги, связанная с испарением с поверхности и быстрым снижением влагосодержания. По мере уменьшения влажности скорость сушки снижается, что обусловлено ограничением движения влаги изнутри.

Достоверность и повторяемость кривых позволяют определить оптимальные режимные параметры сушки - температуру, время и скорость потока воздуха - для обеспечения высокой эффективности и сохранения качества.

На основе данных экспериментов и анализа термограмм целесообразно использовать температуру входящего воздуха в диапазоне 80 – 100 °С при скорости воздуха 3,65 м/с. Не рекомендуется превышать 130 °С, чтобы избежать образования плёнок и пересушивания поверхности. Контроль внутренней температуры с помощью термопар значительно повышает качество сушки и позволяет регулировать процесс для предотвращения нежелательных эффектов.

Экспериментальные исследования подтвердили, что оптимальный режим сушки для дынной груши - пепино в псевдооживленном слое достигается при температуре воздуха около 80 – 100°С. При этих условиях обеспечивается эффективное удаление влаги, сохранение органолептических и питательных свойств продукта, а также предотвращаются нежелательные термические эффекты, такие как подгорание и образование плотных корок.

Анализ кривых показывает, что процесс сушки происходит в два этапа — с постоянной и ниспадающей скоростью.

На первом этапе удаляется свободная влага, а на втором — связанная. Критическое значение влагосодержания, при котором происходит переход между этими двумя этапами, составляет от 226 до 268 %.

Конечное влагосодержание колеблется в диапазоне от 7,7 до 12,3 %, в зависимости от температуры воздуха.

Температура воздуха значительно влияет на продолжительность сушки; при повышении температуры с 75 °С до 105 °С время сушки сокращается в 2,3 раза.

Согласно данным, представленным на рисунке 2, зависимость между температурой и временем сушки близка к линейной.

Сокращение продолжительности сушки происходит в первую очередь за счет повышения скорости сушки в первый период, т.е. за счет более интенсивного внешнего переноса влаги.

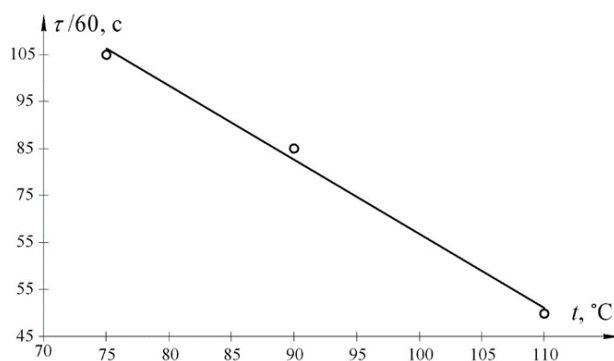


Рис. 2. Продолжительность сушки в зависимости от температуры воздуха

На рис. 3 приведены термограммы кубиков дынной груши - пепино. Они имеют два участка: крутой участок интенсивного роста температуры в начале процесса и пологий участок практически постоянной температуры. Доли каждого участка в общем процессе сушки разные: при повышении температуры воздуха доля пологого участка уменьшается.

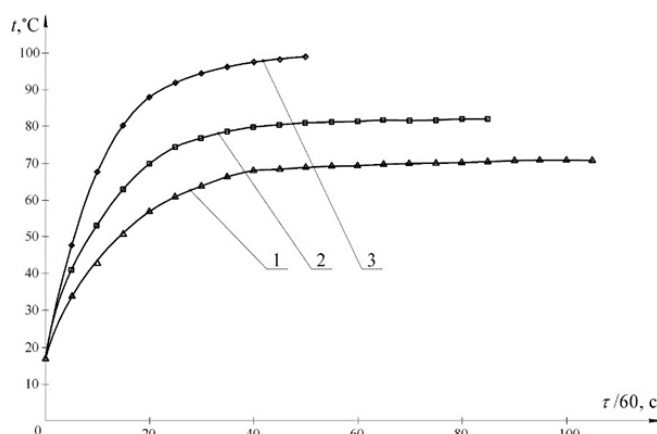


Рис. 3. Термограммы кубиков дынной груши в зависимости от температуры воздуха: 1 – 75 °С; 2 – 90 °С; 3 – 110 °С

Температура продукта во время сушки определяет качество полученного продукта, поэтому для оценки степени влияния каждого режима сушки на жесткость был рассчитан средний показатель температуры продукта за весь процесс.

Качественные характеристики сушеных овощей хорошо коррелируют с уровнем средней температуры. Вычисленные значения средней температуры указывают на рост жесткости температурного воздействия при увеличении температуры воздуха.

Также органолептические свойства и форма готового продукта заметно различаются в зависимости от температуры воздуха. При сушке при 75 °С и 90 °С происходит значительная усадка кубиков дынной груши: они теряют первоначальную форму, а центры граней смещаются к центру частицы. В то время как при температуре 110 °С форма кубиков не изменяется, за исключением уменьшения объема, что связано с объемным характером испарения влаги при высокой температуре теплоносителя.

Цвет готового продукта варьируется от чуть-желтого при 75 °С до светло-коричневого при 110 °С. Также наблюдается изменение структуры: кубики, высушенные при 110 °С, твердые, хрупкие и легко измельчаются в порошок, в то время как частицы, высушенные при 75 °С и 90 °С, остаются вязкими и плохо измельчаются из-за налипания на измельчитель. Вкус во всех случаях остается сладким и характерным для данного продукта.

Цвет и структура свидетельствуют о разной степени протекания реакций карамелизации и меланоидинообразования, которые обусловлены разной температурой теплоносителя. Светло-коричневый цвет и структура кубиков, высушенных при 110 °С, указывают на более глубокие изменения углеводных соединений. Кроме того, сушка при меньших температурах занимает больше времени и требует больше энергии.

Таким образом, оптимальным режимом с точки зрения сохранения целевых компонентов и минимальных затрат энергии считается ступенчатый режим: на первой стадии используется горячий воздух с температурой 110 °С, а на второй - снизить температуру до 75 °С. Время первой стадии для кубиков размером 10×3 мм - это момент, когда температура внутри частицы достигает 65 °С, что происходит через 14 минут после начала сушки.

Анализ практических исследований показывает, что такой ступенчатый режим позволяет поддерживать температуру внутри кубиков ниже 65 °С на протяжении всего процесса, при общей продолжительности сушки около 90 минут.



ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова Е.Н., Петрова А.И. Биологически активные вещества в экзотических фруктах и их использование в пищевой промышленности // Журнал пищевой промышленности. - 2020. - № 4. - С. 45-50.
2. Лавров А.В., Смирнов Л.Г. Новые подходы к производству диетических продуктов из нетрадиционного растительного сырья // Вестник аграрных наук. - 2019. - № 2. - С. 23-28/
3. Молчанов П.С. Современные технологии переработки фруктов и овощей для создания функциональных продуктов - СПб.: Наука и образование, 2021. - 270 с.
4. Чернышева Н.Ю., Федоров И.А. Использование новых видов и сортов плодовых культур в функциональной пищевой промышленности // Технология продуктов питания. - 2019. - Т. 17. - № 3. - С. 90-96.
5. Федотова А.П., Романова Т.В. Пищевая ценность и биологическая активность экзотических фруктов и овощей // Биологическая химия. - 2021. - Т. 57. - № 1. - С. 45-52.
6. Шеин В.Ю. Гастрономические и нутрициальные свойства дынной груши (пепино): обзор литературы // Современные технологии в пищевой промышленности. - 2022. - № 6. - С. 112-118.
7. Максименко Г.Е. Влияние растительной добавки из тыквы и топинамбура на качественные показатели мясных полуфабрикатов // Сб. науч. тр. ЛНАУ. – Луганск, 2008. – Вып.87 – С.140-147.
8. Остриков А.Н., Зуев И.А. Кинетика сушки топинамбура перегретым паром // Известия вузов. Пищевая технология – Киев, 2005. – №2 - 3 – С.87-89.
9. Поперечный А.Н., Жданов И.В. Экспериментальное исследование массопереноса при сушке овощей в центробежном псевдооживленном слое // Науч. труды ОНАПТ. – Одесса, 2008. – Вып. Тридцать второй – С.182-186.
10. Потапов В.А. Кинетика сушки: анализ и управление процессом: Монография ХГУПТ. – Харьков, 2009. – 250 с.

REFERENCES

1. Ivanova E.N., Petrova A.I. Biologically active substances in exotic fruits and their use in the food industry // Journal of the food industry. - 2020. - No. 4. - pp. 45-50.
2. Lavrov A.V., Smirnov L.G. New approaches to the production of dietary products from non-traditional plant raw materials // Bulletin of agrarian sciences. - 2019. - No. 2. - pp. 23-28/
3. Molchanov P.S. Modern technologies for processing fruits and vegetables to create functional products - St. Petersburg: Science and education, 2021. - 270 p.
4. Chernysheva N.Yu., Fedorov I.A. Use of new species and varieties of fruit crops in the functional food industry // Technology of food products. - 2019. - Vol. 17. - No. 3. - pp. 90-96.
5. Fedotova A.P., Romanova T.V. Nutritional value and biological activity of exotic fruits and vegetables // Biological chemistry. - 2021. - Vol. 57. - No. 1. - pp 45-52.
6. Shein V.Yu. Gastronomic and nutritional properties of melon pear (pepino): a literature review // Modern technologies in the food industry. - 2022. - No. 6. - pp. 112-118.
7. Maksimenko G.E. Influence of pumpkin and Jerusalem artichoke plant additive on the quality indicators of semi-finished meat products // Coll. sci. t. LNAU. – Lugansk, 2008. – Issue 87 – pp. 140-147.
8. Ostrikov A.N., Zuev I.A. Kinetics of Jerusalem artichoke drying with superheated steam // News of universities. Food technology – Kyiv, 2005. – No. 2-3 – pp. 87-89.
9. Poperechnyy A.N., Zhdanov I.V. Experimental study of mass transfer during drying vegetables in a centrifugal fluidized bed // Scientific works of ONAFT. – Odessa, 2008. – Issue thirty-second – pp. 182-186.
10. Potapov V.A. Drying kinetics: analysis and process control: Monograph of KSUFT. – Kharkov, 2009. – 250 p.



**Энергетическая оптимизация и операционная устойчивость
систем шоковой заморозки в хлебопекарном производстве:
интеграция технологий с логистикой
и управлением потерями**

**Energy Optimization and Operational Sustainability of Blast
Freezing Systems in Bakery Production:
Integrating Technologies with Logistics and Loss Management**

Независимый исследователь Л.А. Манджгаладзе
Бостон, США, тел. +79494384077
levanmand@gmail.com

Independent researcher L.A. Mandzhgaladze
Boston, USA, tel. +79494384077
levanmand@gmail.com

Аннотация. Исследование посвящено комплексному анализу внедрения интегрированной системы производства замороженных слоено-дрожжевых полуфабрикатов на российском предприятии. Целью работы является оценка эффективности данной технологии с точки зрения операционной устойчивости, энергетической оптимизации, управления качеством и трансформации логистических моделей. Методологическая база включает кейс-стади, контент-анализ производственной документации и систематический обзор научной литературы. Результаты демонстрируют, что адаптированные технологические режимы (температура теста 10 – 14 °С, шоковая заморозка при -35...-40 °С) обеспечивают сохранение слоистой структуры и стабильность органолептических показателей конечного продукта. Установлено, что технология позволяет минимизировать операционные потери и открывает возможности для значительного повышения энергоэффективности за счет рекуперации тепла. Увеличение срока годности до 6 месяцев является основой для перехода к модели «производство на склад», что кардинально расширяет географию поставок и повышает гибкость управления ассортиментом. Статья будет полезна технологам и производственным менеджерам хлебопекарных предприятий, инженерам по холодильным и энергетическим системам, специалистам по контролю качества и логистике холодной цепи, а также консультантам и инвесторам, планирующим масштабирование и повышение энергоэффективности производства замороженных слоёных изделий.

Abstract. This study provides a comprehensive analysis of the implementation of an integrated production system for puff yeast frozen semi-finished products at a Russian enterprise. The work aims to evaluate the effectiveness of this technology in terms of operational stability, energy optimization, quality management, and the transformation of logistical models. The methodological framework includes a case study, content analysis of production documentation, and a systematic review of scientific literature. The results demonstrate that adapted technological regimes (dough temperature of 10–14°C, shock freezing at -35 to -40°C) ensure the preservation of the laminated structure and the stability of the final product's organoleptic properties. The technology was found to minimize operational losses and create significant opportunities for energy efficiency through heat recovery. Extending the shelf life to 6 months facilitates a transition to a make-to-stock model, which radically expands the geography of distribution and increases the flexibility of assortment management. This article will be useful for technologists and production managers of bakery enterprises, refrigeration and energy systems engineers, quality control and cold chain logistics specialists, as well as consultants and investors planning to scale up and improve the energy efficiency of frozen laminated product manufacturing.

Ключевые слова: шоковая заморозка, слоеные изделия, операционная устойчивость, энергетическая эффективность, логистика холодной цепи, управление потерями, качество хлебобулочных изделий.

Keywords: shock-freezing, laminated products, operational resilience, energy efficiency, cold-chain logistics, loss management, bakery product quality.



Глобальный рынок хлебобулочных изделий претерпевает значительную трансформацию, обусловленную изменением потребительских предпочтений и ускорением темпа жизни. Наблюдается устойчивый рост спроса на продукцию категории «convenience food», сочетающую высокое качество и удобство приготовления [1]. В этом контексте рынок замороженных хлебобулочных изделий демонстрирует опережающую динамику: по прогнозам, его объем достигнет 43,75 млрд долларов США к 2030 году [2]. Технологии глубокой заморозки, в частности шоковая заморозка, становятся стратегическим инструментом для производителей, позволяющим не только удовлетворить новые запросы потребителей, но и решить ряд фундаментальных проблем традиционного хлебопечения.

Ключевой проблемой классической модели производства является ограниченный срок годности свежей продукции, что влечет за собой высокие экономические потери, связанные со списаниями, усложняет логистику на большие расстояния и снижает операционную гибкость предприятий [3]. Для российского рынка, с его обширной географией и сложными климатическими условиями, эти вызовы особенно актуальны.

Цель исследования – оценка эффективности интегрированной модели производства слоеных изделий с применением технологии шоковой заморозки для достижения операционной устойчивости, энергетической оптимизации и расширения логистических возможностей.

Методологическая база исследования основана на междисциплинарном подходе, сочетающем качественные и количественные методы анализа. Центральным методом является кейс-стади (case study), в рамках которого детально изучен опыт промышленного предприятия Российской Федерации, внедрившего автоматизированную линию для производства замороженных слоеных полуфабрикатов (ЗПФ). Данный метод позволил провести глубокий анализ реального производственного процесса в его естественном контексте. Для сбора эмпирических данных применялся контент-анализ внутренней технической и технологической документации предприятия. Теоретической основой работы послужил систематический обзор актуальной научной литературы из рецензируемых баз данных (Scopus, Web of Science) и аналитических отчетов ведущих отраслевых агентств.

Анализ технологической документации предприятия позволил выявить ключевые параметры адаптированного процесса производства слоеных изделий, обеспечивающие стабильность и высокое качество замороженных полуфабрикатов. Процесс строится на строгом контроле температурно-временных режимов на всех этапах, как показано в таблице 1.

Таблица 1

**Сводные технологические параметры производства и контроля качества
замороженных слоеных полуфабрикатов**

Параметр	Слойка домашняя с яблоком	Слойка с абрикосом	Слойка Французская
Температура теста после замеса, °C	11	11	11
Продолжительность замеса, мин	12	10	12
Продолжительность расстойки, мин	70-75	70-75	70-75
Температура расстойки, °C	30-33	30-33	30-33
Влажность при расстойке, %	75-76	75-76	75-76
Температура шоковой заморозки, °C	от -35 до -40	от -35 до -40	от -35 до -40
Продолжительность заморозки, мин	55-60	55-60	55-60
Потеря массы при заморозке, %	3,2	0	0,1
Влажность мякиша, %	36	36	36
Кислотность, °Н	2,2	2,2	2,2



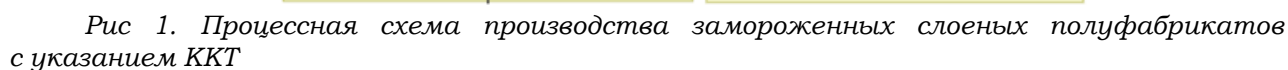
Ключевым элементом процесса является синергия между параметрами замеса и заморозки. Поддержание низкой температуры теста на выходе из тестомесильной машины (10–14 °C) преследует две цели: во-первых, замедлить преждевременную ферментативную активность дрожжей, во-вторых, сохранить пластичность маргарина, необходимую для создания тонких, непрерывных жировых слоев в процессе ламинирования. Последующая шоковая заморозка при сверхнизких температурах (от -35 °C до -40 °C) обеспечивает быстрое прохождение криоскопической точки и формирование микрокристаллов льда. Этот подход принципиально важен, поскольку медленная заморозка приводит к образованию крупных кристаллов, которые способны механически повредить нежную структуру глютеинового каркаса и нарушить целостность жировых прослоек, что негативно сказывается на объеме и слоистости готового изделия [4]. Таким образом, комбинация холодного замеса и высокой скорости заморозки является технологической основой для сохранения деликатной слоистой структуры, что является главным критерием качества для данного вида продукции.

Анализ актов контроля выявил, что потеря массы полуфабриката в процессе заморозки является управляемым параметром. Для «Слойки домашней с яблоком» она составила 3,2 % (снижение с 96,8 г до 93,7 г), в то время как для «Слойки Французской» была минимальной - 0,1 % (с 87,1 г до 87,0 г), а для «Слойки с абрикосом» потери массы не зафиксированы. Вероятно, эти различия обусловлены рецептурными особенностями, в частности содержанием свободной влаги в тесте и начинке, которая подвергается сублимации в процессе интенсивного обдува холодным воздухом. Важно отметить, что эти потери не рассматриваются как производственный брак, а учитываются при расчете планового выхода продукции, что свидетельствует о высоком уровне технологического контроля и экономической проработанности процесса.

Внедрение технологии шоковой заморозки обеспечивает не только стабильность полуфабрикатов, но и высокое, воспроизводимое качество конечного продукта после дефростации и выпечки. Данные лабораторного контроля «Слойки домашней с яблоком» после выпечки показывают, что операционные потери находятся в пределах технологических норм: упек составляет 6,8 %, а усушка при остывании — 1,43 %. Эти показатели сопоставимы с потерями при традиционном способе производства, что опровергает возможные опасения о негативном влиянии цикла заморозки-разморозки на выход готовой продукции.

Органолептические и физико-химические показатели готовых изделий демонстрируют высокую стабильность. Независимо от партии, продукция соответствует требованиям стандарта организации (СТО): имеет правильную форму, равномерный цвет, свойственный данному виду изделий вкус и запах, а также нормированные показатели влажности мякиша (36 %) и кислотности (2,2 °Н). Это подтверждает, что технологический процесс позволяет «фиксировать» состояние полуфабриката в пике его качества после расстойки, минимизируя влияние внешних факторов и человеческого фактора на конечный результат.

Весь производственный цикл построен на системе контроля, где ключевые операции выделены как критические контрольные точки (ККТ), что отражено на процессной схеме на рисунке 1.



Хлебопекарное производство является энергоемким, при этом основными потребителями энергии выступают процессы, требующие либо интенсивного нагрева (печи, расстойные шкафы), либо охлаждения (камеры шоковой заморозки, склады хранения). Анализ технологического процесса показывает, что наиболее энергозатратными этапами являются выпечка при температуре до 230 °С и шоковая заморозка до -40 °С.

127

На основе анализа передового опыта можно выделить несколько ключевых направлений повышения энергоэффективности для рассматриваемого производства.

Во-первых, рекуперация тепла. Тепло, отводимое от конденсаторов компрессорно-конденсаторных агрегатов системы заморозки, может быть утилизировано для подогрева воды, используемой в технологических и бытовых целях, или для подогрева воздуха, подаваемого в расстойные камеры.

Во-вторых, оптимизация работы компрессоров. Использование частотно-регулируемых приводов (VSD) позволяет компрессорам работать с переменной производительностью, адаптируясь к фактической загрузке камер, что значительно снижает потребление электроэнергии в периоды неполной загрузки.

В-третьих, модернизация теплоизоляции. Снижение теплопритоков в камеры заморозки и хранения за счет использования современных изоляционных материалов и устранения «мостиков холода» напрямую сокращает время работы и нагрузку на холодильное оборудование.

Интеграция этих решений позволяет создать замкнутую энергетическую систему, где потоки тепла и холода управляются централизованно для достижения максимальной эффективности, как показано на рисунке 2.

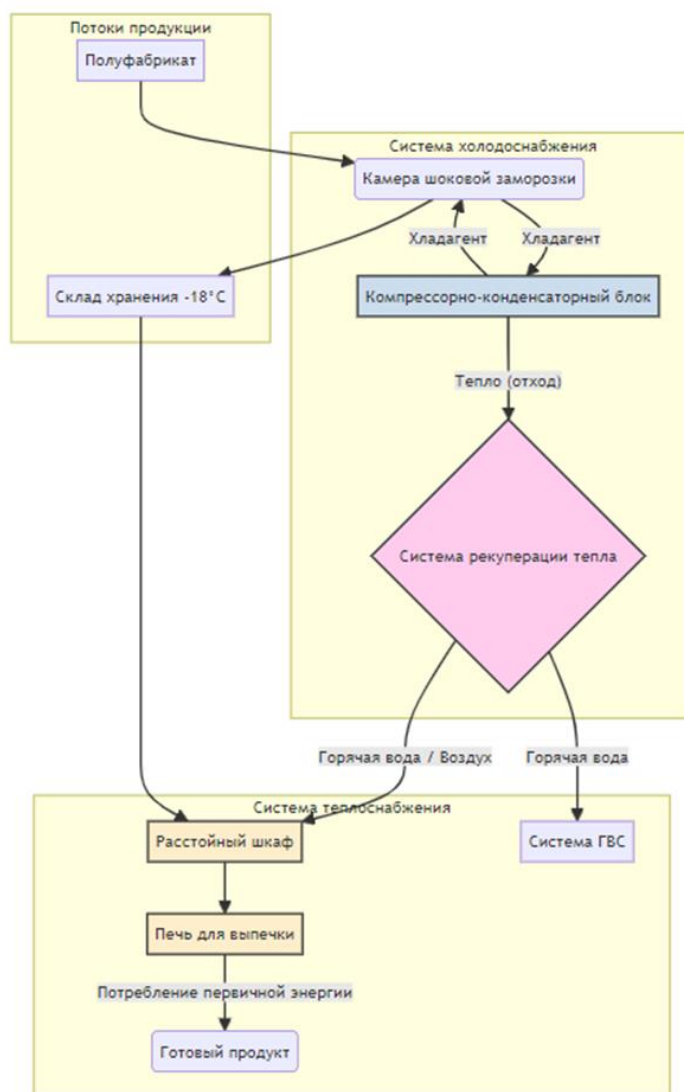


Рис. 2. Концептуальная модель интеграции энергетических потоков на хлебопекарном производстве с технологией шоковой заморозки



Такой подход не только приводит к прямому снижению затрат на энергоресурсы, но и уменьшает углеродный след предприятия, что становится все более важным фактором конкурентоспособности в условиях ужесточения экологического законодательства. Синергетический эффект от интеграции «холодных» и «горячих» процессов является ключевым фактором для достижения долгосрочной операционной и экономической устойчивости.

Наиболее значимым стратегическим результатом внедрения технологии шоковой заморозки является кардинальное изменение операционной и логистической модели предприятия. Увеличение срока годности продукции до 6 месяцев при соблюдении условий хранения (-18°C) позволяет перейти от традиционной для хлебопечения модели «производство под заказ» (make-to-order) с коротким горизонтом планирования к более эффективной модели «производство на склад» (make-to-stock).

Этот переход дает ряд фундаментальных преимуществ. Предприятие получает возможность «отвязать» производственный цикл от краткосрочных колебаний спроса. Производство может осуществляться крупными партиями с оптимальной загрузкой оборудования, что ведет к снижению себестоимости единицы продукции. Наличие складского запаса готовой продукции обеспечивает высокую скорость выполнения заказов и бесперебойность поставок, повышая уровень клиентского сервиса. Длительный срок годности делает экономически целесообразными поставки в самые удаленные и труднодоступные регионы России, включая районы Крайнего Севера и Дальнего Востока. Это позволяет не только осваивать новые рынки, но и выполнять важную социальную функцию, обеспечивая население качественной продукцией. Технология заморозки значительно сокращает объем списаний просроченной продукции как на складе производителя, так и в розничных точках, что является важным вкладом в решение проблемы пищевых отходов.

Таким образом, технология шоковой заморозки выступает не просто как производственное усовершенствование, а как стратегический инструмент для масштабирования бизнеса. Она создает основу для построения разветвленной дистрибьюторской сети и позволяет предприятию трансформироваться из локального игрока в поставщика федерального уровня. Развитие инфраструктуры холодовой цепи, включая современные склады и транспорт, становится ключевым фактором для реализации этого потенциала.

Проведенное исследование подтверждает высокую эффективность интегрированного подхода к внедрению технологии шоковой заморозки в производстве слоеных хлебобулочных изделий. На основе анализа производственной документации и данных лабораторного контроля установлено, что адаптированные технологические режимы позволяют обеспечить стабильно высокое качество и безопасность как замороженных полуфабрикатов, так и готовой продукции, сохраняя ее ключевые органолептические и структурные характеристики.

Ключевые выводы исследования заключаются в следующем. Операционная устойчивость достигается за счет строгого контроля критических точек процесса, в частности температуры теста после замеса и параметров шоковой заморозки. Это позволяет стандартизировать производственный цикл, минимизировать влияние внешних факторов и получать продукт с воспроизводимыми характеристиками. Управление потерями эффективно реализуется как на этапе производства (минимизация потерь массы при заморозке), так и в последующей цепи поставок (сокращение упека, усушки и списаний готовой продукции за счет увеличения срока годности). Энергетическая оптимизация является значительным, хотя и не до конца реализованным потенциалом. Интеграция систем холодо- и теплоснабжения, в частности, за счет рекуперации тепла от холодильного оборудования, может существенно снизить энергопотребление и операционные затраты предприятия. Переход к модели «производство на склад» открывает возможности для выхода на новые географические



рынки, оптимизации производственного планирования и повышения общей конкурентоспособности бизнеса.

Практическая значимость работы для российской хлебопекарной отрасли заключается в демонстрации проверенной и документированной модели модернизации производства. Представленный кейс-стади доказывает, что внедрение технологии шоковой заморозки является не только ответом на современные потребительские тренды, но и мощным инструментом для решения системных проблем отрасли. Это позволяет отечественным предприятиям расширять географию поставок, включая логистически сложные регионы, предлагать потребителям в точках продаж расширенный ассортимент свежеспекаемой продукции и повышать свою экономическую эффективность в условиях высокой конкуренции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Future Market Insights. Frozen Pastries Market. Global Market Analysis Report [Электронный ресурс]. 2025. URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/frozen-pastries-market>
2. Mordor Intelligence. Frozen Bakery Market [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/frozen-bakery-market>
3. Bhardwaj A., Soni R., Singh L. P., Mor R. S. A Simulation Approach for Waste Reduction in the Bread Supply Chain // Logistics. 2023. Т. 7, № 1. Ст. 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics7010002>.
4. Sun L., Zhu Z., Sun D. Regulating ice formation for enhancing frozen food quality: Materials, mechanisms and challenges // Trends in Food Science and Technology. 2023. Т. 139. Ст. 104116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.013>.
5. Faraldo F., Byrne P. A Review of Energy-Efficient Technologies and Decarbonating Solutions for Process Heat in the Food Industry // Energies. 2024. Т. 17, № 12. Ст. 3051. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17123051>.

REFERENCES

1. Future Market Insights. Frozen Pastries Market. Global Market Analysis Report [Электронный ресурс]. 2025. URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/frozen-pastries-market>
2. Mordor Intelligence. Frozen Bakery Market [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/frozen-bakery-market>
3. Bhardwaj A., Soni R., Singh L. P., Mor R. S. A Simulation Approach for Waste Reduction in the Bread Supply Chain // Logistics. 2023. Т. 7, № 1. Ст. 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics7010002>.
4. Sun L., Zhu Z., Sun D. Regulating ice formation for enhancing frozen food quality: Materials, mechanisms and challenges // Trends in Food Science and Technology. 2023. Т. 139. Ст. 104116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.013>.
5. Faraldo F., Byrne P. A Review of Energy-Efficient Technologies and Decarbonating Solutions for Process Heat in the Food Industry // Energies. 2024. Т. 17, № 12. Ст. 3051. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17123051>.



Изучение аминокислотного состава безглютенового торта «бисквитно-зефирный»

Study of the amino acid composition of a gluten-free sponge-marshmallow cake

Аспирант А.И. Соловьева, магистрант С.С. Зюзина, магистрант М.В. Дикарева,
доцент, к.б.н. Г.Е. Рысмукхамбетова

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», кафедра технологии продуктов питания,
тел. 8(906)3144899

Sonzyuzina@yandex.ru

Postgraduate student A.I. Solovieva, master's student S.S. Zyuzina, master's student
M.V. Dikareva, associate professor, PhD G.E. Rysmukhambetova

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov,
chair of Food Technology, tel. 8(906)3144899

Sonzyuzina@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена комплексная оценка питательной ценности нового специализированного продукта – торта с безглютеновым бисквитом на основе кукурузной, кокосовой муки, кэроба и прослойкой из зефира на яблочном жмыхе. Проведён расчёт химического состава и энергетической ценности продукта. Для оценки качества белкового компонента определён аминокислотный состав и рассчитан аминокислотный скор с учётом метаболических пар. Использована методика Рогова И.А., Липатова Н.Н. для расчёта показателей: коэффициентов сбалансированности, разбалансированности и различий аминокислотного сора и Покровского А.А. для частного (КУНА) и интегрального (ИКУ) коэффициентов утилитарности.

Установлено, что торт «Бисквитно-зефирный» содержит 4,13 г белка на 100 г разработанного изделия. Аминокислотный скор по всем незаменимым аминокислотам существенно превышает 100 % (от 142,0 % для лизина до 295,9 % для треонина). Суммарное содержание незаменимых аминокислот (67,64 г/100 г белка) в 1,9 раза превышает эталонный белок. Относительно лимитирующей аминокислотой является лизин (КУНА=1,000). Коэффициент сбалансированности составил 0,797, а коэффициент различий аминокислотного сора – 0,494, что свидетельствует о хорошо сбалансированном аминокислотном профиле с умеренными отклонениями, обусловленными избытком некоторых аминокислот.

Научно доказано, что комбинация безглютеновых видов муки, яичного альбумина и яблочного жмыха позволяет получить продукт с полноценным и высококачественным белком. Высокие показатели биологической ценности и нутритивной плотности белка делают разработанный торт перспективным для включения в рационы специализированного и здорового питания. Результаты работы представляют ценность для пищевой промышленности в области создания функциональных продуктов.

Abstract. The article considers a comprehensive assessment of the nutritional value of a new specialized product – a cake with gluten-free sponge cake based on corn, coconut flour, carob and a layer of marshmallows on apple cake. The chemical composition and energy value of the product were calculated. To assess the quality of the protein component, the amino acid composition was determined and the amino acid score was calculated taking into account metabolic pairs. The method of Rogov I.A., Lipatov N.N. was used to calculate the indicators: coefficients of balance, imbalance and differences of amino acid score and Pokrovsky A.A. for the quotient (KUNA) and integral (ICU) coefficients of utility.

It was found that the Sponge marshmallow cake contains 4,13 g of protein per 100 g of the developed product. The amino acid score for all essential amino acids significantly exceeds 100 % (from 142,0 % for lysine to 295,9 % for threonine). The total content of essential amino acids (67,64 g/100 g of protein) is 1.9 times higher than the reference protein. The relatively limiting amino acid is lysine (KUNA=1,000). The balance coefficient was 0,797, and the coefficient of amino acid score differences was 0,494, which indicates a well-balanced amino acid profile with moderate deviations due to an excess of certain amino acids.

It has been scientifically proven that the combination of gluten-free types of flour, egg albumin and apple cake makes it possible to obtain a product with high-grade and high-quality protein. High



indicators of biological value and nutritional protein density make the developed cake promising for inclusion in the diets of specialized and healthy nutrition. The results of the work are valuable for the food industry in the field of creating functional products.

Ключевые слова: целиакия, диетическое питание, аминокислотный состав, бисквит, торт, яблочные выжимки, переработка.

Keywords: celiac disease, dietary nutrition, amino acid composition, sponge cake, cake, apple pomace, processing.

Современная пищевая промышленность и нутрициология уделяют значительное внимание разработке и совершенствованию рецептур продуктов специализированного назначения. Особую актуальность приобретает сегмент безглютеновой продукции, обусловленный как медицинскими показаниями (целиакия, непереносимость глютена, аллергические реакции), так и растущей популярностью здорового образа жизни среди широких слоев населения [9, 12].

Одной из ключевых технологических задач при создании безглютеновых кондитерских изделий является поиск альтернативных источников белка и структурообразователей, способных компенсировать функциональную роль клейковины. Глютен отвечает за эластичность, упругость теста и пористую структуру готового продукта. Его исключение приводит к ухудшению структурно-механических и органолептических показателей, а также может негативно сказаться на пищевой ценности изделия, в частности, на его аминокислотном составе [12, 7].

В связи с этим комплексная оценка пищевой ценности, и, в частности, аминокислотного сора, безглютеновых продуктов является необходимым этапом их разработки. Аминокислотный скор позволяет выявить лимитирующие незаменимые аминокислоты и оценить степень соответствия аминокислотного профиля продукта потребностям человеческого организма [13].

Цель работы изучить аминокислотный состав безглютенового торта «Бисквитно-зефирный»

Задачи исследования:

1. Рассчитать аминокислотный состав безглютенового торта «Бисквитно-зефирный»;
2. Проанализировать аминокислотный состав и провести качественную оценку белка определением коэффициента утилитарности, коэффициента сбалансированности аминокислотного состава, коэффициента различий аминокислотного сора безглютенового торта «Бисквитно-зефирный».

В качестве объекта исследования был взят безглютеновый торт «Бисквитно-зефирный». Для определения аминокислотного состава были использованы справочные данные химического состава пищевых продуктов [12]. Биологическая ценность белков методом расчета аминокислотного сора. Качественная оценка белка определением коэффициента утилитарности, коэффициента сбалансированности аминокислотного состава, коэффициента различий аминокислотного сора [6, 3, 4, 5].

Ранее был разработан безглютеновый торт «Бисквитно-зефирный» из бисквитного полуфабриката с добавлением кэроба и в качестве отделочного полуфабриката зефир из яблочных выжимок [2, 3].

Анализируя рисунок 1, употребление 100 г безглютенового торта «Бисквитно-зефирный» восполняет среднесуточную норму потребления важнейших пищевых веществ для двух возрастных групп: детей в возрасте от 4 до 10 лет и взрослых в возрасте 18-29 лет.

Содержание общего белка обеспечивает 5,62 % и 4,79 % от суточной потребности для детской и взрослой групп соответственно, при этом доля белков животного происхождения составляет 5,58 % и 5,70%. Липидный компонент представлен



покрытием суточной потребности в общих жирах на уровне 3,48 % и 2,68 %, включая растительные жиры – 2,72 % и 2,67 % для соответствующих возрастных категорий.

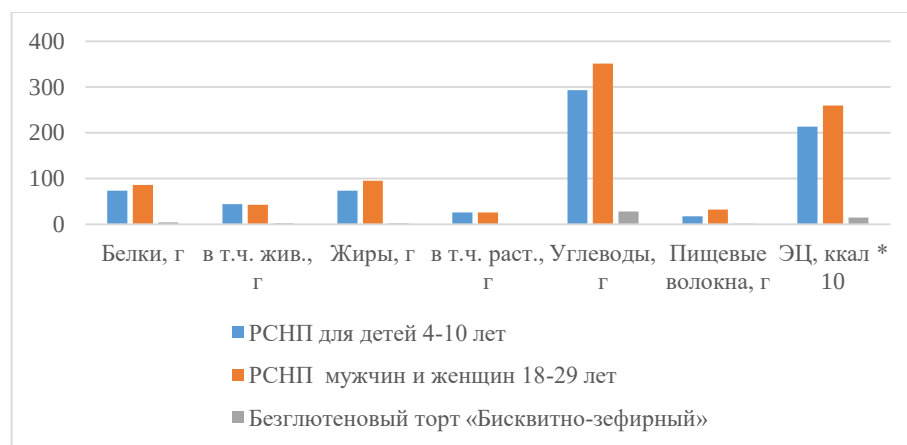


Рис. 1. Содержание основных нутриентов безглютенового торта «Бисквитно-зефирный»

Особого внимания заслуживает содержание пищевых волокон, обеспечивающих 9,66 % и 5,20 % от суточной нормы для детей и взрослых. Углеводная составляющая покрывает 9,47 % и 7,92 % суточной потребности, а вклад в энергетическую ценность рациона составляет 6,86 % и 5,64 % соответственно.

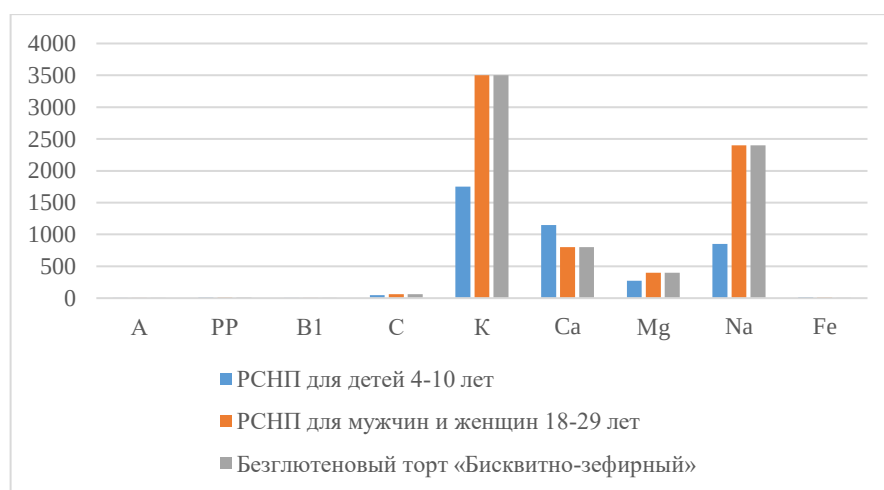


Рис. 2. Содержание микронутриентов безглютенового торта «Бисквитно-зефирный»

Микронутриентный анализ выявил следующий вклад в суточные потребности для детей 4-10 лет и взрослых 18-29 лет восполняются следующим образом: А на 6,67 % и 4,00 %, В₁ – 1,67 % и 1,29 %, С – 7,02 % и 5,27 %, К – 4,35 % и 2,17 %, Са – 2,37 % и на 3,41 %, Mg – 1,98 % и 1,36 %, Na – 3,90 % и 1,38 % и Fe – 5,15 % и 6,07 % соответственно.

Особое внимание уделено функциональности продукта в отношении содержания никотиновой кислоты (витамин PP/B3), где зафиксированы максимальные значения покрытия суточной потребности – 22,44% для детской группы и 23,31% для взрослых. Физиологическая значимость данного микронутриента обусловлена его многофакторным действием: выраженным сосудорасширяющим эффектом, липопротективной активностью, способностью ингибировать атеросклеротические процессы через активацию GPR109A рецепторов иммунокомпетентных клеток, а также антиоксидантными свойствами и регуляцией метаболизма липидов.



Помимо определения макронутриентного состава, принципиально важной задачей являлась оценка качества белкового компонента, поскольку именно аминокислотный состав определяет его биологическую эффективность и усвояемость. С этой целью был проведен детальный анализ содержания незаменимых аминокислот и рассчитан аминокислотный скор относительно эталонного белка, рекомендованного ФАО/ ВОЗ.

Аминокислотный состав является ключевым показателем, определяющим ценность белкового компонента пищевого продукта. Проведенный расчёт аминокислотного сора с учётом метаболических пар аминокислот — серосодержащих (метионин + цистеин) и ароматических (фенилаланин + тирозин) — позволяет получить наиболее корректную оценку биологической эффективности разработанного продукта.

Далее в таблице 1 представлен аминокислотный состав и скор разработанного торта.

Таблица 1

Аминокислотный состав безглютенового торта «Бисквитно-зефирный»

Ин- гре- ди- енты	Мас- совая доля белка, %	Содержание незаменимых аминокислот, г									
		Вал	Изо	Лей	Лиз	Мет+Цис	Тре			Трип	Фен+Тир
Мука куку- руз- ная	0,56	0,017	0,012	0,051	0,010	0,012	0,010			0,003	0,034
Мука коко- совая	0,01	0,160	0,000	0,000	-	0,160	0,273			0,001	0,000
Масло коко- совое	0,01	-	-	-	-	0,000	-			-	0,000
Кэроб	0,05	0,002	0,001	0,002	0,000	0,000	0,002			0,001	0,002
Сахар	0,00	-	-	-	-	0,000	-			-	0,000
Яйцо	3,49	0,236	0,184	0,298	0,250	0,179	0,153			0,046	0,324
Яб- лоч- ный жмых	0,11	0,000	0,000	0,023	0,023	0,002	0,023			0,002	0,023
Аль- бу- мин	0,65	0,042	0,037	0,054	0,039	0,024	0,028			0,010	0,039
Агар- агар	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			0,000	0,000
Итог	4,13	0,457	0,235	0,428	0,322	0,378	0,489			0,062	0,421
Итого в 100г белка		11,071	5,696	10,375	7,809	9,155	11,837			1,498	10,20
Эталонный белок, г/100 г белка				5,000	4,000	7,000	5,50	3,50	4,00	1,000	6,000
Аминокислотный скор, доли				2,214	1,424	1,482	1,420	2,616	2,95	1,498	1,700
Суммарное содержание эта- лонных АК				36,000							
Суммарное содержание рас- четных АК				67,644							

Примечание: Вал – валин, Изо – изолейцин, Лей – лейцин, Лиз – лизин, Мет+Цис – метионин + цистеин, Тре – треонин, Трип – триптофан, Фен+Тир – фенилаланин + тирозин.

Установлено, что массовая доля белка в готовом продукте составляет 4,13 г/100 г изделия. Как видно из данных таблицы 1, аминокислотный



скор по всем незаменимым аминокислотам существенно превышает эталонные значения. Наибольшие значения отмечаются у треонина (295,9 %) и серосодержащих аминокислот (261,6 %), что свидетельствует о более чем двукратном превышении относительно эталонного белка. Значительное превышение эталонных показателей также характерно для валина (221,4%), ароматических аминокислот (170,0 %) и триптофана (149,8 %). Наименьшее значение аминокислотного сора наблюдается у лизина (142,0 %), что позволяет идентифицировать его в качестве относительно лимитирующей аминокислоты. Однако даже это значение значительно превышает минимально необходимый уровень, что исключает его лимитирующее влияние на усвояемость белка в целом.

Формирование сбалансированного аминокислотного профиля обусловлено комплексным действием ингредиентов рецептуры. Кукурузная мука, характеризующаяся дефицитом лизина и триптофана, вносит существенный вклад в содержание лейцина и изолейцина. Кокосовая мука демонстрирует исключительно высокое содержание серосодержащих аминокислот. Компенсация ограничений растительных компонентов обеспечивается за счёт введения яичного альбумина и цельного яйца — источников высококачественного белка с полным аминокислотным профилем, богатых лизином, треонином и триптофаном. Дополнительным источником ароматических аминокислот (фенилаланин + тирозин) выступает яблочный жмых, что также способствует улучшению общего аминокислотного баланса.

Биологическая ценность белков определяется с помощью показателей, представленных в таблице 2. Интегральный коэффициент утилитарности рассчитан в соответствии с методикой А.А. Покровского, учитывающей сбалансированность профиля по всем незаменимым аминокислотам [10].

Таблица 2

Отдельные показатели биологической ценности белков безглютенового торта «Бисквитно-зефирный»

Показатель	Вал	Изо	Лей	Лиз	Мет+Цис	Тре	Трип	Фен+Тир
Частный коэффициент утилитарности аминокислоты (КУНА)	0,641	0,997	0,958	1,000	0,543	0,480	0,948	0,835
Интегральный коэффициент утилитарности (КУА)	-0,075							
Коэффициент сбалансированности аминокислотного состава	0,797							
Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава	0,244							
Коэффициент различий аминокислотного сора	0,494							
Биологическая ценности	0,506							

Как видно из данных таблицы 2, расчёт частных коэффициентов утилитарности (КУНА) подтверждает высокую степень сбалансированности аминокислотного состава. Значение КУНА для лизина принято за 1,000, в то время как для остальных аминокислот значения варьируются от 0,48 (треонин) до 0,99 (изолейцин), что указывает на отсутствие строго лимитирующих факторов.

Для интегральной оценки был рассчитан коэффициент различий аминокислотного сора (КРАС), который составил 0,494. Данное значение указывает на умеренные отклонения аминокислотного профиля от эталонного, обусловленные, главным образом, значительным превышением содержания треонина и серосодержащих аминокислот. Этот вывод подтверждается высоким значением коэффициента сбалансированности (0,797) и низким коэффициентом разбалансированности (0,244). Рассчитанное значение интегрального коэффициента утилитарности (ИКУ) по Покровскому, равное -0,075, является следствием применяемой математической модели, строго



выявляющей любые отклонения от идеала, включая избыток, и не отменяет общего вывода о высокой биологической ценности белка.

Важным показателем является суммарное содержание незаменимых аминокислот, которое в разработанном продукте составляет 67,64 г/100 г белка, что почти вдвое превышает показатель эталонного белка (36,00 г/100 г белка). Данное обстоятельство подчёркивает высокую нутритивную плотность белкового компонента.

Таким образом, комплексный анализ аминокислотного состава позволяет сделать вывод о высокой биологической ценности и сбалансированности белковой матрицы разработанного функционального продукта. Взаимодополняющее действие ингредиентов обеспечивает полноценность аминокислотного профиля и потенциально высокую степень утилизации белка в организме, что делает продукт ценным для использования в схемах рационального и специализированного питания.

Обобщая результаты исследования аминокислотного состава безглютенового торта «Бисквитно-зефирный», можно сделать следующие выводы:

1. Разработанный торт превышает эталонные значения содержания валина в 2 раза, изолейцина, лейцина, лизина в 1,4, треонина – 2,9, триптофана в 1,5 раза и соединений метионин + цистеин – 2,6, фенилаланин + тирозин в 1,7 раз.

2. Качественная оценка белка подтвердила его высокую питательную ценность: ключевым преимуществом является отсутствие лимитирующей аминокислоты (все значения АКС > 1,0); коэффициент сбалансированности составил 0,797, а коэффициент различий аминокислотного скора – 0,494, что свидетельствует о хорошо сбалансированном аминокислотном профиле с умеренными отклонениями, обусловленными избытком некоторых аминокислот

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмад Эль-абед Т.Д. Патогенез действия никотиновой кислоты на иммунные клетки // Здоровье и образование в XXI веке. 2012. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/patogenez-deystviya-nikotinovoy-kisloty-na-immunnye-kletki>
2. Дикарева М.В., Зюзина С.С., Белоглазова К.Е., Рысмухамбетова Г.Е. Влияние бережливых технологий на нутриентный потенциал безглютенового кондитерского изделия // Актуальные вопросы и векторы развития в переработке сельскохозяйственной продукции: Сб. тр. по итогам Всероссийской науч.-практ. конф. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ им. А. Я. Флорентьева, 2025. – С. 89-94.
3. Лепешкин А.И., Надточий Л.А., Чечеткина А.Ю., Проектирование состава продуктов питания с заданными свойствами – СПб: Университет ИТМО, 2020.– 46 с.
4. Лисин П.А. Методология оценки сбалансированности аминокислотного состава многокомпонентных пищевых продуктов // Вестник омского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (11). – С. 53-58.
5. Лисин П.А. Оценка аминокислотного состава рецептурной смеси пищевых продуктов // Аграрный вестник Урала. – 2012. - № 3(95). – С. 26-28
6. Надточий Л.А., Орлова О.Ю. Инновации в биотехнологии. Ч. 2. Пищевая комбинаторика: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 37 с <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1876.pdf>
7. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия: Учебник для вузов / Под ред. А.П. Нечаева. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2019. – 640 с.
8. Орлова С.В., Похлебкина Н.В. Технологии безглютеновых мучных кондитерских изделий: монография. – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022. – 154 с.
9. Петрикова Е.А., Рослякова Ю.В. Современный рынок безглютеновых продуктов: тенденции и перспективы // Пищевая промышленность. – 2021. – № 5. – С. 18-21.
10. Покровский, А.А. Роль биохимии в развитии науки о питании. — М.: Наука, 1974. — 316 с.
11. Зюзина С.С., Дикарева М.В., Белоглазова К.Е., Рысмухамбетова Г.Е. Применение бережливых технологий в производстве безглютеновой продукции //



Инновации в индустрии питания и сервисе: Сб. матер. VI Международной науч.-практ. конф. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2025. – С. 71-74.

12. Савенкова Т.В., Лебедева Е.С. Безглютеновая диета: медицинские и потребительские аспекты // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № S2. – С. 112–113.

13. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология: учебное пособие. – М.: ДеЛи принт, 2018. – 548 с.

14. Скурихин И.М., Волгарев М.Н. Химический состав пищевых продуктов: Том 2. – М.: Книга по Требованию, 2023. – 362 с.

REFERENCES

1. Ahmad El-abed T.D. Pathogenesis of the effect of nicotinic acid on immune cells // Health and education in the 21st century. 2012. No. 4.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/patogenez-deystviya-nikotinovoy-kisloty-na-immunnnye-kletki>

2. Dikareva M.V., Zyuzina S.S., Beloglazova K.E., Rysmukhambetova G.E. The influence of lean technologies on the nutrient potential of gluten-free confectionery // Current issues and development vectors in agricultural processing: Collection of papers based on the results of the All-Russian scientific and practical conference. - Nizhny Novgorod: FGBOU VO Nizhny Novgorod State Agrarian University named after L. Ya. Florentieva, 2025. – pp. 89-94.

3. Lepeshkin A.I., Nadtochiy L.A., Chechetkina A.Yu., Design of Food Product Composition with Specified Properties – St. Petersburg: ITMO University, 2020.– 46 p.

4. Lisin P.A. Methodology for Assessing the Balance of Amino Acid Composition of Multicomponent Food Products // Bulletin of Omsk State Agrarian University. – 2013. – No. 3 (11). – pp. 53-58.

5. Lisin P.A. Assessing the Amino Acid Composition of a Formulated Mixture of Food Products // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2012. - No. 3 (95). – pp. 26-28

6. Nadtochiy L.A., Orlova O.Yu. Innovations in Biotechnology. Part 2. Food Combinatorics: A Textbook. – St. Petersburg: ITMO University, 2015. – 37 pp. <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1876.pdf>

7. Nechaev A.P., Traubenberg S.E., Kochetkova A.A., et al. Food Chemistry: A Textbook for Universities / Ed. by A.P. Nechaev. – 5th ed., revised and enlarged. – St. Petersburg: GIOR, 2019. – 640 p.

8. Orlova S.V., Pokhlebkina N.V. Gluten-Free Flour Confectionery Technologies: A Monograph. – Moscow: Timiryazev Agricultural Academy Publishing House, 2022. – 154 p.

9. Petrikova E.A., Roslyakova Yu.V. The modern market of gluten-free products: trends and prospects // Food industry. - 2021. - No. 5. - pp. 18-21.

10. Pokrovsky, A.A. The role of biochemistry in the development of nutrition science. - Moscow: Nauka, 1974. - 316 p.

11. Zyuzina S.S., Dikareva M.V., Beloglazova K.E., Rysmukhambetova G.E. Application of lean technologies in the production of gluten-free products // Innovations in the food industry and service: Collection of materials of the VI International scientific and practical conference. - Krasnodar: Kuban State Technological University, 2025. - Pp. 12. Savenkova T.V., Lebedeva E.S. Gluten-free diet: medical and consumer aspects // Nutrition issues. - 2020. - Vol. 89, No. S2. - pp. 112-113.

13. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N. Fortification of food products with vitamins and minerals. Science and technology: a textbook. - Moscow: DeLi print, 2018. - 548 p.

14. Skurikhin I.M., Volgarev M.N. Chemical composition of food products: Volume 2. - Moscow: Book on Demand, 2023. - 362 p.



Разработка инновационных и перспективных технологий хлебопечения

Development of innovative and promising bakery technologies

Профессор, д.т.н. Ю.Ф. Росляков, доцент, к.т.н. В.В. Гончар, доцент, к.т.н. Е.Ю. Рослякова,

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», кафедра пищевой инженерии, тел.+7909 449 36 20

lizaveta_ros@mail.ru

доцент, д.т.н., к.х.н. В.В. Литвяк,

Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», тел. +7495 557 15 00

besserk1974@mail.ru

Professor, Doctor of Engineering Sciences Yu. F. Roslyakov, PhD in Engineering V.V. Gonchar, Associate Professor, PhD in Engineering E.Yu. Roslyakova,

Kuban State Technological University, chair of Food Engineering, tel.+7909 449 36 20

lizaveta_ros@mail.ru

Associate Professor, Doctor of Engineering Sciences, Candidate of Chemical Sciences V. V. Litvyak,

All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – Branch of the A. G. Lorkh Federal Potato Research Center, tel. +7495 557 15 00

besserk1974@mail.ru

Аннотация. Проведено исследование химического состава и пищевой ценности ржаного и пшеничного хлеба, а также перспективных обогащающих добавок, с возможностью разработки инновационных и перспективных технологий хлебопечения. Сотрудниками Кубанского государственного технологического университета предложены следующие инновационные и перспективные технологии для хлебопекарной отрасли пищевой промышленности: способ получения обогащенных хлебных изделий (Пат. №2561739. RU), способ получения обогащенных хлебных изделий (Пат. №2563938. RU), технологическое оборудование для формования и выпечки хлеба (Пат. №2797233. RU). Разработан десертный пшеничный хлеб повышенной пищевой ценности, рецептура которого была основана на способе получения обогащенных хлебных изделий (Пат. №2561739. RU) удостоен золотой медали и почетного диплома на XXVI Московском международном салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед-2023», Москва, Российская Федерация, 28–30 марта 2023 г. Инновационный способ получения десертного хлеба повышенной пищевой ценности, предусматривающий прием и хранение сырья, подготовку сырья к пуску в производство, приготовление теста (пшеничного или ржаного), разделку теста, выпечку (при помощи инфракрасного (коротковолнового) излучения или атмосферы пара или электроконтактного подогрева или в электромагнитного поля высокой частоты или электромагнитного поля сверхвысокой частоты или комбинированными способами подогрева), хранение выпеченных изделий и отправка их в торговую сеть, отличающийся от ранее известных тем, что перед расстойкой в тесто вносят в количестве до 5% от массы муки каждую улучшающую добавку: молочную карамель и/или ирис, и/или кусочки шоколада (черного и/или белого) размером 0,5–2,5 см, и/или кусочки цукатов размером 0,5–2,5 см, и/или вяленые ягоды, и/или изюм, и/или вяленые фрукты. Рекомендуется одновременно вносить от 3 до 5 улучшающих ингредиентов совместимых по вкусовым качествам. При этом улучшающую добавку тщательно перемешивают с тестом. ароматизированного уксуса с использованием различных видов

Abstract. A study was conducted on the chemical composition and nutritional value of rye and wheat bread, as well as promising enriching additives, with the possibility of developing innovative and promising bread-baking technologies. Employees of the Kuban State Technological University have proposed the following innovative and promising technologies for the baking industry of the food industry: a method for producing fortified bread products (Pat. No. 2561739. RU), a method for producing fortified bread products (Pat. No. 2563938. RU), technological equipment for molding and baking bread (Pat. No. 2797233. RU). Dessert wheat bread of increased nutritional value was developed, the recipe of which was based on the method of obtaining



enriched bread products (Pat. No. 2561739. RU) was awarded a gold medal and an honorary diploma at the XXVI Moscow International Salon of Inventions and Innovative Technologies «Archimedes-2023», Moscow, Russian Federation, March 28–30, 2023. An innovative method for producing dessert bread with increased nutritional value, which involves receiving and storing raw materials, preparing raw materials for launch into production, preparing dough (wheat or rye), cutting dough, baking (using infrared (short-wave) radiation or atmosphere of steam or electrical contact heating or in a high-frequency electromagnetic field or ultra-high-frequency electromagnetic field or combined heating methods), storage of baked products and sending them to the distribution network, which differs from previously known ones in that before proofing they add up to 5% by weight of flour each improving additive: milk caramel and/or toffee, and/or pieces of chocolate (black and/or white) 0,5–2,5 cm in size, and/or candied fruit pieces 0,5–2,5 in size cm, and/or dried berries, and/or raisins, and/or dried fruits. It is recommended to simultaneously add from 3 to 5 improving ingredients that are compatible in taste. At the same time, the improving additive is thoroughly mixed with the dough.

Ключевые слова: инновационный способ, технология, десертный хлеб, обогащающие добавки, цукаты, шоколад.

Keywords: innovative method, technology, dessert bread, enriching additives, candied fruit, chocolate

В настоящее время технологии хлебопечения уделяется большое внимание [1].

Большое внимание хлебопекарным технологиям уделяется в Кубанском государственном технологическом университете [2]. Сотрудники Кубанского государственного технологического университета принимали участие в разработке Закона Краснодарского края от 04 мая 2010 года № 1955-КЗ о хлебе, принятого Законодательным Собранием Краснодарского края 21 апреля 2010 года [3].

Цель работы исследование химического состава и пищевой ценности ржаного и пшеничного хлеба, а также перспективных обогащающих добавок, с возможностью разработки инновационных и перспективных технологий хлебопечения.

Объектом исследований являлся хлеб и технологии его получения, а также перспективные обогащающие добавки (шоколад – горький и белый, цукаты).

Поиск литературы по исследуемой проблематике осуществляли в базах данных РИНЦ, Google Scholar, ResearchGate, PubMed, Web of Science по ключевым словам и словосочетаниям: на русском языке: «инновационный способ», «технология», «десертный хлеб», «обогащающие добавки», «цукаты», «вяленые ягоды и фрукты», «изюм», «молочная карамель», «шоколад», «цукаты», «ири» и на английском языке: «innovative method», «technology», «dessert bread», «enriching additives», «candied fruits», «dried berries and fruits», «raisins», «milk caramel», «chocolate», «candied fruits», «toffee». Период исследования с 1953 г. по 2024 г.

Исследование хлеба и обогащающих ингредиентов проводили по стандартизированным методикам по ГОСТ 34454-2018, ГОСТ 32195-2013, ГОСТ 26176-2019, ГОСТ 31669-2012, ГОСТ 10574-2016, ГОСТ Р 54014-2010, ГОСТ 32042-2012, ГОСТ 7047-55, ГОСТ Р 54634-2011, ГОСТ 31486-2012, ГОСТ 13496.17-95, ГОСТ 15113.9-77, ГОСТ Р 54686-2011, ГОСТ 32150-2013, ГОСТ 32886-2014, ГОСТ 15113.4-77, ГОСТ 15113.8-77, ГОСТ Р 51637-2000, ГОСТ 26928-86, ГОСТ 26657-97, ГОСТ 13496.1-98, ГОСТ 26570-95, ГОСТ 30178-96, ГОСТ 32771-2014.

Расчет пищевой ценности осуществляют по формуле (1):

$$ПЦ = (Б \times 4) + (Ж \times 9) + (У \times 3,8), \quad (1)$$

где ПЦ – пищевая ценность; Б – белки; Ж – жиры; У – углеводы; 4, 9 и 3,8 – коэффициенты.

Мука и вода являются наиболее важными ингредиентами хлеба, поскольку они больше всего влияют на текстуру и мякиш. Хлебное тесто состоит в основном из белков, жиров, углеводов, воды и воздуха. Сочетание ингредиентов и условий обработки определяет внешний вид, текстуру, микроструктуру, вкусовые ощущения и стабильность конечного продукта. На процессы выпечки и обработки большое влияние оказывают условия обработки (смешивание, формование, раскатывание, ферментация,



выпечка) и такие ингредиенты, как качество муки, содержание воды, добавленные жиры, сахар, ферменты, отруби [1]. Смешивание — это этап смешивания всех ингредиентов. Таким образом, за счет смешивания и замеса усиливается образование клейковинной матрицы и включение воздуха в тесто, превращая смесь воды и муки в вязкоупругое тесто [1]. Во время выпечки тесто превращается в хлеб, при этом газовые ячейки расширяются в сеть пор [1].

Первоначально нами был предложен инновационный способ получения обогащенных хлебных изделий [4] (рис. 1), предусматривающий прием и хранение сырья, подготовку сырья к пуску в производство, приготовление теста (пшеничного или ржаного), разделку теста, выпечку (при помощи инфракрасного (коротковолнового) излучения или атмосферы пара или электроконтактного подогрева или в электромагнитного поля высокой частоты или электромагнитного поля сверхвысокой частоты или комбинированными способами подогрева), хранение выпеченных изделий и отправка их в торговую сеть, отличающийся от ранее известных тем, что перед выпечкой в тесто вносят в количестве до 5 % от массы теста улучшающую добавку: молочную карамель и/или ирис, и/или кусочки шоколада (черного и/или белого) размером 0,5–2,5 см, и/или кусочки цукатов размером 0,5–2,5 см, и/или кусочки желе (фруктового и/или овощного) размером 0,5–2,5 см, и/или замороженные ягоды; при этом улучшающую добавку тщательно перемешивают с тестом.



Десертный пшеничный хлеб
повышенной пищевой ценности



ФГБОУ ВО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Рис. 1. Наглядность для конкурса салона «Архимед-2023»

Добавление в хлебные изделия улучшающих добавок способствует улучшению белково-углеводно-жиро-витаминно-минерального статуса и дает возможность осуществлять тонкую регуляцию данного статуса (повышая количество одних компонентов и снижая содержания других).

Все пищевые продукты состоят из белков, углеводов, жиров, минеральных веществ и других веществ. Так, особенности химического состава ржаного и пшеничного хлеба, цукатов и шоколада приведены в таблице 1 и 2.



Таблица 1

Химический состав и калорийность 100 г хлеба

Наименование показателя	Ржаной хлеб	Пшеничный хлеб
Белки, г	8,5	10,67
Жиры, г	3,3	4,53
Углеводы, г	42,5	43,54
Пищевые волокна, г	5,8	4
Вода (H ₂ O), г	37,3	35,25
Зола, г	2,5	2,01
Витамины:		
-β-каротин, мг	0,004	0,001
-β-криптоксантин, мкг	1	44
-лютеин + зеаксантин, мкг	54	0,411
-витамин В ₁ (тиамин), мг	0,434	0,252
-витамин В ₂ (рибофлавин), мг	0,335	18,7
-витамин В ₄ (холин), мг	14,6	0,82
-витамин В ₅ (пантотеновая кислота), мг	0,44	4,53
-витамин В ₆ (пиридоксин), мг	0,075	0,111
-витамин В ₉ (фолаты), мкг	151	99
-витамин С (аскорбиновая кислота), мг	0,4	0,2
-витамин Е (α-токоферол), мг	0,33	0,19
-витамин К (филлохинон), мкг	1,2	0,06
-витамин РР, мг	3,805	1,54
Макроэлементы:		
-калий (K), мг	166	4,9
-кальций (Ca), мг	73	5,59
-магний (Mg), мг	40	85,2
-натрий (Na), мг	603	
-сера (S), мг	85	141
-фосфор (P), мг	125	125
Микроэлементы:		
-железо (Fe), мг	2,83	473
-марганец (Mn), мг	0,824	106,7
-медь (Cu), мкг	186	129
-селен (Se), мкг	30,9	
-фтор (F), мкг	51	3,6
-цинк (Zn), мг	1,14	1,026
Усвояемые углеводы:		148
-моно- и дисахариды (сахара), г	3,85	28,8
Незаменимые аминокислоты, г:		
-аргинин, г	0,325	
-валин, г	0,379	36,34
-гистидин, г	0,182	5,73
-изолейцин, г	0,319	1,66
-лейцин, г	0,579	1,74
-лизин, г	0,233	2,33
-метионин, г	0,139	
-треонин, г	0,255	0,033
-триптофан, г	0,096	0,027
-фенилаланин, г	0,411	0,111
Заменимые аминокислоты, г:		
-аланин, г	0,299	0,2
-аспарагиновая кислота, г	0,442	0,19
-глицин, г	0,302	0,06
-глутаминовая кислота, г	2,603	1,54
-пролин, г	0,909	0,33
-серин, г	0,417	4,9
-тирозин, г	0,213	5,59
-цистеин, г	0,173	85,2
Насыщенные жирные кислоты:		



Продолжение таблицы

-насыщенные жирные кислоты, г	0,626	0,697
-10:0 каприновая кислота, г	-	0,001
-12:0 лауриновая кислота, г	-	0,008
-14:0 миристиновая кислота, г	0,011	0,007
-15:0 пентадекановая кислота, г	-	0,003
-16:0 пальмитиновая кислота, г	0,385	0,44
-18:0 стеариновая кислота, г	0,23	0,006
-20:0 арахидовая кислота, г	-	0,007
-22:0 бегеновая кислота, г	-	0,007
-24:0 лигноцериновая кислота, г	-	0,004
Мононенасыщенные жирные кислоты, г		
-16:1 пальмитолеиновая кислота, г	0,012	0,019
-16:1 цис, г	-	0,019
-17:1 гептадеценная кислота, г	-	0,002
-18:1 олеиновая кислота (омега-9), г	1,296	0,577
-18:1 цис, г	-	0,55
-18:1 транс, г	-	0,027
-20:1 гадолеиновая кислота (омега-9), г	0,003	0,014
Полиненасыщенные жирные кислоты, г		
-18:2 линолевая кислота, г	0,739	1,448
-18:3 линоленовая кислота, г	0,06	0,005
-омега-3 жирные кислоты, г	0,06	0,159
-омега-6 жирные кислоты, г	0,739	1,448
Калорийность, кКал	259	274

Таблица 2

Химический состав и калорийность 100 г шоколада (горького и белого) и цукатов

Наименование показателя	Горький шоколад	Белый шоколад	Цукаты
Белки, г	6,2	7,9	0,34
Жиры, г	35,4	33	0,07
Углеводы, г	48,2	55	81,14
Пищевые волокна, г	7,4	0,2	1,6
Органические кислоты, г	0,9	-	-
Вода (H ₂ O), г	0,8	1,3	16,7
Зола, г	1,1	1,5	0,14
Витамины:			
-витамин А, мкг	-	9	1
-ретинол, мг	-	0,009	-
-витамин В ₁ (тиамин), мг	0,03	0,063	-
-витамин В ₂ (рибофлавин), мг	0,07	0,282	-
-витамин В ₄ (холин), мг	-	29,5	2,2
-витамин В ₅ (пантотеновая кислота), мг	-	0,608	-
-витамин В ₆ (пиридоксин), мг	-	0,056	-
-витамин В ₉ (фолаты), мкг	-	7	-
-витамин В ₁₂ (кобаламин), мкг	-	0,56	-
-витамин Е (α-токоферол), мг	0,8	0,96	0,04
-витамин К (филлохинон), мкг	-	9,1	0,3
-витамин РР, мг	2,1	0,745	-
-ниацин, мг	0,9	-	-
Макроэлементы:		286	
-калий (K), мг	363	199	56
-кальций (Ca), мг	45	12	18
-магний (Mg), мг	133	90	4
-натрий (Na), мг	8	176	98
-фосфор (P), мг	170		5
Микроэлементы:			
-железо (Fe), мг	5,6	286	0,17
-медь (Cu), мкг	-	60	29
-селен (Se), мкг	-	4,5	0,6
-цинк (Zn), мг	-	0,74	0,05
Усвояемые углеводы:			



Продолжение таблицы

-крахмал и декстрины, г	5,6	-	80,68
-моно- и дисахариды (сахара), г	42,6	59	29
Насыщенные жирные кислоты, г	20,8	19,41	0,01
Мононенасыщенные жирные кислоты	-	0,097	0,008
Полиненасыщенные жирные кислоты:	-	1,013	0,02
Калорийность, кКал	539	553	322

При кулинарной обработке пищевых продуктов (выпечке, жарке, варке и т.д.), которая связана с термическим воздействием осуществляется сахароаминная реакция (или реакция меланоидинообразования или реакция Майяра). Американский ученый Л. Майлард (у нас его обычно именуют на французский лад – Майар) в 1912 г. впервые и достаточно подробно описал реакцию между аминокислотами и восстанавливающими сахарами. Механизм реакции был исследован и описан лишь в 1953 г. американским химиком Джоном Эдвардом Ходжем в статье «Химия реакций с потемнением в модельных системах» [5].

Хлебные изделия получают в результате следующих последовательно осуществляемых технологических этапов [1]: прием и хранение сырья, подготовка сырья к пуску в производство, приготовление теста (пшеничного или ржаного), разделка теста, выпечка (при помощи инфракрасного (коротковолнового) излучения или атмосферы пара или электроконтактного подогрева или в электромагнитного поля высокой частоты или электромагнитного поля сверхвысокой частоты или комбинированными способами подогрева), хранение выпеченных изделий и отправка их в торговую сеть.

Для приготовления добавки используют следующие ингредиенты в смеси или по отдельности по действующим техническим нормативным правовым актам: молочную карамель, ирис, шоколад (черный, белый), цукаты, замороженные ягоды, желе: (фруктовое, овощное).

Шоколад, цукаты и желе измельчали до кусочков размером 0,5–2,5 см, просеивают через сито и подвергают инспекции (визуальному контролю).

Молочную карамель и ирис измельчают до кусочков не более 3 см и осуществляют инспекцию (визуально).

Замороженные ягоды подвергают инспекции (визуальному контролю).

Все ингредиенты хранят в герметичных емкостях. Ингредиенты дозируют в соответствии с рецептурой и направляют в смеситель, где перемешивают в течение 2–4 минут. Смесь ингредиентов пропускают через магнитную колонку и подают в хлебопекарное производство.

Полученную добавку вносят в хлебное изделие, выработанное по традиционной технологии [1]. При этом добавку вносят после приготовления теста, перед выпечкой хлебных изделий. После добавления добавки в тесто проводят его тщательное перемешивание.

Базовая технология предложенного способ получения улучшенных хлебных изделий [4] была доработана. Так, предусмотренная в патенте общая дозировка улучшающих добавок до 5% была увеличена до 15% к массе муки.

В качестве обогащающих добавок рекомендовано использование вяленых ягод вместо замороженных ягод. Также было предложено исключить из рецептуры фруктовое и овощное желе как малоэффективную обогащающую и пищевкусовую добавку. При этом предложено добавить в рецептуру изюм и вяленые фрукты в качестве обогащающих и пищевкусовых добавок.

Также опытным путем нами определено, что максимальную эффективность для улучшения хлебных изделий имеет одновременное внесение от 3 до 5 улучшающих ингредиентов совместимых по вкусовым качествам. При этом улучшающие добавки тщательно перемешивают с тестом.



На основании конкурсного отбора в Кубанском государственном технологическом университете доработанный способ получения улучшенных хлебных изделий [4] был представлен на XXVI Московском международном салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед-2023», Москва, Российская Федерация, 28–30 марта 2023 г. в качестве инновационного проекта «Десертный пшеничный хлеб повышенной пищевой ценности».

Салон «Архимед-2023» – это стартовая площадка для выхода на рынок новых изобретений и технологий [5, 6]. По статистике, каждый 2-й представленный на Салоне экспонат находит своего инвестора и потребителя, что, несомненно, говорит об эффективности работы Салона.

В результате отбора и оценки Экспертной комиссией и Международным жюри XXVI Московского международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед-2023» представленный инновационный проект «Десертный пшеничный хлеб повышенной пищевой ценности» Кубанского государственного технологического университета был удостоен золотой медали и диплома.

Доработка базовой технологии хлеба осуществлена на базе Кубанского государственного технологического университета в результате многократных выпечек хлеба и последующих дегустаций с учётом органолептических свойств.

Свежий десертный хлеб повышенной пищевой ценности имеет оригинальный внешний вид и красивый разрез, приятный аромат, а также интересный пикантный вкус. Рекомендуются употреблять горячий (свежеиспеченный) десертный хлеб повышенной пищевой с прохладным молоком.

Перспективным также является способ получения обогащенных хлебных изделий [7], который предусматривает прием, хранение и подготовку сырья, приготовление теста пшеничного, или ржаного, или пшенично-ржаного, или ржано-пшеничного, разделку, расстойку теста и выпечку изделий. Перед выпечкой в тесто вносят в количестве не более 5% от массы муки экструзионную обогащающую добавку, полученную в результате смешивания крахмалосодержащего сырья, или нативного, и/или модифицированного крахмала с обогащающим ингредиентом с последующим проведением однократной или многократной экструзионной обработки с/без дополнительной подачи воды с или без дробления. Недробленый экструдат дражируют путем нанесения на его поверхность солевого раствора витаминов, или аминокислот, или сахарно-морсового, или сахарного, или сахарно-сокового, или медового сиропа, или кондитерской глазури, или шоколада. При этом добавку вносят в тесто и тщательно перемешивают. В качестве обогащающего ингредиента используют растительное сырье, грибы, а также ингредиенты животного происхождения. Предлагаемый способ получения обогащенных хлебных изделий имеет профилактическую направленность, обладает возможностью регулирования белково-углеводно-витаминно-минерального статуса изделий за счет использования экструдированных пищевкусковых компонентов, получаемых из растительного, грибного и животного сырья.

Заслуживает также внимания Технологическое оборудование для формования и выпечки хлеба [8]. Технологическое оборудование изготовлено из керамики, или из эмалированного или оцинкованного железа с антипригарным покрытием, или из огнеупорного боросиликатного стекла, или из силикона. Технологическое оборудование содержит корпус-основу прямоугольной или квадратной формы с опорами, на которых располагаются поды в виде колец с держателями форм, фиксирующими пластину, задающую форму хлеба. Фиксирующая пластина может быть выполнена в виде круга, квадрата, ромба, треугольника или звезды. В центре пода установлено кольцо меньшего диаметра для формирования отверстия внутри хлеба. Пространство между формой и кольцом меньшего диаметра предназначено для размещения теста. Корпус-основа снабжен крышкой, которая имеет форму усеченного конуса с цилиндрической трубой сверху,



предназначенной для выхода пара и для поднятия крышки рукой. Использование изобретения позволит повысить качество формования и выпечки хлеба.

Такие продукты, как хлеб, широко распространены в рационе человека. Он может служить отличным источником энергии. При обогащении хлеба, его также можно использовать в качестве носителя питательных веществ, таких как фолат, медь, тиамин, цинк, железо, возможно, минералы [9] и меланоидины [10].

Хлеб известен как дешевый источник энергии (углеводов), белка и, в определенной степени, как хороший источник клетчатки [11]. Стандартные сорта пшеничной муки содержат 13,8% белка (в пересчете на сухую массу), 12,8% пищевых волокон, а хлеб, приготовленный из этой пшеницы, содержит 81,6% общего крахмала и 0,9% свободной глюкозы.

Хлеб – это продукт с высоким гликемическим индексом (ГИ) примерно 75 ГИ, что немного выше, чем у риса (73 ГИ; [12]). Высокое значение ГИ связано с пищей, которая высвобождает углеводы и быстро повышает уровень глюкозы в крови. Полезную функцию хлеба можно расширить за счет его обогащения, например витаминами тиамин, рибофлавином и ниацином [11].

Сотрудниками Кубанского государственного технологического университета предложено ряд инновационных и перспективных технологий для хлебопекарной отрасли пищевой промышленности:

1. Способ получения обогащенных хлебных изделий (Пат. №2561739. RU), предусматривающий прием и хранение сырья, подготовку сырья к пуску в производство, приготовление теста (пшеничного или ржаного), разделку теста, выпечку (при помощи инфракрасного (коротковолнового) излучения или атмосферы пара или электроконтактного подогрева или в электромагнитного поля высокой частоты или электромагнитного поля сверхвысокой частоты или комбинированными способами подогрева), хранение выпеченных изделий и отправка их в торговую сеть, отличающийся от ранее известных тем, что перед выпечкой в тесто вносят в количестве до 5% от массы теста улучшающую добавку: молочную карамель и/или ирис, и/или кусочки шоколада (черного и/или белого) размером 0,5–2,5 см, и/или кусочки цукатов размером 0,5–2,5 см, и/или кусочки желе (фруктового и/или овощного) размером 0,5–2,5 см, и/или замороженные ягоды; при этом улучшающую добавку тщательно перемешивают с тестом.

2. Десертный пшеничный хлеб повышенной пищевой ценности рецептура, которого была основана на способе получения обогащенных хлебных изделий (Пат. №2561739. RU) удостоен золотой медали и почетного диплома на XXVI Московском международном салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед-2023», Москва, Российская Федерация, 28–30 марта 2023 г.

3. Способ получения обогащенных хлебных изделий (Пат. №2563938. RU), который предусматривает прием, хранение и подготовку сырья, приготовление теста пшеничного, или ржаного, или пшенично-ржаного, или ржано-пшеничного, разделку, расстойку теста и выпечку изделий. Перед выпечкой в тесто вносят в количестве не более 5% от массы муки экструзионную обогащающую добавку, полученную в результате смешивания крахмалосодержащего сырья, или нативного, и/или модифицированного крахмала с обогащающим ингредиентом с последующим проведением однократной или многократной экструзионной обработки с/без дополнительной подачи воды с или без дробления. Недробленый экструдат дражируют путем нанесения на его поверхность солевого раствора витаминов, или аминокислот, или сахарно-морсового, или сахарного, или сахарно-сокового, или медового сиропа, или кондитерской глазури, или шоколада. При этом добавку вносят в тесто и тщательно перемешивают. В качестве обогащающего ингредиента используют растительное сырье, грибы, а также ингредиенты животного происхождения.

4. Предложено технологическое оборудование для формования и выпечки хлеба (Пат. №2797233. RU), которое изготавливается из керамики, или из



эмалированного или оцинкованного железа с антипригарным покрытием, или из огнеупорного боросиликатного стекла, или из силикона. Данное оборудование содержит корпус-основу прямоугольной или квадратной формы с опорами, на которых располагаются поды в виде колец с держателями форм, фиксирующими пластину, задающую форму хлеба. Фиксирующая пластина может быть выполнена в виде круга, квадрата, ромба, треугольника или звезды. В центре пода установлено кольцо меньшего диаметра для формирования отверстия внутри хлеба. Пространство между формой и кольцом меньшего диаметра предназначено для размещения теста. Корпус-основа снабжен крышкой, которая имеет форму усеченного конуса с цилиндрической трубой сверху, предназначенной для выхода пара и для поднятия крышки рукой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства; 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 416 с. (С. 411–415).
2. Росляков Ю.Ф., Зюзько А.С., Юрова Г.Г. Кафедра Технология хлебопекарного, макаронного и кондитерского производства: история и современность; Под ред. Ю.Ф. Рослякова. 2-е изд., переработ. и доп. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2003. – 192 с.
3. ЗАКОН КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ от 04 мая 2010 года N 1955-КЗ О ХЛЕБЕ. Принят Законодательным Собранием Краснодарского края 21 апреля 2010 года. <https://docs.cntd.ru/document/461602837>.
4. Литвяк В.В. Способ получения улучшенных хлебных изделий: Патент №2561739. RU, МПК⁷ А 21D 2/00, А 21D 2/36, А 21D 13/00 / В.В. Литвяк, Ю.Ф. Росляков, Д.А. Шаймерденова, Г.Х. Оспанкулова, В.М. Поздняков, В.В. Гончар, О.В. Полуботько.
5. Информационный ресурс Интернет: Всероссийское общество изобретателей и рационализаторов. Архимед 2023 – московский международный салон изобретений и инновационных технологий: <https://www.ros-voir.ru/ru/event/424>.
6. Информационный ресурс Интернет: Архимед. Мы даем вам точку опоры: <https://xn----7sbbqerslfjzf3d.xn--p1ai/>.
7. Литвяк В.В. Способ получения обогащенных хлебных изделий: Патент №2563938. RU, МПК⁷ А 21D 2/00, А 21D 2/36, А 21D 13/00, А 23L 1/30, А 23P 1/12 / В.В. Литвяк, Ю.Ф. Росляков, Д.А. Шаймерденова, Г.Х. Оспанкулова, В.М. Поздняков, В.В. Гончар, О.В. Полуботько.
8. Литвяк В.В. Технологическое оборудование для формования и выпечки хлеба: Патент №2797233. RU, МПК⁷ А 21C 11/00, А 21B 5/00 / В.В. Литвяк, А.В. Садовская, Ю.Ф. Росляков, М.А. Янова, Ж.К. Имратова.
9. Helou, C. The impact of raw materials and baking conditions on Maillard reaction products, thiamine, folate, phytic acid and minerals in white bread / C. Helou, P. Gadonna-Widehem, N. Robert, G. Branlard, J. Thebault, S. Librere, S. Jacquot, J. Mardon, A. Piquet-Pissaloux, S. Chapron, A. Chatillon // Food & function. – 2016. – Vol. 7. – P. 2498–2507. <https://doi.org/10.1039/c5fo01341k>.
10. Helou C., Jacolot P., Niquet-Léridon C., Gadonna-Widehem P., Tessier F.J. Maillard reaction products in bread: A novel semi-quantitative method for evaluating melanoidins in bread // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 190. – pp. 904–911, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.032>.
11. Gębski J., Jezewska-Zychowicz M., Szlachciuk J., Kosicka-Gębska M. Impact of nutritional claims on consumer preferences for bread with varied fiber and salt content // Food Quality and Preference. – 2019. – Vol. 76. – pp. 91–99. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2019.03.012>.
12. Rytz A., Adeline D., Lê K.A., Tan D., Lamothe L., Roger O., Macé K. Predicting



Glycemic Index and Glycemic Load from Macronutrients to Accelerate Development of Foods and Beverages with Lower Glucose Responses // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11. – P. 1172. <https://doi.org/10.3390/nu11051172>.

REFERENCES

1. Auerman L. Ya. Technology of bakery production; 8th ed., revised and enlarged. – Moscow: Light and food industry, 1984. – 416 p. (pp. 411–415).
2. Roslyakov Yu. F., Zyuzko A. S., Yurova G. G. Department of Technology of bakery, pasta and confectionery production: history and modernity; Ed. by Yu. F. Roslyakov. 2nd ed., revised and enlarged. – Krasnodar: Publishing house of KubSTU, 2003. – 192 p.
3. LAW OF KRASNODAR KRAI dated May 4, 2010 N 1955-KZ ON BREAD. Adopted by the Legislative Assembly of Krasnodar Krai on April 21, 2010. <https://docs.cntd.ru/document/461602837>.
4. Litvyak V.V. Method for producing improved bread products: Patent No. 2561739. RU, IPC 7 A 21D 2/00, A 21D 2/36, A 21D 13/00 / V.V. Litvyak, Yu.F. Roslyakov, D.A. Shaimerdenova, G.Kh. Ospankulova, V.M. Pozdnyakov, V.V. Gonchar, O.V. Polubotko.
5. Internet information resource: All-Russian Society of Inventors and Innovators. Archimedes 2023 – Moscow International Salon of Inventions and Innovative Technologies: <https://www.ros-voir.ru/ru/event/424>.
6. Internet information resource: Archimedes. We give you a point of reference: <https://xn----7sbbqerslfjzf3d.xn--plai/>.
7. Litvyak V.V. Method for producing enriched bread products: Patent No. 2563938. RU, IPC 7 A 21D 2/00, A 21D 2/36, A 21D 13/00, A 23L 1/30, A 23P 1/12 / V.V. Litvyak, Yu.F. Roslyakov, D.A. Shaimerdenova, G.Kh. Ospankulova, V.M. Pozdnyakov, V.V. Gonchar, O.V. Polubotko.
8. Litvyak V.V. Technological equipment for forming and baking bread: Patent No. 2797233. RU, IPC7 A 21C 11/00, A 21B 5/00 / V.V. Litvyak, A.V. Sadovskaya, Yu.F. Roslyakov, M.A. Yanova, Zh.K. Imratova.
9. Helou, C. The impact of raw materials and baking conditions on Maillard reaction products, thiamine, folate, phytic acid and minerals in white bread / C. Helou, P. Gadonna-Widehem, N. Robert, G. Branlard, J. Thebault, S. Librere, S. Jacquot, J. Mardon, A. Piquet-Pissaloux, S. Chapron, A. Chatillon // *Food & function*. – 2016. – Vol. 7. – pp. 2498–2507. <https://doi.org/10.1039/c5fo01341k>.
10. Helou C., Jacolot P., Niquet-Léridon C., Gadonna-Widehem P., Tessier F.J. Maillard reaction products in bread: A novel semi-quantitative method for evaluating melanoidins in bread // *Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 190. – pp. 904–911, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.032>.
11. Gębski J., Jezewska-Zychowicz M., Szlachciuk J., Kosicka-Gębska M. Impact of nutritional claims on consumer preferences for bread with varied fiber and salt content // *Food Quality and Preference*. – 2019. – Vol. 76. – pp. 91–99. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2019.03.012>.
12. Rytz A., Adeline D., Lê K.A., Tan D., Lamothe L., Roger O., Macé K. Predicting Glycemic Index and Glycemic Load from Macronutrients to Accelerate Development of Foods and Beverages with Lower Glucose Responses // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11. – pp. 1172. <https://doi.org/10.3390/nu11051172>.



Чайные напитки функционального назначения

Functional tea drinks

Доцент О.В. Осенева, профессор И.В. Черемушкина, доцент И.А. Сухарева
Воронежский государственный университет инженерных технологий, кафедра торго-
вого дела и товароведения, тел. 8-905-911-19-47
irinacher2010@yandex.ru.

Associate Professor O.V. Oseneva, Professor I.V. Cheremushkina, Associate Profes-
sor I.A. Sukhareva,
Voronezh State University of Engineering Technologies, Department of Trade and Commodity
Science, tel. 8-905-911-19-47
irinacher2010@yandex.ru.

Аннотация. Запрос потребителя на персонализированное питание положительно повлиял на ас-
сортиментный перечень многих групп товаров. Важное место среди широкого многообразия безалко-
гольных напитков занимают чай и чайные напитки. Чай обладая рядом уникальных свойств и не явля-
ясь ле-карственным препаратом способен повышать тонус, улучшают работу пищеварения и сердца. Но
не стоит забывать, что при употреблении чрезмерного количества крепкого чая возможен негативное
влияние на организм.

Особое значение для поддержания здоровья, работоспособности и активного долголетия человека
имеет поступление необходимых веществ в соответствии с физиологическими потребностями. Чайные
напитки позиционируются как полезная альтернатива сладким газированным напиткам. Бла-годаря
разнообразию природно-климатических условий Россия может поставлять на экспорт чай и чайные
напитки с самыми разнообразными уникальными свойствами.

Abstract. The consumer's request for personalized nutrition has had a positive impact on the range of
many product groups. Tea and tea beverages occupy an important place among the wide variety of non-
alcoholic beverages. Tea, which has a number of unique properties and is not a medication, can increase
vitality, improve digestion, and benefit the heart. However, it is important to note that excessive consumption
of strong tea can have negative effects on the body.

The intake of essential nutrients in accordance with physiological needs is crucial for maintaining good
health, productivity, and active longevity. Tea drinks are positioned as a healthy alternative to sugary car-
bonated drinks. Thanks to its diverse natural and climatic conditions, Russia can export tea and tea drinks
with a wide range of unique properties.

Ключевые слова: чайные напитки, пищевая ценность, функциональные напитки, рацион питания
человека, физиоло-гические потребности.

Keywords: tea drinks, nutritional value, functional drinks, human diet, physiological needs.

Спрос на функциональные чайные напитки постоянно растет, что связано с тен-
денцией на поддержание здорового образа жизни, а также с ростом интереса к напит-
кам, которые удобно пить на ходу и которые дают возможность получить дополнитель-
ные полезные эффекты при употреблении: поддержка иммунитета, улучшение пище-
варения. 30 % потребителей предпочитают напитки, которые позиционируются как
повышающие мозговую деятельность и иммунитет.

Потребление чайного напитка должно приносить новые впечатления и эмоции.
Традиционно стабилен спрос на фруктово-ягодные вкусы: сладкие и терпкие ароматы
клюквы, вишни, лимонов, при этом растет спрос на напитки на основе кокосовой
воды, а также со вкусом или с добавлением растительного сырья. Не меньшей попу-
лярностью пользуются альтернативные энергетические добавки: гуарана, матча, элек-
тролиты, женьшень.



Трансформация вкусов потребителей в сторону «функциональных напитков», в том числе чайных, выводит в тренды различные виды безалкогольных напитков: напитки на основе суперфруктов – ягод годжи, экстракта алоэ вера напитки-заменители пищи – с содержанием белка и клетчатки, которые покрывают дневную потребность в макронутриентах тонизирующие напитки – оказывающие положительное влияние на нервную систему за счет содержания различных микроэлементов «модные напитки» – в данной категории уже известные нам функциональные напитки подаются в оригинальном форм-факторе: например, в специальных колбах или в виде барных «шотов».

На российском рынке такие напитки входят в категорию «экзотических» и продаются в ограниченном количестве торговых сетей, однако в перспективе они смогут занять некоторую долю рынка. На фоне тенденции на здоровый образ жизни вновь возрождается ценность чая. Травяные купажи и монопродукты (сухие соцветия или плоды одного растения), которые можно употреблять как самостоятельный напиток или добавку к любому другому чаю или кофе.

Объем производства в России пищевых продуктов в 2024 году вырос по сравнению с 2023 годом на 3,5 %, напитков — на 9,4 %.

Некоторые виды пряноароматических растений возделывают в специализированных хозяйствах, в т.ч. в Центрально-Черноземном регионе. Растительное сырье заготавливают в определенной стадии зрелости, когда в нем максимально скапливаются основные вкусовые и биологически активные вещества [3]. Так, цветки липы собирают при почти полном распускании их большей части, сбор продолжается около двух недель. Листья брусники заготавливают весной до начала цветения и осенью после сбора ягод. Мелиссу лимонную в виде листьев и верхушек побегов срезают во время цветения.

Выбор травяных чаев обширен и включает напитки из одного вида лечебной травы или композиции из разных трав. Они могут быть полезными для самых разных целей, например, как успокоительное и расслабляющее средство, как средство от простуды или кашля (к примеру, грудные сборы), для мочегонного или желчегонного эффекта и для многого другого. Большой популярностью пользуются приятные расслабляющие чайные напитки и ромашки, мяты и мелиссы, чабреца и других трав.

Чай из цветов и листьев может иметь специфический вкус, но у них есть много поклонников. Используют лепестки розы, фиалки, жасмина, гибискуса, османтуса, хризантемы, лилии и других цветов. Стандартно в таких чайных напитках используют листья смородины клубники и земляники, малины, ежевики, вишни, яблони и других ягодных и фруктовых кустов, и деревьев. Они придают цветочному чаю еще больше аромата и насыщенности вкуса.

В производстве напитков, использование растительного сырья позволяет придать профилактические свойства, что обосновано высокой биологической активностью и биологической доступностью входящих в него компонентов. Находящиеся в составе напитков незаменимые для организма компоненты, не только выводят токсичные элементы за счет структурированности пищевых волокон, но и обладают иммуностимулирующим и общеукрепляющим действием.

Классификация функциональных напитков, представленная на рисунке 1 включает напитки общеукрепляющего действия, профилактического действия, адаптогенного и специального назначения [1, 2].



Рис. 1. Классификация функциональных напитков

Продажи напитков на растительной основе выросли на 18 % в прошлом году и на 39 % за последние два года. При разработке рецептур функциональных напитков адаптогенного действия среди источников растительного сырья Одна из актуальнейших категорий последнего года, включающая пять разновидностей, представленных на рисунке 2.



Рис. 2. Разновидности адаптогенов чайных напитков

Наиболее популярная тенденция с 2025 года в производстве чайных напитков использование адаптогенов. Адаптогены — это натуральные природные или фармакологические препараты, способные повышать неспецифическую сопротивляемость организма к вредным воздействиям, в том числе к стрессу, помогать быстрее адаптироваться к новым нагрузкам [2].

В растительной композиции чайных напитков выделяют три группы растений — основные, общеукрепляющие и корректирующие.

Основные растения специфического действия подбираются исходя из назначения чайного напитка. Так, в успокаивающий чай включаются растения преимущественно с седативными свойствами (боярышник, донник, душица, ежевика, ромашка, вишня, зверобой, мелисса, мята, первоцвет и др.), в тонизирующий — растения, действующие возбуждающе на нервную систему (дьягиль лекарственный, земляника, клевер, лимонник китайский, чайный куст китайский, лаванда и др.).



В качестве общеукрепляющих и поливитаминных в чайные напитки включаются растения, богатые витаминами и микроэлементами (гречиха, ежевика, земляника, крапива, морковь, рябина обыкновенная, смородина черная, шиповники др.)

В Центрально-Черноземном регионе широко используются, являются наиболее востребованными и распространенными видами: крапива двудомная (лат. *Urtica dioica*), мята полевая (*Mentha arvensis*), душица обыкновенная (*Origanum vulgare*), шалфей лекарственный (*Salvia officinalis*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), зверобой обыкновенный (*Hypericum perforatum*), чабрец (*Satureja*), лист черной смородины (*Nigrum ribes folia*), лист вишни (*Cerasus folia*), лабазник (*Filipendula*) и медуница (*Pulmonaria*) [4, 5].

Рост популярности функциональных чайных напитков тесно связан с общей тенденцией к более здоровому образу жизни и повышенному вниманию к составу продуктов. Это стимулирует разработку новых рецептур, использование эксклюзивных ингредиентов и инновационных технологий производства, что подтверждает перспективы развития этого сегмента рынка в будущем [6].

Для получения начальной информации о предпочтениях потребителей в сфере функциональных чайных напитков было проведено анкетирование. Вопросы анкеты затрагивали отношение респондентов к напиткам, критерии выбора при их приобретении и вкусовые предпочтения. Респондентами были жители города Воронеж, в количестве 620 человек. В опросе задавались такие вопросы как, ассортимент, ключевые аспекты потребления напитков, а также факторы, которые могут ограничивать их потребление (рис. 3).

На марку ориентируется половина респондентов. Дата производства и срок хранения интересуют 42-44 % потребителей, для 40 % цена - основной фактор.



Рис. 3. Показатели, оказывающие влияние на покупку чайных напитков и чайных продуктов, %

Наличие биодобавок и полезных компонентов в чайной продукции считают важными 21 % респондентов.

В случае повышения цены на предпочитаемый чайный продукт поведение покупателей представлено на рисунке 4.



Рис. 4. Поведение потребителей в случае повышения цены на предпочитаемый чайный продукт, %



При повышении цены большая часть потребителей продолжит покупать чайную продукцию (45 %) и только 15 % респондентов ответили отрицательно. Следовательно, так как спрос на чайную продукцию эластичен, то она всегда будет востребована покупателем. Большая часть респондентов (70 %) считают, что из наиболее значимых чайных продуктов основными являются чай. 30 % опрошенных затруднились охарактеризовать положительный эффект от употребления чайных продуктов функционального назначения.

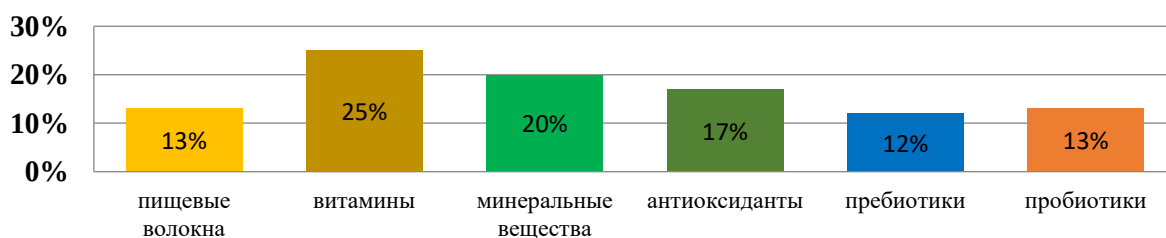


Рис. 5. Предпочтения потребителей при обогащении продуктов, %

Чайные продукты рассматривают как средство, которое способно восполнить дефицит витаминов (25 %), улучшить пищеварение (46 %). На вопрос «Чем, какими компонентами вы предпочли бы обогатить продукты» 25 % ответили - витаминами. 20 % - минеральными веществами (рис.5).

Разработка и производство функциональных напитков – это сложный технологический процесс, требующий глубоких научных знаний и инновационных подходов. Необходимо учитывать совместимость ингредиентов, их биодоступность, органолептические свойства (вкус, аромат, цвет, консистенция), а также стабильность продукта при хранении.

Одной из важнейших проблем индустрии напитков является постоянное увеличение выпуска массовой продукции, обогащенной биологически активными веществами, что несомненно социальный эффект по оздоровлению людей, позволяет использовать местное сырье, которое богато биологически активными веществами. Этапы создания функционального чайного напитка представлены на рисунке 6.

Выявление потребности в напитке. анализ современных взглядов на потребление пищевых продуктов, в том числе функционального назначения как показателя качества жизни и относящиеся к одним из важнейших проблем в области здоровья нации.

Подбор компонентов и составление рецептуры. предложена концепция по формированию ингредиентного состава с учетом антиоксидантного комплекса на основе чая и дикорастущих лекарственных растений

Создание нового чайного напитка. выявление рецептурных составов с учетом антиоксидантного комплекса на основе чая и дикорастущих лекарственных растений. Представление экспериментальное обоснованного состава чайной продукции с применением дикорастущих лекарственных растений антиоксидантной направленности.

Оценка потребительских свойств нового продукта: разработка чайной продукции с применением дикорастущих лекарственных растений, на основе антиоксидантного комплекса, обоснование рецептуры – чая черного, чайных напитков, товароведная характеристика и определены показатели качества.

Рис. 6. Этапы создания функционального чайного напитка



Предложенный алгоритм разработан с учетом потребительских предпочтений, что позволит при создании функционального продукта снизить риск невостребованности. Этаппроектированияисовершенствованиярецептурыфункционального чайного напитка являетсятрудоемким.

В последнее время использование пищевых лесных ресурсов, обладающих значительным содержанием биологически активных веществ, становится все более перспективным направлением в ряде отраслей народного хозяйства, в том числе в перерабатывающей, пищевой, фармацевтической промышленности и др. Особое внимание уделяетсяиспользованию местногорастительного сырьяс точки зрения реализации инновационных региональных проектов в рамках. Для обоснованиявыбора лекарственных растений длярецептурпищевыхпродуктов функциональной направленности определены основные критерии (рис.7).



Рис. 7. Критерии выбора местных растительных добавок (лекарственных растений) для разработки пищевых продуктов функциональной направленности

На основании рисунка 6 особый интерес представляет растительных добавок (лекарственных растений), обладающее физиологическими свойствами и синергическим эффектом. Выделяют ведущие группы действующих веществ (например, в мяте перечной, душице обыкновенной –эфирноемаслои флавоноиды, в шалфее лекарственном–эфирноемаслоидубильныевещества т. д.), что создает научную основу для учета механизмов взаимодействия БАВ, в основном синергического эффекта [3, 4].

Качество чая зависит от состава входящих в него веществ. Сухое вещество чая состоит из водорастворимой фракции (растворимые вещества) и нерастворимой фракции (балластные вещества). Компоненты листьев чая являются основными веществами, формирующими качественные характеристики и пищевую ценность готового продукта, например, алкалоиды оказываютосновноедействиена организм человека, т.к. обладают тонизирующим действием. В чайном растении образуется и накапливается кофеин (2-3 %), при этом теобромин и теофиллин содержится значительно меньше (0,6-0,8 %). Фенольные соединения чая представлены в основном катехинами (флаванол-3-олы) и их галловыми эфирами. Катехины – активные антиоксиданты, содержание которых в экстрактах зеленого чая доходит до 30%. В чайном листе также имеются и другие фенольные соединения (гликозиды, фенолкарбоновые кислоты). В зеленом чае основной вклад в антиоксидантную активность вносят катехины, а в черном – теафлавины и теарубигины [3, 4, 5].

Растительные добавки (лекарственные растения) обладают выраженным фармакологическим действием (общеукрепляющим, противовоспалительным и т.д.), за счет химического состава, представленного различными классами биологически активных веществ, обладающих синергическим эффектом, а также имеет высокие вкусовые и ароматические характеристики, что обуславливает высокие органолептические свойства и повышенную пищевую ценность (табл. 1).



Таблица 1

Физиологические свойства растительных добавок (лекарственных растений)

Наименование лекарственных растений	Физиологическое действие
Душица обыкновенная	Антиоксидантное, противовоспалительное, седативное, потогонное, отхаркивающее, повышает секрецию пищеварительных желез
Крапива двудомная	Противовоспалительное, кровоостанавливающее, желчегонное, ранозаживляющее, мочегонное, оказывает противозудный эффект, снижает концентрацию сахара в крови
Мята перечная	Антиоксидантное, спазмолитическое, противовоспалительное, успокаивающее
Чабрец обыкновенный	Антиоксидантное, отхаркивающее, антимикробное, обволакивающее, седативное, спазмолитическое
Зверобой продырявленный	Антиоксидантное, антидепрессантное, вяжущее, противовоспалительное, мочегонное, повышает аппетит и секрецию пищеварительных желез
Шалфей лекарственный	Антиоксидантное, противовоспалительное, противомикробное, вяжущее, повышает аппетит, уменьшает потоотделение, спазмолитическое
Тысячелистник обыкновенный	Антиоксидантное, противовоспалительное, кровоостанавливающее, спазмолитическое, желчегонное, бактерицидное, противоаллергическое
Смородина черная (лист)	Антиоксидантное, бактерицидное, мочегонное, противовоспалительное, общеукрепляющее
Медуница	Противовоспалительное, ранозаживляющее, мочегонное, антисептическое, адаптогенное, отхаркивающее, кровоостанавливающее, повышает иммунитет

Не маловажным фактором, влияющим на выбор растительных добавок, является факт использования лесных ресурсов Воронежской области, что определяет экономическую целесообразность разрабатываемых функциональных продуктов (табл. 2).

Таблица 2

Уровни внесения растительных добавок (лекарственных растений) при составлении многокомпонентного общеукрепляющего комплекса,

Наименование лекарственных растений	Уровень внесения
Душица обыкновенная	2,5-6,0
Крапива двудомная	2,0-12,0
Мята перечная	2,0-7,0
Чабрец обыкновенный	2,0-5,0
Зверобой продырявленный	8,0-38,0
Шалфей лекарственный	1,0-20,0
Тысячелистник обыкновенный	5,0-15,0
Смородина черная (лист)	3,0-10,0
Медуница	3,0-9,0

Подбор компонентов для составления из них общеукрепляющего комплекса осуществлялся с применением линейного программирования, при этом учитывалось содержание и действие биологически активных веществ, содержащихся в сырье, вкусоароматическая совместимость и экономическая доступность.

Данные, приведенные в таблице 2, характеризуют лекарственные растения с товароведной точки зрения, с учетом характеристики содержания биологически активных веществ, что обуславливает физиологическую ценность и функциональную направленность лекарственных растений, высушенных воздушно-теньевым способом.



Таблица 3

**Содержание БАВ в лекарственных растений,
в пересчете на сухое вещество ($n=4$, $M \pm m$)**

Вид лекарственных растений	Биологически активные вещества					Антиоксидантная активность, моль-экв/дм ³
	Массовая доля					
	Аскорбиновой кислоты, мг/100 г	флавоноидов, %, в сумме в пересчете на рутин	дубильных веществ, %, в сумме в пересчете на танин	Эфирного масла, %	Свободных органических кислот, %	
Душица обыкновенная Нормапо ФС.2.5.0012.24	5,43 ±0,02	0,84 ±0,04 Не менее 0,8 (в пересчете на лютеолин)	1,72 ±0,04	1,42 ±0,01 Не менее 0,08	2,47 ±0,09	4,83 ±0,94
Крапива двудомная (листья) Нормапо ФС.2.5.0019.15	17,28±0,01	0,24 ±0,01	7,42 ±0,04	0,87 ±0,04	1,27 ±0,12	8,53±0,23
Мята перечная Нормапо ФС.2.5.0029.15	17,22±0,34	0,77 ±0,05 Не менее 0,6 (в пересчете на лютеолин)	4,12 ±0,08	0,93 ±0,03 Не менее 0,8	1,84 ±0,03	4,83 ±0,96
Чабрец обыкновенный Нормапо ФС.2.5.0047.15	1,91 ±0,03	1,33 ±0,02 Не менее 0,9 (в пересчете на лютеолин)	4,02 ±0,06	0,82 ±0,04	3,12 ±0,04	5,28 ±0,56
Зверобой продырявленный Нормапо ФС.2.5.0015.15	6,62 ±0,02	2,12 ±0,04 Не менее 1,5 (в пересчете на рутин)	4,15 ±0,07	1,37 ±0,02	3,11 ±0,04	3,92 ±0,78
Шалфей лекарственный Нормапо ФС.2.5.0051.15	5,41 ±0,02	0,24 ±0,01	4,73 ±0,02 Не менее 4,5 (в пересчете на танин)	1,45 ±0,03 Не менее 0,8	1,54 ±0,03	6,82 ±0,46
Тысячелистник обыкновенный ФС.2.5.0101.24	1,65 ±0,03	0,41 ±0,02	3,68 ±0,02	1,23 ±0,03 Не менее 0,1	2,18 ±0,03	2,59 ±0,51
Смородина черная (лист)	3,20 ±0,01	0,48 ±0,02	2,33 ±0,04	0,45 ±0,03	1,93 ±0,002	2,14 ±0,43
Медуница	16,9 ±0,04	0,63 ±0,04	3,52 ±0,03	1,04 ±0,02	4,32 ±0,06	3,18 ±0,24

Наибольшее количество аскорбиновой кислоты содержится в крапиве двудомной – 17,28 мг/100 г. наибольшее количество флавоноидов содержится в зверобое продырявленном (2,12 %). Наибольшее количество дубильных веществ содержится в крапиве двудомной (7,42 %) и шалфее лекарственном (4,73 %), наименьшее – в душице обыкновенной (1,72 %). Наибольшее содержание органических кислот в зверобое обыкновенном (3,11 %), а наименьшее – в крапиве двудомной (1,27 %). Ароматические составляющие лекарственных растений используются в пищевой промышленности (содержание эфирных масел – не менее 0,1 %). Наибольшее количество эфирных масел содержится в шалфее лекарственном (1,45 %), душице обыкновенной (1,42 %). В нескольких видах исследуемого лекарственных растений присутствуют специфические биологически активные вещества: например, оксикоричные кислоты листьев крапивы двудомной (не менее 0,3% в пересчете на хлорогеновую кислоту), медунице узколистной (не менее 0,5 % в пересчете на хлорогеновую кислоту) [3, 4, 5, 6]. Основные функции макроэлементов заключаются в нормализации обменных процессов. Содержание макроэлементов в лекарственных растений, произрастающем в Воронежской области (табл. 4).



Таблица 4

**Содержание макроэлементов в сыром веществе лекарственных растений,
мг/100г ($n = 4$, $M \pm m$)**

Вид лекарственных растений	Макроэлементы, мг/100г			
	Na	K	Ca	Mg
Душица обыкновенная	$1,9 \pm 0,1$	$197,4 \pm 0,6$	$123,9 \pm 0,4$	$12,1 \pm 0,5$
Крапива двудомная	$3,5 \pm 0,1$	$343,4 \pm 1,7$	$117,2 \pm 0,5$	$49,9 \pm 0,3$
Мята перечная	$1,7 \pm 0,1$	$250,8 \pm 0,9$	$202,8 \pm 0,4$	$22,8 \pm 0,4$
Чабрец обыкновенный	$8,9 \pm 0,3$	$60,9 \pm 12,0$	$405,9 \pm 0,7$	$62,5 \pm 0,4$
Зверобой продырявленный	$1,2 \pm 0,1$	$167,4 \pm 1,1$	$71,3 \pm 0,2$	$23,5 \pm 0,3$
Шалфей лекарственный	$8,9 \pm 0,2$	$240,5 \pm 0,6$	$256,1 \pm 0,7$	$49,5 \pm 0,4$
Тысячелистник обыкновенный	$9,8 \pm 0,2$	$180,7 \pm 0,5$	$128,7 \pm 0,6$	$32,4 \pm 0,3$
Смородина обыкновенная (лист)	$0,9 \pm 0,2$	$279,5 \pm 1,55$	$32,7 \pm 1,6$	$35,8 \pm 1,15$
Медуница	$1,65 \pm 0,9$	$133,2 \pm 1,5$	$41,9 \pm 2,14$	$12,4 \pm 1,23$

Исследуемые в работе растительное сырье (лекарственные растений) является доброкачественным; содержит значительное количество биологически активных веществ, в том числе флавоноиды, дубильные вещества, витамин С, эфирные масла и ряд специфических действующих веществ (оксикоричные кислоты крапивы двудомной), макро- и микроэлементы, аминокислоты в количестве, достаточном для их перехода и возможности определения в чайной продукции. Немаловажным фактором потребления в пищевом рационе человека в процессе составления композиций является формирование вкусоароматического портрета, для чего были составлены органолептические профили исследуемого лекарственных растений (табл.5).

Таблица 5

**Профилограмма органолептических показателей высушенных
лекарственных растений**

Вид лекарственных растений	Вкусоароматический портрет
Душица обыкновенная	
Крапива двудомная	
Мята перечная	



Продолжение таблицы

Чабрец обыкновенный	
Зверобой продырявленный	
Шалфей лекарственный	
Тысячелистник обыкновенный	
Смородина черная (лист)	
Медуница	

Анализ приведенных профилей позволил составить матрицу совместимости органолептических показателей настоев исследуемого лекарственных растений, при этом если все компоненты смеси совместимы между собой и находятся в пределах максимально рекомендуемого содержания, то коэффициент будет равен 1

Стоит отметить, что органолептическая совместимость образцов возможна при условии внесения компонента не более 4–6 %. Из таблицы 6 видно, медуница и мята наиболее совместимы, что подтверждено в ходе дегустации комбинированных настоев.



Таблица 6

Матрица совместимости лекарственных растений в зависимости от органолептических показателей

Вид лекарственных растений	Душица обыкновенная	Крапива двудомная	Мята перечная	Чабрец обыкновенный	Зверобой продырявленный	Шалфей лекарственный	Тысячелистник обыкновенный	Смородина черная (лист)	Медуница
Душица обыкновенная	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Крапива двудомная	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Мята перечная	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Чабрец обыкновенный	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Зверобой продырявленный	0	1	1	0	1	0	0	0	1
Шалфей лекарственный	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Тысячелистник обыкновенный	1	1	0	0	0	1	1	0	1
Смородина черная (лист)	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Медуница	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Совместимость по терапевтическому действию лекарственных растений представлена в таблице 7.

Таблица 7

Количественный ингредиентный состав комплекса лекарственных растений

Наименование	Органолептические показатели	Максимальная доля внесения, %
Душица обыкновенная	Настой светло-коричневого цвета, присутствует небольшое помутнение; вкус травяной, с мятной нотой в аромате	Не более 4
Крапива двудомная	Цвет настоя светло-коричневый с оливковым оттенком; аромат слабо выраженный; вкус свойственный крапиве, травяной	Не более 12
Мята перечная	Цвет настоя светло-коричневый с оливковым оттенком; выраженный аромат мяты (ментола, холодок) с выраженным травяным вкусом и послевкусием ментола	Не более 7
Чабрец обыкновенный	Цвет настоя слабо выраженный коричневый; аромат чабреца; вкус травяной	Не более 5
Зверобой продырявленный	Цвет настоя светло-коричневый; аромат и вкус слабо выраженные	Не более 35
Шалфей лекарственный	Настой светло-коричневого (янтарного) цвета, мутный; специфичный выраженный аромат шалфея; вкус гармоничный со слабо выраженной хвойной нотой	Не более 1
Тысячелистник обыкновенный	Цвет настоя светло-соломенный; вкус слабо выраженный, травяной; в аромате наблюдается ментоловая тональность	Не более 15
Смородина черная (лист)	Настой прозрачный; светло-оливкового цвета; индивидуальный сложный выраженный аромат; вкус незначительный, слабо выраженное послевкусие	Не более 8
Медуница	Настой светло-коричневого цвета со слабо выраженным оливковым оттенком, прозрачный; вкус и запах слабо выраженные травяные	Не более 9

В результате проведенных исследований сформированы композиционные модели, обладают органолептической совместимостью в части аромата и вкуса. На рисунке 8 представлены примеры сформированных композиционных моделей.

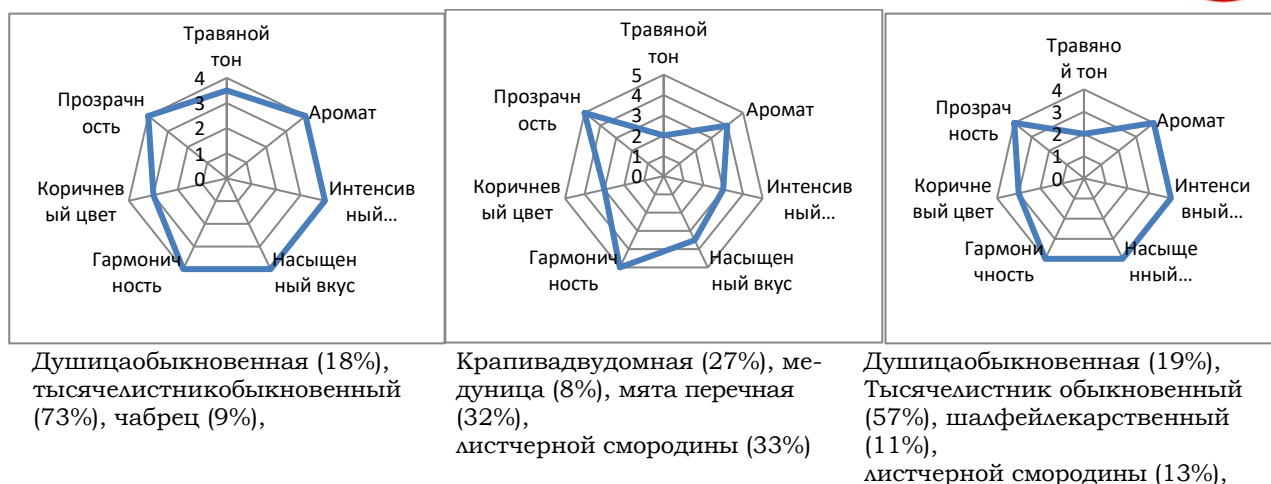


Рис. 8. Сформированные композиционные модели

Растительное сырье, собранное на территории Воронежской области, имеет богатый витаминный и минеральный состав, что свидетельствует о его высокой биологической ценности и потенциале для использования в производстве функциональных чайных напитков.

Предлагаемые образцы напитков, в зависимости от сочетания и взаимодополняемости как по органолептическим характеристикам, так и совместимости по терапевтическому действию не только имеют высокие дегустационные оценки, но и гармонично сочетаются между собой по цвету, вкусу и аромату.

Однако на сегодняшний день у потребителя нет однозначного представления о функциональном напитке [7, 8, 9]. Для популяризации функционального питания, рекламные кампании напитков должны быть направлены на создание для них образа вкусного, приятного, а главное, полезного продукта из натуральных ингредиентов.

Таким образом, внедрение новых технологий в производственный процесс, использование качественного сырья и активное сотрудничество с местными производителями не только способствует созданию высококачественных и полезных напитков, но и поддерживает устойчивое развитие местной экономики. В конечном итоге, это приводит к формированию у потребителей здоровых привычек, что является важным шагом к улучшению общественного здоровья в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации приказ от 28 июля 2020 года N 494 Об утверждении правил заготовки пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений <https://docs.cntd.ru/document/565780492?section=text>
2. Аймалетдинов Т.А., Бычкова Е.А. Тренды потребления россиянами продуктов питания. Результаты комплексного исследования // Аналитический центр НАФИ.- М.: Издательство НАФИ, 2023. - 80 с.
3. Афонина С.Н., Лебедева Е.Н., Сетко Н.П. Биохимия компонентов чая и особенности его биологического действия на организм (обзор) // Оренбургский медицинский вестник. – 2017. – Т. V. – № 4 (20). – С. 17 – 33.
4. Платонова Н.Б., Белоус О.Г., Остадалова М. Сравнительный анализ биохимических компонентов чая // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – вып. 61. – С. 180 – 189.
5. Черемушкина И.В., Осенева О.В. Прогноз и перспективы формирования потребительских предпочтений в области экологически чистых продуктов на



региональном рынке // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2019. Т. 81. - №4(82). - С. 171-177.

6. Cheremushkina I.V., Oseneva O.V., Apalikhina O.A. Innovation and technological development of the feed industry // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference «EarthScience». – 2020. – pp. 062052.

7. Черемушкина И.В., Осенева О.В. «Зеленая» экономика: экологически инновационные экологически продукты // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2023. - Т. 85. - № 4 (98). - С. 28-34.

8. Черемушкина И.В., Осенева О.В., Сухарева И.А. Особенности потребления безалкогольных сокосодержащих напитков функционального назначения и их роль в питании человека // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2025. № 1. С. 40-52.

9. Cheryomushkina I.V., Korneeva O.S., Shakhov S.V. Extraction of mannan from plant raw materials Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2015. - Т. 6. - № 1. - С. 1634-1639

REFERENCES

1. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, Order of July 28, 2020 No. 494 On Approval of the Rules for Harvesting Food Forest Resources and Collecting Medicinal Plants <https://docs.cntd.ru/document/565780492?section=text>

2. Aimaletdinov T.A., Bychkova E.A. Trends in Food Consumption by Russians. Results of a Comprehensive Study // Analytical Center of NAFI. - Moscow: NAFI Publishing House, 2023. - 80 p.

3. Afonina S.N., Lebedeva E.N., Setko N.P. Biochemistry of Tea Components and Features of Its Biological Effect on the Body (Review) // Orenburg Medical Bulletin. - 2017. - Т. V. - No. 4 (20). – pp. 17 – 33.

4. Platonova N.B., Belous O.G., Ostadalova M. Comparative analysis of biochemical components of tea // Subtropical and ornamental gardening. – 2017. – issue. 61. – pp. 180 – 189.

5. Cheremushkina I.V., Oseneva O.V. Forecast and prospects for the formation of consumer preferences in the field of environmentally friendly products in the regional market // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2019. Vol. 81. - No. 4 (82). - pp. 171-177.

6. Cheremushkina I.V., Oseneva O.V., Apalikhina O.A. Innovation and technological development of the feed industry // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "EarthScience". – 2020. – pp. 062052.

7. Cheremushkina I.V., Oseneva O.V. "Green" economy: ecological innovations and ecological products // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2023. - Vol. 85. - No. 4 (98). - pp. 28-34.

8. Cheryomushkina I.V., Oseneva O.V., Sukhareva I.A. Features of consumption of non-alcoholic juice-containing drinks for functional purposes and their role in human nutrition // Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2025. No. 1. pp. 40-52.

9. Cheryomushkina I.V., Korneeva O.S., Shakhov S.V. Extraction of mannan from plant raw materials Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2015. - Vol. 6. - No. 1. - pp. 1634-1639



Инновационные технологии получения пищевого спиртового ароматизированного уксуса

Innovative technologies for obtaining food-grade alcoholic flavored vinegar

Профессор, д.т.н. Ю.Ф. Росляков,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», кафедра пищевой инженерии, тел.+7909 449 36 20

lizaveta_ros@mail.ru

доцент, д.т.н., к.х.н. В.В. Литвяк,

Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», тел.+7495 557 15 00

besserk1974@mail.ru

доцент, к.б.н. В.В. Шилов (orcid.org/0000-0002-2716-4182)

«Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кафедра экологической медицины и радиобиологии, тел. +3751892860

valery.shilov@gmail.com

Professor, Doctor of Engineering Sciences Yu.F. Roslyakov,

Kuban State Technological University, chair food engineering, tel. +7909 449 36 20

lizaveta_ros@mail.ru

Associate Professor, Doctor of Engineering Sciences, Candidate of Chemical Sciences V.V. Litvyak,

All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – Branch of the A.G. Lorkh Federal Potato Research Center, tel.+7495 557 15 00

besserk1974@mail.ru

Candidate of Biological Sciences V.V. Shilov (orcid.org/0000-0002-2716-4182)

A. D. Sakharov International State Ecological Institute of the Belarusian State University, chair environmental medicine and radiobiology, tel.+3751892860

valery.shilov@gmail.com

Аннотация. Предложены технологические аспекты производства пищевого уксуса биотехнологическим способом и, в частности, спиртового ароматизированного уксуса. Впервые предложены следующие инновационные решения: а) спиртовой ароматизированный уксус, содержащий спиртовой уксус, предназначенный для пищевых целей, основой которого является уксусная кислота, получаемая биохимическим способом, и сопутствующие ингредиенты; в качестве сопутствующих ингредиентов использовали пищевые натуральные ароматизаторы: «Лимон-Лайм AN1553» в количестве 0,25 % или «Ваниль AN1500» в количестве 0,25 %; б) спиртовой ароматизированный уксус, содержащий спиртовой уксус, предназначенный для пищевых целей и сопутствующие ингредиенты; в качестве сопутствующих ингредиентов использовали пищевые натуральные ароматизаторы: «травы Италии» или «укроп», или «чеснок», или «лук», или «кориандр», или «тмин», или «лавровый лист», или «экстракт дуба», или смесь ароматизаторов: «кориандр», «тмин», «укроп», «экстракт дуба» в соотношении: 1:1:1:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «кориандр», «тмин», «чеснок» в соотношении: 2:2:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «укроп», «чеснок», «травы Италии» в соотношении: 2:2:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «чеснок», «лавровый лист», «тмин», «кориандр» в соотношении: 1:1:1:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «травы Италии», «кориандр», «укроп», «лавровый лист», «лук» в соотношении: 4:2:2:1:1 соответственно, предварительно подвергнутые одно- или многократной экструзионной обработке с применением двухшнекового экструдера при частоте вращения шнеков 100–300 об/мин, диаметре фильеры – 1–3 мм и без дополнительного подогрева с последующим дроблением, магнитной сепарацией и просеиванием, при следующих соотношениях исходных компонентов, масс. %: уксус спиртовой для пищевых целей – 97,5–99,9 и сопутствующие ингредиенты – 0,1–2,5. В итоге были разработаны инновационные технологии получения спиртового ароматизированного уксуса с использованием различных видов



натуральных ароматизаторов с или без экструзионной обработки: «Лимон-Лайма», «Ванили», «травы Италии», «укроп», «чеснок», «лук», «кориандр», «тмин», «лавровый лист», «экстракт дуба». Полученные пищевые спиртовые ароматизированные уксусы биотехнологическим способом при помощи уксуснокислых бактерий имеют разнообразные органолептические свойства (аромат, вкус и цвет), за счет использования пряно-ароматических композиций, что позволило конкретизировать и одновременно расширить спектр их применения.

Abstract. Technological aspects of the production of food vinegar using a biotechnological method and, in particular, alcohol-flavored vinegar were proposed. For the first time, the following innovative solutions have been proposed: a) alcoholic flavored vinegar containing alcoholic vinegar intended for food purposes, the basis of which is acetic acid obtained by a biochemical method, and related ingredients; natural food flavors were used as accompanying ingredients: «Lemon-Lime AN1553» in an amount of 0,25 % or «Vanilla AN1500» in an amount of 0,25 %; b) alcoholic flavored vinegar containing alcoholic vinegar intended for food purposes and related ingredients; natural food flavors were used as accompanying ingredients: «Italian herbs» or «dill», or «garlic», or «onion», or «coriander», or «cumin», or «bay leaf», or «oak extract», or a mixture of flavors: «coriander», «cumin», «dill», «oak extract» in the ratio: 1:1:1:1, respectively, or a mixture of flavors: «coriander», «cumin», «garlic» in the ratio: 2:2:1, respectively, or a mixture of flavors: «dill», «garlic», «Italian herbs» in the ratio: 2:2:1, respectively, or a mixture of flavors: «garlic», «bay leaf», «cumin», «coriander» in the ratio: 1:1:1:1, respectively, or a mixture of flavors: «Italian herbs», «coriander», «dill», «bay leaf», «onion» in the ratio: 4:2:2:1:1, respectively, pre-subjected to single or multiple extrusion processing using a twin-screw extruder at a screw speed of 100–300 rpm, die diameter – 1–3 mm and without additional heating, followed by crushing, magnetic separation and sifting, at the following ratios initial components, wt.%: alcohol vinegar for food purposes – 97,5–99,9 and accompanying ingredients – 0,1–2,5. As a result, innovative technologies for producing alcoholic flavored vinegar were developed using various types of natural flavors with or without their extrusion processing: «lemon-lime», «vanilla», «Italian herbs», «dill», «garlic», «onion», «coriander», «cumin», «bay leaf», «oak extract». The food-grade alcohol-flavored vinegars obtained by a biotechnological method using acetic acid bacteria have various organoleptic properties (aroma, taste and color), due to the selection and addition of spicy-aromatic compositions, which made it possible to specify and at the same time expand the range of applications.

Ключевые слова: спиртовой ароматизированный уксус, технология, биотехнологический способ, химический синтез, уксуснокислые бактерии, уксуснокислое брожение, купажирование, фильтрация, ароматизация.

Keywords: alcohol flavored vinegar, technology, biotechnological method, chemical synthesis, acetic acid bacteria, acetic acid fermentation, blending, filtration, aromatization.

Уксус – один из самых популярных ферментированных продуктов, используемых в странах Европы и Азии [1, 2]. В промышленности выработка уксуса зависит от множества факторов, в том числе от характера закваски и сырья, а также от системы производства и условий его эксплуатации. Кроме того, уксус получают действием уксуснокислых бактерий на спиртовую среду, в которой этанол превращается в уксусную кислоту [1, 2]. С незапамятных времен уксус был ферментированным продуктом питания, широко используемым человечеством как часть рациона, а также в качестве консерванта, приправы и вкусовой добавки [1, 2]. Благодаря своим полезным свойствам уксус традиционно использовался в медицине [1, 2].

Известны два основных способа получения уксуса [1, 2]: биотехнологический – при помощи уксуснокислых бактерий [1, 2] и химический при помощи химического синтеза [1, 2].

В мире существует большое разнообразие видов уксуса в зависимости от микробного состава закваски, сырья и технических методов производства [1, 2].

В Российской Федерации в настоящее время современные крупные предприятия, производящие пищевой уксус биотехнологическим способом, отсутствуют. Уксусную кислоту в России получают при помощи химического синтеза. На постсоветском пространстве производство уксуса биотехнологическим способом сохранено только в Республике Беларусь на ОАО «Слуцкий уксусный завод» [3, 4].

Цель исследования – разработка инновационных технологий получения пищевого спиртового ароматизированного уксуса.



Объектами исследований являлись спиртовой ароматизированный уксус и ароматизирующие добавки растительного происхождения.

Поиск литературы по исследуемой проблематике осуществляли в базах данных РИНЦ, Google Scholar, ResearchGate, PubMed, Web of Science по ключевым словам и словосочетаниям: на русском языке: «уксус», «уксус спиртовой ароматизированный», «уксусная кислота», «технология», «биотехнологический способ», «химический синтез», «уксуснокислые бактерии», «уксуснокислое брожение», «купажирование», «фильтрация уксуса», «ароматизация уксуса» и на английском языке: «vinegar», «flavored alcohol vinegar», «acetic acid», «technology», «biotechnological method», «chemical synthesis», «acetic acid bacteria», «acetic acid fermentation», «blending», «vinegar filtration», «vinegar aromatization». Период исследования с 1973 г. по 2024 г.

Поиск проводили по двум вариантам: 1) путем создания запросов на сайтах баз данных и скачивание результатов, а также 2) с применением бесплатной программы Publish or Perish. Критериями включения литературных источников являлись: (1) доступность (возможность максимально полно ознакомиться с литературным источником), (2) релевантность описанного исследования, (3) научный рейтинг издания, (4) язык издания (английский и русский), (5) жанр источника (эмпирическое исследование, теоретическое исследование, монография), (6) тематика источника (структура, свойства, получение и применение уксуса и уксусной кислоты).

Работа проведена при помощи персонального компьютера и комплекта программного обеспечения Microsoft Word и Microsoft Excel.

Микроструктуру уксуснокислых бактерий исследовали с использованием сканирующего электронного микроскопа LEO 1420 (Германия) [5–7] и вакуумной установке ЕМТЕСН К 550Х (Германия).

Исследование уксуса проводили по ГОСТ 34411-2018 «Продукция соковая. Определение уксусной кислоты ферментативным методом».

Все современные биотехнологические производства и биотехнология получения уксуса основываются на работах Л. Пастера [8].

В промышленности выработку уксуса осуществляют из спиртовой среды, в которой смешанная культура уксуснокислых бактерий используется для осуществления процесса биотрансформации этанола в уксусную кислоту, происходящего в специальных биореакторах – ацетататорах [9, 10]. Несмотря на высокое качество конечных продуктов, получаемых с помощью традиционных систем, включающих в основном твердофазную ферментацию и поверхностное культивирование микроорганизмов, их многочисленные недостатки, в том числе низкая эффективность, медленность процесса и отсутствие контроля условий эксплуатации, привели к использованию системы погруженной культуры [11, 12]. Успех этого метода, широко внедренного в европейских странах, заключается в высоком выходе и скорости процесса при контролируемых условиях перемешивания за счет высокой эффективности массообмена и непрерывной интенсивной аэрации [11]. В этом смысле выбор режима работы ацетаторов также обеспечивает подходящую среду для развития и активности уксуснокислых бактерий, а контроль и мониторинг условий ферментации являются одними из фундаментальных аспектов, которые следует учитывать [9, 11].

Натуральный уксус получают путем спиртового брожения (глюкоза ($C_6H_{12}O_6$) + 2 АДФ + 2 Р_i → 2 этанол (C_2H_5OH) + 2 CO₂ + 2 АТФ) и последующего уксуснокислого брожения (этанол (C_2H_5OH) + O₂ → уксусная кислота (CH_3COOH) + H₂O + энергия (Е)) либо спиртосодержащего раствора (только уксуснокислое брожение), либо любой подходящей среды, содержащей сахар или крахмал, например фрукты, солод, патока, сахарный сироп и т.д. [1, 2].

Производство уксуса биотехнологическим способом было бы невозможно без активности уксуснокислых бактерий (рис. 1). Эти аэробные микроорганизмы можно обнаружить в самых разных природных и промышленных средах. Их универсальность и метаболическая адаптивность делают их таксономической группой,

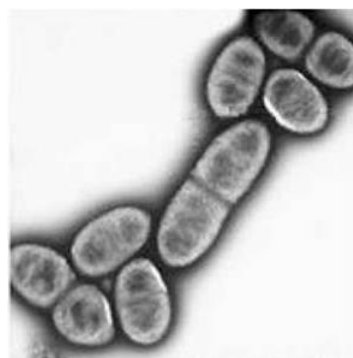
представляющей большой интерес для изучения оптимизации получения множества продуктов с уксусной кислотой в качестве одного из основных компонентов, а также основных механизмов, которые позволяют им расти в суровых условиях [1, 2].

На рисунке 1 показаны электронные микрофотографии бактерий семейства «Уксуснокислые бактерии» (*Acetobacteraceae*).



Род Ацетобактер (*Acetobacter*)

Рис. 1. Уксуснокислые бактерии



Род Глюконобактер (*Gluconobacter*)

Сотрудники Кубанского государственного технологического университета оказывают научно-технологическую помощь в развитии производства уксуса биотехнологическим способом широко известному в Беларуси предприятию – ОАО «Слуцкий уксусный завод» [3, 4].

Предлагаемая технология получения спиртовых ароматизированных уксусов является ускоренным вариантом технологии получения бальзамических уксусов [1, 2]. Ускорение технологии получения спиртовых ароматизированных уксусов достигается в результате замены длительного периода, длящегося годы, выдержки уксуса при классической технологии бальзамических уксусов в деревянных бочках на короткий технологический этап отстойки длящийся от 8 до 10 часов.

Разработанная технология получения спиртового ароматизированного уксуса предусматривает следующие последовательно осуществляемые технологические операции [1, 2]: приготовление питательной среды для культивирования уксуснокислых бактерий, окисление разбавленного водой спирта, съём готового уксуса и его купажирование до концентрации уксусной кислоты 9%, пастеризация уксуса, отстойка (ароматизация), фильтрация, розлив в бутылки, фасовка, упаковка и транспортировка (рис. 2).



Рис. 2. Технологическая схема получения ароматизированного уксуса



Для получения спиртового ароматизированного уксуса вначале готовят питательную среду для уксуснокислых бактерий (*Acetobacter aceti* L.).

Состав питательной среды: этиловый спирт 9,0–10,5 % $\pm 0,2$; уксусная кислота 0,7–1,0 % $\pm 0,2$; $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0,5–1,0 г/л среды; KH_2PO_4 0,5–1,0 г/л среды; MgSO_4 0,25–0,5 г/л среды.

Окисление спирта происходит при непрерывной циркуляции культуральной жидкости уксуснокислыми бактериями, закрепленными на буковой стружке. Культуральная жидкость циркулирует через носитель (буковую стружку) со средней скоростью 300–400 л/ч на 1 м³ буковой стружки. Цикл считается законченным, когда концентрация кислоты в культуральной жидкости возрастет не менее, чем до $9,0 \pm 0,2$ %, а концентрация спирта при этом составит – 0,2–0,4 %.

Далее осуществляют съём готового уксуса и его купажирование до концентрации уксусной кислоты – 9,0 %.

Пастеризацию сырого уксуса проводили в потоке в пастеризационно-охладительной установке при температуре 80–90 °С в течение 2 мин. После пастеризации уксус охлаждали до 30–20 °С.

В результате тепловой обработки в уксусе погибают уксуснокислые бактерии и посторонние микроорганизмы (уксуснокислые угри), а также происходит коагуляция коллоидных веществ, которые удаляются при последующем осветлении (филтрации). Отстойку или ароматизацию полученного уксуса осуществляли в течение 8–10 часов.

Для приготовления спиртового ароматизированного уксуса использовали следующее растительное пряно-ароматическое сырье в смеси или по отдельности: асафетида (*Ferula assa-foetida* L.), бадьян (*Anis stellatum*), ваниль (*Vfnulla planifolia* и *V. pompona*), гвоздика (*Caryophyllus aromaticus* L.), имбирь (*Zingiber officinale* Rosc), калган или галгант (*Alpinia officinalis* – малый корень, *A. Galanga* – большой корень, *A. chinensis* – китайский корень), кардамон (*Elettaria Cardamomum*), цейлонская корица (*Cinnatomum ceylanicum* Br.), китайская корица (*C. Cassia* Bl.), малабарская корица (*C. Tamala* Nees), циннамон или пряная корица (*C. Culilawan* Bl.), куркума (*Curcuma longa* L.), куркума ароматная (*C. Aromatica* Salisb.), куркума цедоария или цитварный корень (*C. Zedoaria* Rosc.), куркума круглая (*C. leucorrhizae*), лавр (*Laurus nobilis* L.), мускатный цвет и мускатный орех (*Myristica fragrans* Houtt.), перец черный (*Piper nigrum* L.), перец белый (*Piper nigrum* L.), перец кубеба (*Piper Cubeba* L.), перец длинный (*Piper longum* L., *P. officinarum* L.), перец африканский (*Piper Clusii* D.), перец стручковый (*Capsicum annuum* L., *C. longum* L.), перец кайенский (*Capsicum fastigiatum* Bl., *C. frutescens*), перец птичий (*Capsicum minimum* Roxb.), кумба или мавританский перец (*Xylopi aethiopica*), негритянский или гвинейский перец (*Xyopia aromatica*), ямайский перец (*Pimentus officinalis* L.), японский перец (*Zanthoxylum piperitum* D.C.), райское зерно или малагетта (*Atomum Meleguetta* Rosc.), розмарин (*Rosmarinus officinalis*), шафран (*Crocus sativus* L.), лук репчатый (*Allium cepa* L.), многоярусный лук (*Allium proliferum* Schrad), лук шалот (*Allium ascolonicum* L.), лук порей (*Allium porrum* L.), лук батун (*Allium fistulosum* L.), шнитт-лук (*Allium schoenoprasum* L.), мангир (*Allium senscens* L.), алтайский лук (*Allium altaicum* Pall), пскемский лук (*Allium pskemene* Fedtsch), чеснок (*Allium sativum* L.), черемша (*Allium ursinum*), колба (*Allium victorialis*), чесночник (*Alliara officinallis* Andrzej, *Alliaria brachycarpa*), чесночный гриб (*Marasmius scorodonius*), петрушка (*Petroselinum crispum*, *P. sativum* Hoffm.), пастернак (*Pastinaca sativa* L.), сельдерей (*Apium graveolens* L.), фенхель (*Anetum foeniculum* L., *Foeniculum vulgare* Mill), хрен (*Armoracia rusticana* Lam., *Cochlearia armoracia* L.), ажгон (*Carum ajowan* Bent. et Hook, *Trachyspermum copticum* L.), айр (*Acorus calamus* L.), анис (*Pimpinella anisum* L., *Anisum vulgare* Gaertn), базилик (*Ocimum basilicum* L.), черная горчица (*Brassica nigra* Koch.), сарептская горчица (*Brassica juncea* Czern.), белая горчица (*Brassica alba* Boiss), гравилат (*Geum urbanum* L.), донник синий (*Melilotus coeruleus* L., *Trigonella coerulea*),



душица (*Origanum vulgare* L.), дягиль (*Angelica archangelica* L., *A. Officinalis* Hoffm.), иссоп (*Hyssopus officinalis* L.), калуфер (*Tanacetum balsamita* L., *Pyretrum balsamita*), кервель (*Anthriscus Cerefolium* Hoffm.), кервель испанский (*Myrrhis aromatica* L., *Myrrhis odorata* Scop.), кмин (*Cuminum Cyminum* L.), колюрия (*Coluria geoides*), кориандр (*Coriandrum sativum* L.), водяной кресс (*Nasturtium officinale* R. BR.), горький кресс (*Cochlearia arctica* Sch., *C. officinalis* L.), луговой кресс (*Cardamina pratensis* L.), садовый кресс (*Lepidium sativum* L.), капуцин-кресс (*Tropaeolum majus* L.), лаванда (*Lavandula vera* D.C., *Lavandula* Mill.), любисток (*Levisticum officinalis* Koch.), майоран (*Origanum majorana* L., *Majorana hortensis*), Melissa (*Melissa officinalis* L.), мелисса турецкая или змееголовник молдавский (*Dracocephalum moldavica* L.), можжевельник (*Juniperus communis* L.), мята перечная (*Mentha piperita* L.), мята кудрявая (*Mentha crispa*), мята пряная или эльсгольция (*Elsholtzia patrini*, *E. cristata*), мята яблочная (*Mentha rotundifolia*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), полынь римская (*Artemisia pontica* L.), полынь метельчатая (*Artemisia procera* Willd.), полынь лимонная (*Artemisia abrotanum* L.), полынь альпийская (*Artemisia Mutellina*), рута (*Ruta graveolens* L.), тимьян (*Thymus vulgaris* L.), тмин (*Carum carvi* L.), укроп огородный (*Anethum graveolens* L.), фенугрек или пажитник (*Trigonella foenum graecum* L.), чабер (*Satureja hortensis* L.), чабер зимний (*Satureja montana* L.), чабрец (*Thymus serpyllum* L.), чернушка посевная (*Nigella sativa* L.), шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.), эстрагон (*Artemisia dracunculus* L.).

Фильтрацию или осветление уксуса осуществляли на рамных фильтр-прессах. Фильтровальный элемент в рамном фильтр-прессе является картон фильтровальный марки Т, КФМ.

Далее осуществляли розлив спиртового ароматизированного уксуса в бутылки, фасовку бутылок и их упаковку. Упакованный спиртовой ароматизированный уксус транспортируется потребителю или на склад готовой продукции.

Предложена инновационная технология получения спиртового ароматизированного уксуса [3], содержащего спиртовой уксус, предназначенный для пищевых целей, основой которого является уксусная кислота, получаемая биохимическим способом, и сопутствующие ингредиенты, отличающийся от ранее известных спиртовых ароматизированных уксусов тем, что в качестве сопутствующих ингредиентов используют пищевые натуральные ароматизаторы «Лимон-Лайм AN1553» в количестве 0,25% или «Ваниль AN1500» в количестве 0,25 %.

Разработанный способ позволит расширить ассортимент, а также улучшить органолептические свойства и физико-химические показатели спиртового ароматизированного уксуса, а также придать оригинальные, не свойственные уксусу ароматы лимона и ванили.

Разработанная технология получения спиртового ароматизированного уксуса была запатентована в Российской Федерации и на нее выдан патент на изобретение № 2561445. RU [3].

Данная научная разработка на основании полученного патента RU №2561445 «Уксус спиртовой ароматизированный» была представлена на XIV Международном салоне изобретений и новых технологий «Новое время», который проходил в Российской Федерации, в г. Севастополе 27–29 сентября 2018 г. Данная разработка была удостоена серебряной медали и диплома XIV Международного салона изобретений и новых технологий «Новое время».

В дальнейшем исследования в области спиртового ароматизированного уксуса были продолжены, что дало возможность разработать новое инновационное изделие – спиртовой ароматизированный уксус с новыми органолептическими свойствами [4]. Так, согласно предложенной новой инновационной технологии спиртовой ароматизированный уксус, содержащий спиртовой уксус для пищевых целей и сопутствующие ингредиенты, отличающийся от известных ранее способов тем, что в



качестве сопутствующих ингредиентов содержит пищевые натуральные ароматизаторы: «травы Италии» или «укроп», или «чеснок», или «лук», или «кориандр», или «тмин», или «лавровый лист», или «экстракт дуба», или смесь ароматизаторов: «кориандр», «тмин», «укроп», «экстракт дуба» в соотношении: 1:1:1:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «кориандр», «тмин», «чеснок» в соотношении: 2:2:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «укроп», «чеснок» «травы Италии» в соотношении: 2:2:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «чеснок», «лавровый лист», «тмин», «кориандр» в соотношении: 1:1:1:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «травы Италии», «кориандр», «укроп», «лавровый лист», «лук» в соотношении: 4:2:2:1:1 соответственно, предварительно подвергнутые одно- или многократной экструзионной обработке с применением двухшнекового экструдера при частоте вращения шнеков 100–300 об/мин, диаметре фильеры – 1–3 мм и без дополнительного подогрева с последующим дроблением, магнитной сепарацией и просеиванием, при следующих соотношениях исходных компонентов, масс. %: уксус спиртовой для пищевых целей 97,5–99,9; сопутствующие ингредиенты 0,1–2,5.

Впоследствии на это новое изделие был получен патент на изобретение в Евразийской патентной организации – ЕАПО (Eurasian patent organization – ЕАРО) №034944 [4].

Разработанные инновационные технологии получения пищевого спиртового ароматизированного уксуса внедрены в производство на ОАО «Слуцкий уксусный завод».

Ассортимент выпускаемой уксусной продукции ОАО «Слуцкий уксусный завод» очень широк:

1. Классические виды уксусов: уксус спиртовой 9% (объемом 1 л и 0,5 л), уксус яблочный, уксус винный из белого вина, уксус винный из красного вина.

2. Уксусы бальзамические: уксус бальзамико классико, уксус бальзамико салато, уксус бальзамико ореховый.

3. Уксусы спиртовые ароматизированные: уксус «Укропный аромат», уксус «Пряный», уксус «Чесночный аромат», уксус «Маринадный», уксус «Лимонный аромат», уксус «К холодцу», уксус «К селедочке», уксус «К пельменям», уксус «Для шашлыка», уксус «Для выпечки», уксус «Салатный», уксус «К грибочкам».

Высокое качество и приятный вкус достигается с помощью микробиологического способа производства пищевого уксуса в результате брожения спиртосодержащих жидкостей (виноградное вино, сидр, забродившие мед и соки различных фруктов или водный раствор этилового спирта). И это в отличие от продукции многих других производителей, которые используют продукты нефтеперегонки и сухой перегонки древесины.

В результате выполненных научных исследований разработаны инновационные технологии получения пищевого спиртового ароматизированного уксуса:

1. Натуральный биотехнологический уксус получили при помощи уксуснокислых бактерий путем спиртового брожения (глюкоза ($C_6H_{12}O_6$) + 2 АДФ + 2 Р_i → 2 этанол (C_2H_5OH) + 2 CO₂ + 2 АТФ) и последующего уксуснокислого брожения (этанол (C_2H_5OH) + O₂ → уксусная кислота (CH_3COOH) + H₂O + энергия (E)) либо спиртосодержащего раствора (только уксуснокислое брожение), либо любой подходящей среды, содержащей сахар или крахмал.

2. Технология получения уксуса спиртового ароматизированного предусматривает следующие последовательно осуществляемые технологические операции: приготовление питательной среды для культивирования уксуснокислых бактерий, окисление спирта, съём готового уксуса и купажирование его до концентрации уксусной кислоты 9 %, пастеризация, отстойка (ароматизация), фильтрация, розлив в бутылки, фасовка, упаковка и транспортировка.

3. Впервые предложены следующие инновационные композиции спиртового ароматизированного уксуса:



– уксус спиртовой ароматизированный [Пат. № 2561445. RU], содержащий уксус спиртовой для пищевых целей, основой которого является уксусная кислота, получаемая биохимическим способом, и сопутствующие ингредиенты, в качестве сопутствующих ингредиентов используют пищевые натуральные ароматизаторы: «Лимон-Лайм AN1553» в количестве 0,25% или «Ваниль AN1500» в количестве 0,25%;

– уксус спиртовой ароматизированный [Пат. № 034944. ЕАРО], содержащий уксус спиртовой для пищевых целей и сопутствующие ингредиенты, в качестве сопутствующих ингредиентов включает пищевые натуральные ароматизаторы: «травы Италии» или «укроп», или «чеснок», или «лук», или «кориандр», или «тмин», или «лавровый лист», или «экстракт дуба», или смесь ароматизаторов: «кориандр», «тмин», «укроп», «экстракт дуба» в соотношении: 1:1:1:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «кориандр», «тмин», «чеснок» в соотношении: 2:2:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «укроп», «чеснок» «травы Италии» в соотношении: 2:2:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «чеснок», «лавровый лист», «тмин», «кориандр» в соотношении: 1:1:1:1 соответственно, или смесь ароматизаторов: «травы Италии», «кориандр», «укроп», «лавровый лист», «лук» в соотношении: 4:2:2:1:1 соответственно, предварительно подвергнутые одно- или многократной экструзионной обработке с применением двухшнекового экструдера при частоте вращения шнеков 100–300 об/мин, диаметре фильеры – 1–3 мм и без дополнительного подогрева с последующим дроблением, магнитной сепарацией и просеиванием, при следующих соотношениях исходных компонентов, масс. %: уксус спиртовой для пищевых целей – 97,5–99,9 и сопутствующие ингредиенты – 0,1–2,5;

– разработанные пищевые спиртовые ароматизированные уксусы получают биотехнологическим способом при помощи уксуснокислых бактерий и имеют разнообразные органолептические свойства (аромат, вкус и цвет), за счет подбора и добавления пряно-ароматических композиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севодина К.В. Уксусы из пищевого сырья: классификация, современный ассортимент, потребительские свойства, производство, фальсификация, идентификация и экспертиза качества. Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2014. 158 с.
2. Литвяк В.В., Лобанов В.Г., Росляков Ю.Ф., Лукин Н.Д., Кузина Л.Б. Уксус и уксусная кислота. Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2023. 250 с.
3. Рыбак А.В., Щербицкая Ж.Н., Лобанов В.Г., Росляков Ю.Ф., Литвяк В.В. Уксус спиртовой ароматизированный: Патент № 2561445. RU, МПК⁷ В 27N 3/02, С 08L 97/02
4. Рыбак А.В., Щербицкая Ж.Н., Литвяк В.В., Лобанов В.Г., Росляков Ю.Ф. Уксус спиртовой ароматизированный: Патент № 034944. ЕАРО, МПК⁷ С 12J 1/08
5. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Ф. Растовая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: В 2-х кн. Пер. с англ. Р.С. Гвоздовер, Л.Ф. Комоловой. Книга 1. М.: Мир, 1984. 303 с.
6. Литвяк В.В., Оспанкулова Г.Х., Шаймерденова Д.А., Юркштович Н.К., Бутрим С.М., Росляков Ю.Ф. Атлас: морфология полисахаридов. Астана: ТОО «EDIGE», 2016. 335 с.
7. Лобанов В.Г., Литвяк В.В., Росляков Ю.Ф., Н.Д. Лукин, Бутрим С.М., Юркштович Н.К., Лугин В.Г., Оспанкулова Г.Х., Горбатовская Н.А., Полумбрик М.О. Атлас: Морфологическая характеристика биологических объектов: монография. Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2021. 279 с.
8. Пастер Л. Исследования о брожениях. М.: Книга по Требованию, 2017. 494 с.
9. García-García I., Santos-Dueñas I.M., Jiménez-Ot C., Jiménez-Hornero J.E., Bonilla-Venceslada J.L. Vinegar Engineering. In *Vinegars of the World*; Solieri L., Giudici P. Eds. Springer: Milan, Italy, 2009. pp. 97–120.



10. Román-Camacho J.J., Mauricio J.C., Santos-Dueñas I.M., García-Martínez T., García-García I. Unraveling the Role of Acetic Acid Bacteria Comparing Two Acetification Profiles From Natural Raw Materials: A Quantitative Approach in *Komagataeibacter Euro-paeus* // Front. Microbiol. 2022. Vol. 13. pp. 840119. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.840119>.
11. Gullo M., Verzelloni E., Canonico M. Aerobic Submerged Fermentation by Acetic Acid Bacteria for Vinegar Production: Process and Biotechnological Aspects // Process Bi-ochem. 2014. Vol. 49. pp. 1571–1579. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2014.07.003>.
12. Trč̃ek J., Mahnič̃ A., Rupnik M. Diversity of the Microbiota Involved in Wine and Organic Apple Cider Submerged Vinegar Production as Revealed by DHPLC Analysis and Next-Generation Sequencing // Int. J. Food Microbiol. 2016. Vol. 223. pp. 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.007>.

REFERENCES

1. Sevodina K.V. Vinegars from food raw materials: classification, modern assortment, consumer properties, production, falsification, identification and quality examination. Biysk: AltGTU Publishing House, 2014. 158 p.
2. Litvyak V.V., Lobanov V.G., Roslyakov Yu.F., Lukin N.D., Kuzina L.B. Vinegar and acetic acid. Krasnodar: Publishing house. FSBEI HE «KubSTU», 2023. 250 p.
3. Rybak A.V., Shcherbitskaya Zh.N., Lobanov V.G., Roslyakov Yu.F., Litvyak V.V. Flavored alcohol vinegar: Patent No. 2561445. RU, MPK7 B 27N 3/02, C 08L 97/02.
4. Rybak A.V., Shcherbitskaya Zh.N., Litvyak V.V., Lobanov V.G., Roslyakov Yu.F. Flavored alcohol vinegar: Patent No. 034944. EAPO, MPK7 C 12J 1/08.
5. Gouldstein J., Newbury D., Echlin P., Joy D., Fiori C., Lifshin F. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis: In 2 books. Per. from English R.S. Gvozdozer, L.F. Komolova. Book 1. M.: Mir, 1984. 303 p.
6. Litvyak V.V., Ospankulova G.Kh., Shaimerdenova D.A., Yurkshtovich N.K., Butrim S.M., Roslyakov Yu.F. Atlas: morphology of polysaccharides. Astana: EDIGE LLP, 2016. 335 p.
7. Lobanov V.G., Litvyak V.V., Roslyakov Yu.F., N.D. Lukin, Butrim S.M., Yurkshtovich N.K., Lugin V.G., Ospankulova G.Kh., Gorbатовskaya N.A., Polumbrik M.O. Atlas: Morphological characteristics of biological objects: monograph. Krasnodar: Publishing house. FSBEI HE «KubSTU», 2021. 279 p.
8. Pasteur L. Research on fermentations. M.: Book on Demand, 2017. 494 p.
9. García-García I., Santos-Dueñas I.M., Jiménez-Ot C., Jiménez-Hornero J.E., Bonilla-Venceslada J.L. Vinegar Engineering. In *Vinegars of the World*; Solieri L., Giudici P. Eds. Springer: Milan, Italy, 2009. pp. 97–120.
10. Román-Camacho J.J., Mauricio J.C., Santos-Dueñas I.M., García-Martínez T., García-García I. Unraveling the Role of Acetic Acid Bacteria Comparing Two Acetification Profiles From Natural Raw Materials: A Quantitative Approach in *Komagataeibacter Euro-paeus* // Front. Microbiol. 2022. Vol. 13. pp. 840119. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.840119>.
11. Gullo M., Verzelloni E., Canonico M. Aerobic Submerged Fermentation by Acetic Acid Bacteria for Vinegar Production: Process and Biotechnological Aspects // Process Bi-ochem. 2014. Vol. 49. pp. 1571–1579. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2014.07.003>.
12. Trč̃ek J., Mahnič̃ A., Rupnik M. Diversity of the Microbiota Involved in Wine and Organic Apple Cider Submerged Vinegar Production as Revealed by DHPLC Analysis and Next-Generation Sequencing // Int. J. Food Microbiol. 2016. Vol. 223. pp. 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.007>.



АКВАКУЛЬТУРА

УДК 579.6:628.16

DOI 10.24412/2311-6447-2025-4-170-179

Биотехнология управления кислородным режимом в промышленной аквакультуре на основе применения штамма *Chlorella Sorokiniana* Agt

Biotechnology for oxygen management in industrial aquaculture using the *Chlorella Sorokiniana* Agt strain

Доцент, к.б.н. Н.А. Сидорова,
ФГБОУ ВО «Петрозаводский госуниверситет», кафедра зоологии и экологии Института
биологии, экологии и агротехнологий, тел. +7 963 747-89-27
vanlis@petsu.ru
руководитель направления аквакультуры Н.М. Мурашева,
ООО «Альготек», тел. +7 903 075-99-28
nmurasheva@algotec.ru
директор Е.А. Степанова
Никольский рыбопроизводный завода имени В.П. Врасского, тел. 8(816)5196535
info@szf.glavrybvod.ru

Associate Professor, PhD in Biology N.A. Sidorova,
Petrozavodsk State University, chair of Zoology and Ecology, Institute of Biology, Ecology,
and Agricultural Technologies, tel. +7 963 747-89-27
vanlis@petsu.ru
Head of Aquaculture N.M. Murasheva,
Algotec LLC, tel. +7 903 075-99-28
nmurasheva@algotec.ru
Director E.A. Stepanova
V.P. Vrassky Nikolsky Fish Hatchery, tel. 8(816)5196535
info@szf.glavrybvod.ru

Аннотация. В статье представлен биотехнологический подход к управлению содержанием растворённого кислорода на основе применения штамма микроводоросли *Chlorella sorokiniana* AGT в составе биопрепарата «Альготек Аква». Исследования проведены на базе Никольского рыбопроизводного завода им. В. П. Врасского в прудах, предназначенных для выращивания личинок сига *Coregonus lavaretus*. Установлено, что культура *Cl. sorokiniana* AGT обеспечивает интенсивный фотосинтез, сопровождающийся значительным выделением растворённого кислорода — до 9–11 мг/л в дневные часы, что превышает нормативные требования для выращивания большинства товарных видов рыб. Одновременно наблюдается повышение pH воды вследствие потребления CO₂ и сдвига карбонатного равновесия, что может служить дополнительным индикатором фотосинтетической активности. Статистический анализ выявил умеренную положительную корреляцию между уровнем pH и концентрацией кислорода (коэффициент корреляции Пирсона $r \approx 0,62$), в то время как связь между температурой и содержанием O₂ оказалась слабой ($r \approx 0,29$), что указывает на доминирующую роль биологических (фотосинтетических) процессов, а не физико-химических факторов, в формировании кислородного режима. Полученные результаты подтверждают перспективность использования *Cl. sorokiniana* AGT в качестве биотехнологического инструмента для стабилизации газового режима и повышения экологической устойчивости водоёмов, используемых для выращивания объектов аквакультуры.

Abstract. The article presents a biotechnological approach to the management of dissolved oxygen content based on the use of a strain of microalgae *Chlorella sorokiniana* AGT as part of the biological product Algotec Aqua. The research was carried out on the basis of the Nikolsky Fish Breeding Plant named after



V. P. Vrasky in ponds intended for the cultivation of whitefish larvae *Coregonus lavaretus*. It has been established that the culture of *Cl. sorokiniana* AGT provides intensive photosynthesis, accompanied by significant release of dissolved oxygen — up to 9–11 mg/l during the daytime, which exceeds the regulatory requirements for the cultivation of most commercial fish species. At the same time, there is an increase in the pH of water due to CO₂ consumption and a shift in the carbonate equilibrium, which can serve as an additional indicator of photosynthetic activity. Statistical analysis revealed a moderate positive correlation between pH and oxygen concentration (Pearson correlation coefficient $r \approx 0,62$), while the relationship between temperature and O₂ content turned out to be weak ($r \approx 0,29$), indicating the dominant role of biological (photosynthetic) processes rather than physic-chemical factors in the formation of oxygen the mode. The results obtained confirm the prospects of using *Cl. sorokiniana* AGT as a biotechnological tool for stabilizing the gas regime and increasing the environmental sustainability of reservoirs used for growing aquaculture facilities.

Ключевые слова: альголизация, кислородный режим, выростные пруды, личинки сига, фотосинтез, растворённый кислород, *Chlorella sorokiniana* AGT.

Key words: algolization, oxygen regime, growing ponds, whitefish larvae, photosynthesis, dissolved oxygen, *Chlorella sorokiniana* AGT.

Интенсификация промышленной аквакультуры сопряжена с ростом биологической нагрузки на рыбохозяйственные водоёмы, что обостряет проблему обеспечения стабильного кислородного режима, как одного из ключевых факторов, определяющих выживаемость и рост гидробионтов. Недостаток растворённого кислорода особенно критичен в ночные часы и в периоды высокой температуры воды, когда его растворимость снижается, а потребление рыбами и микроорганизмами возрастает, что может приводить к гипоксии и массовой гибели рыбы. Для поддержания необходимого уровня растворённого кислорода традиционно применяются механические и аэрационные методы: поверхностные аэраторы (поплавковые, фонтанирующие), компрессорные системы с диффузорами, турбинные и струйные смесители, а также подача чистого кислорода из баллонов или генераторов. Несмотря на доказанную эффективность, эти технологии имеют существенные ограничения: они энергозатратны, требуют постоянного технического обслуживания, не всегда применимы в удалённых или мелководных водоёмах, а также не обеспечивают естественной буферизации суточных колебаний концентрации кислорода поскольку днём возможен его избыток, а ночью – дефицит. В этом контексте перспективным направлением является биотехнологический подход, основанный на использовании фотосинтезирующих микроорганизмов, способных генерировать кислород *in situ* в дневное время и одновременно участвовать в биологической очистке водоема от избытка биогенов. Среди микроводорослей особый интерес представляет штамм *Chlorella sorokiniana* AGT, отличающийся высокой скоростью фотосинтеза, устойчивостью к изменяющимся условиям среды и способностью поддерживать концентрацию растворённого кислорода на оптимальном физиологическом уровне для аквакультуры. Основная цель выполненного исследования связана с изучением динамики концентрации растворенного кислорода в рыбохозяйственных водоемах под влиянием альголизации с использованием микроводоросли *Chlorella sorokiniana* AGT.

Исследование проведено на базе Никольского рыбозаводного завода им. В. П. Врасского в августе-сентябре 2025 г. На заводе инкубируются и подращиваются частичковые виды рыб (судак, щука) и сиговые (сиг, пелядь, нельма, ряпушка). Предприятие располагает прудовым хозяйством, которое состоит из выростных, зимовальных и карантинных прудов. Оценку динамики концентрации растворенного кислорода под влиянием альголизации проводили на прудах Залужской системы (рис. 1).

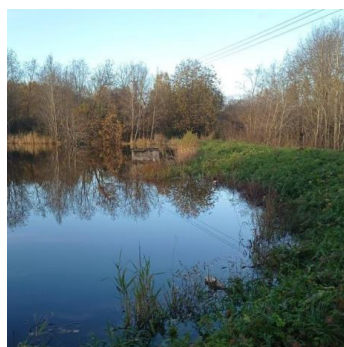


Рис. 1. Пруды Залужской системы, предназначенные для выращивания личинок сига *Coregonus lavaretus*

Пруды отличались площадью, плотностью посадки личинок сига, биомассой выращиваемой рыбы, а также количеством внесенной вяленой травы, необходимой для стимуляции развития зоопланктона – ключевого компонента кормовой базы личинок сига в ранний постэмбриональный период. В качестве опытных прудов были выбраны Залужские пруды № 5 и № 8, а в качестве контроля – Залужский пруд № 3, где альголизация не проводилась. Основные отличительные признаки выбранных прудов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Отличительные признаки прудов для выращивания личинок сига

Название пруда	Площадь, га	Плотность посадки личинок, шт/га	Суммарная биомасса, кг	Количество внесенной травы, т
Залужский № 5 опыт	4,8	18 750	357,2	1,0
Залужский № 8 опыт	12,8	11 710	760,0	2,0
Залужский № 3 контроль	2,3	8 690	300,0	0,3

Плотность посадки рыбы в пруды рассчитывали на основании предыдущего опыта. В пруд № 1 площадью 4,8 га было посажено 90 тысяч штук личинок сига, плотность посадки соответственно составила 18 750 штук на га. В пруд № 2 на 12,8 га было посажено 150 тысяч личинок сига и плотность посадки составила 11 710 штук на га. В пруд № 3 на 2,3 га было посажено 20 тысяч личинок сига и плотность посадки составила 8 690 штук на га. На момент исследования (август 2025 г) исходя из планового выхода сеголетков сига была рассчитана суммарная биомасса. Соответственно, биомасса в пруду № 1 составила 357,2 кг, в пруду № 2 – 760 кг, в пруду № 3 – 300 кг. За период исследований в пруд № 1 было внесено 100 л концентрата хлореллы, а в пруд № 2 - 260 л концентрата хлореллы. Суспензию хлореллы, представленную штаммом *Chlorella sorokiniana* AGT, вносили в виде биопрепарата «Альготек Аква» производства ООО «Альготек» из расчета 20 л на 1 га. Результаты альголизации оценивали по изменению кислородного режима (мг/л). Концентрацию растворенного кислорода (мг/л), температуру воды (°C) измеряли с помощью термодоксиметра «HANNA HI 98193» (Германия) на глубине 1,0 -1,5 м с периодичностью 1 раз в сутки в течение 20 суток. Также в течении всего периода исследований измеряли кислотность воды (единиц pH) с помощью pH метра «HANNA» (Германия).

Статистический анализ данных выполняли на основе программы для работы с электронными таблицами «Microsoft Excel». Для анализа линейной связи между переменными рассчитывали коэффициент корреляции Пирсона, для объяснения



вариации зависимой переменной (в данном исследовании — содержание кислорода) рассчитывали коэффициент детерминации R^2 [2].

Хлорелла относится к микроскопическим одноклеточным зеленым водорослям, обитающим преимущественно в пресных водоемах. Способность участвовать в фотосинтезе и активно продуцировать кислород связана с рядом биологических особенностей микроорганизма. Это высокая скорость фотосинтеза и короткий жизненный цикл по сравнению с другими видами водорослей и растений [1]; наличие ключевых фотосинтетических пигментов хлорофилла-а и хлорофилла-б, улавливающих световую энергию в синей и красной областях спектра; присутствие в клетках каротиноидов (вспомогательных пигментов β -каротина и лютеина), которые поглощают свет в сине-зеленой области и выполняют фотозащитную функцию, рассеивая избыточную световую энергию. Высокая концентрация хлорофилла (до 4 - 6% от сухой массы) позволяет хлорелле эффективно использовать световую энергию даже при невысокой интенсивности освещения [5]. Поглощение CO_2 и выделение O_2 происходит всей поверхностью клетки, что ускоряет газообмен, а простая структура одноклеточного организма обеспечивает максимальный выход биомассы и кислорода на единицу объема [10]. В оптимальных условиях культивирования (доступность света и питательных веществ, температурный диапазон) время удвоения биомассы может составлять от 6 до 8 ч [11]. При исследовании связи между концентрацией CO_2 , продуктивностью биомассы и выходом кислорода у водорослей обнаружено, что продукция кислорода непостоянна и зависит от внешних факторов [9]. К таким факторам относят интенсивность и спектральный состав света, концентрацию CO_2 , температуру (для большинства штаммов – 20-30°C), наличие азота, фосфора, макро- и микроэлементов.

Применение хлореллы в индустриальном рыбоводстве можно рассматривать как элемент устойчивой и биоинтегрированной аквакультуры особенно для биоремедиация рыбохозяйственных водоёмов и улучшения гидрохимического режима. В настоящее время это наиболее изученное и перспективное направление, особенно для УЗВ и садковых хозяйств. Хлорелла активно поглощает аммонийный азот (NH_4^+), нитриты (NO_2^-) и нитраты (NO_3^-), которые являются токсичными продуктами метаболизма рыб. Это не просто утилизация отходов, а их трансформация в ценную биомассу. Кроме того, микроводоросль способна эффективно удалять из воды фосфор, предотвращая эвтрофикацию и зарастание водоемов. В процессе фотосинтеза хлорелла насыщает воду кислородом, что также способствует снижению нагрузки на механические аэраторы и экономии электроэнергии.

Хлорелла также рассматривается, как ценный кормовой компонент для рыб и других высокопродуктивных пород животных. Она обладает уникальным питательным профилем, делающим ее превосходной кормовой добавкой, отличается высоким содержанием белка (50 – 60 % от сухой массы) с богатым аминокислотным составом, содержит витамины А, С, Е, группы В, а также каротиноиды (астаксантин, лютеин), которые улучшают окраску рыб (например, лососевых) и повышают иммунный статус. Полисахариды клеточной стенки хлореллы (например, β -1,3-глюкан) действуют как иммуностимуляторы, повышая устойчивость рыб к бактериальным и вирусным инфекциям. Это позволяет снизить применение антибиотиков. Частичная замена рыбной муки в комбикормах на биомассу хлореллы (обычно 5 – 15 % от рациона) применяется для снижения себестоимости и повышения качества продукции. Наиболее эффективна такая замена для личинок и молоди рыб, где требуется высокопитательный стартовый корм [12].

Перспективным считается применение хлореллы и для стабилизации экосистем поверхностных водоемов, где хлорелла, как доминирующий вид фитопланктона, может использоваться для создания «биологического щита» и предотвращения «цветения» водоемов. Конкурируя за питательные вещества и выделяя аллелопатические вещества, хлорелла подавляет развитие цианобактерий (сине-зеленых водорослей), которые часто вызывают цветение воды и синтезируют комплексы токсичных



соединений. Целенаправленная альголизация (внесение культуры хлореллы) может не только применяться для управления качеством воды, но и служить фактором повышения естественной кормовой базы конкретного рыбохозяйственного водоема.

Динамика концентрации кислорода в результате внесения суспензии хлореллы в исследуемые водоёмы представлена на точечных диаграммах (рис. 2 - 5), предназначенных для сравнения и отображения взаимосвязи между парами значений «кислород-температура» и «кислород-рН». Зависимость пар значений «кислород-температура» при внесении 100 л суспензии хлореллы в пруд 1 представлена на точечной диаграмме (рис. 2). При одинаковой температуре (18,0°C) выявлено колебание содержания O_2 от 6,0 до 9,4 мг/л. Полученные данные указывают на то, что температура не является единственным фактором, влияющим на кислородный баланс. Такие результаты типичны для поверхностных водоёмов, где O_2 может зависеть от интенсивности фотосинтеза, дыхания водных организмов, загрязнения и т.д. Значение коэффициента корреляции (Пирсона) $r \approx 0,37$ свидетельствует о слабой положительной корреляции — несмотря на то, что значения O_2 должны снижаться с ростом T , в условиях эксперимента получена обратная картина: при более высокой температуре 18° значения концентрации кислорода достигали максимума – 9,4 мг/л. Физическая зависимость не проявлялась из-за доминирования биологических факторов. При повышении температуры до 18°C ускоряется фотосинтез фитопланктона, как следствие увеличивается биосинтез O_2 . Максимальное значение O_2 (9,4 мг/л при 18°C) близко к теоретическому пределу насыщения, что указывает на высокую продуктивность фитопланктона. В данном эксперименте, при анализе пар значений «кислород-температура», низкое значение коэффициента детерминации $R^2 = 0,32$ также отражает влияние биологических процессов (фотосинтеза), а не физической растворимости.

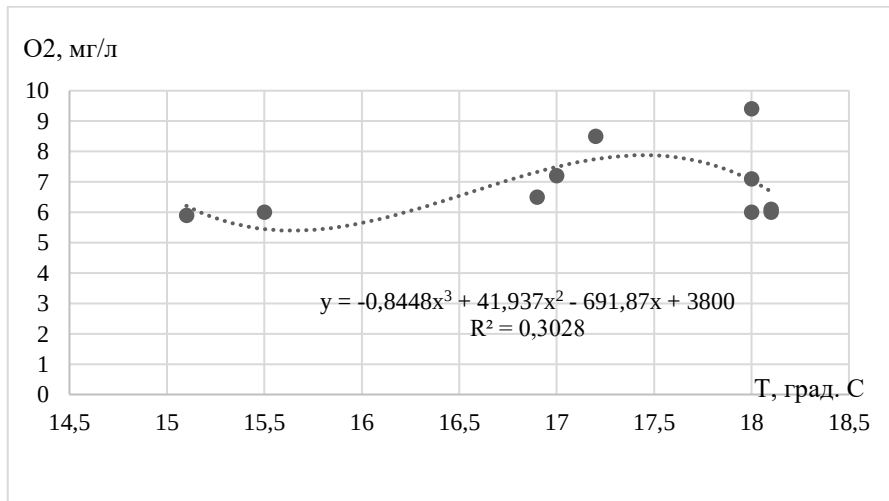


Рис. 2. Зависимость пар значений «кислород-температура» при внесении 100 л суспензии хлореллы

На точечной диаграмме (рис. 3) представлена зависимость пар значений «кислород-рН» при внесении 100 л суспензии хлореллы в пруд 1. Рассчитанное значение коэффициента корреляции (Пирсона) ($r \approx 0,62$) свидетельствует о положительной корреляции между рН и O_2 и подтверждает, что в условиях альголизации при участии внесенной суспензии хлореллы наблюдается активный фотосинтез, как следствие интенсивно усваивается CO_2 , что и приводит к увеличению рН. Высокое значение коэффициента детерминации $R^2 = 0,73$ подтверждает полученную зависимость.

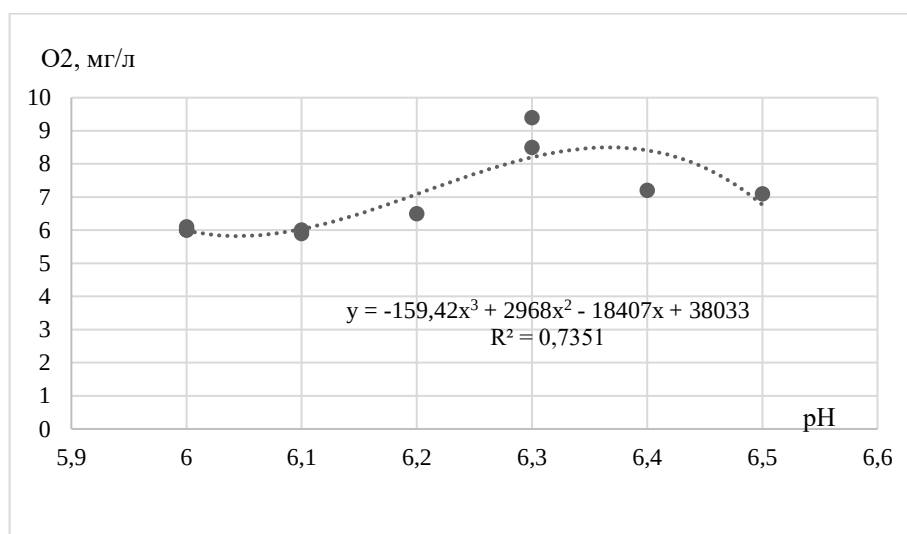


Рис. 3. Зависимость пар значений «кислород-pH» при внесении 100 л суспензии хлореллы

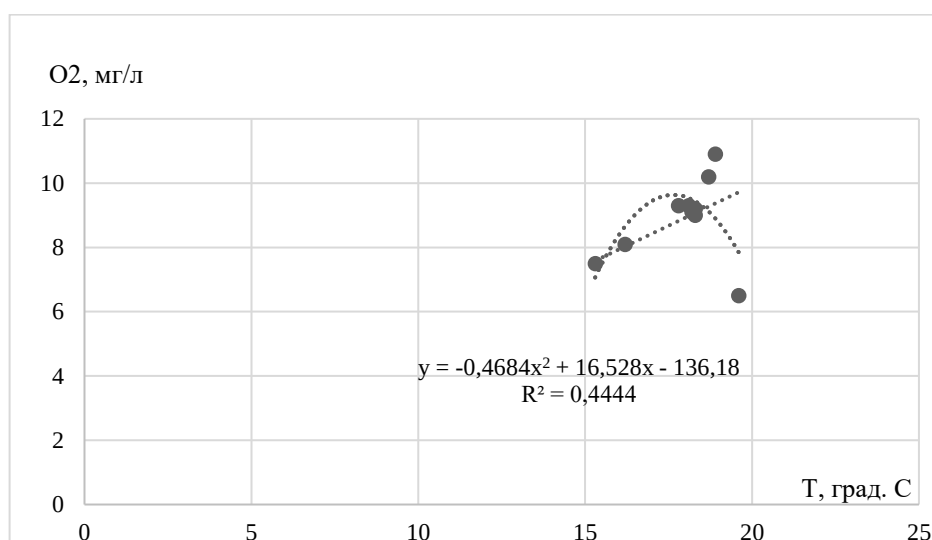


Рис. 4. Зависимость пар значений «кислород-температура» при внесении 260 л суспензии хлореллы

Оценивая зависимость пар значений «кислород-температура» при внесении 260 л суспензии хлореллы в пруд 2 полученные данные можно объединить в 3 группы. В первой группе значений при температуре 15,3–16,2 °С концентрация кислорода изменялась от 7,5 до 8,1 мг/л, во второй - в диапазоне температур 17,8–18,7 °С концентрации кислорода составила 9,0–10,2 мг/л, в третьей группе при температуре 18,9–19,6 °С - от 6,5 до 10,9 мг/л. Значение коэффициента корреляции (Пирсона) $r \approx 0,29$ свидетельствует о слабой положительной корреляции между исследуемыми значениями. Максимальное насыщение кислородом 10,9 мг/л установлено при температуре 18,9 °С, а при температуре 19,6 °С зарегистрирован дефицит кислорода 6,5 мг/л, что возможно из-за потенциального снижения растворимости кислорода при увеличении температуры воды, а также из-за активного потребления кислорода гидробионтами, включая микрофлору воды. Рассчитанный коэффициент детерминации $R^2 = 0,44$ объясняет вариацию (разброс) зависимой переменной (содержание кислорода) (рис. 4). Примерно 40 % изменчивости кислорода можно объяснить влиянием температуры, 60 % вероятно зависит от других факторов (биологической активности хлореллы, аэрации, от загрязнения, времени суток и т.д.).



Коэффициент детерминации (R^2) для зависимости «кислород - кислотность (pH)» оказался выше (0,83) (рис. 5), чем для зависимости «кислород - температура» (0,44) (рис 3). Коэффициента корреляции (Пирсона) $r \approx 0,62$. Сильная положительная корреляция между концентрацией кислорода в воде пруда 2 и кислотностью (до 10,9 мг/л при pH 6,6) отражает общие биологические процессы, которые проявляются при альголизации. При активном фотосинтезе увеличивается концентрация кислорода, растет и pH в связи с потреблением хлореллой CO_2 и уменьшением концентрации в воде угольной кислоты H_2CO_3 . Концентрация кислорода и pH изменяются синхронно, являясь индикаторами одного и того же процесса.

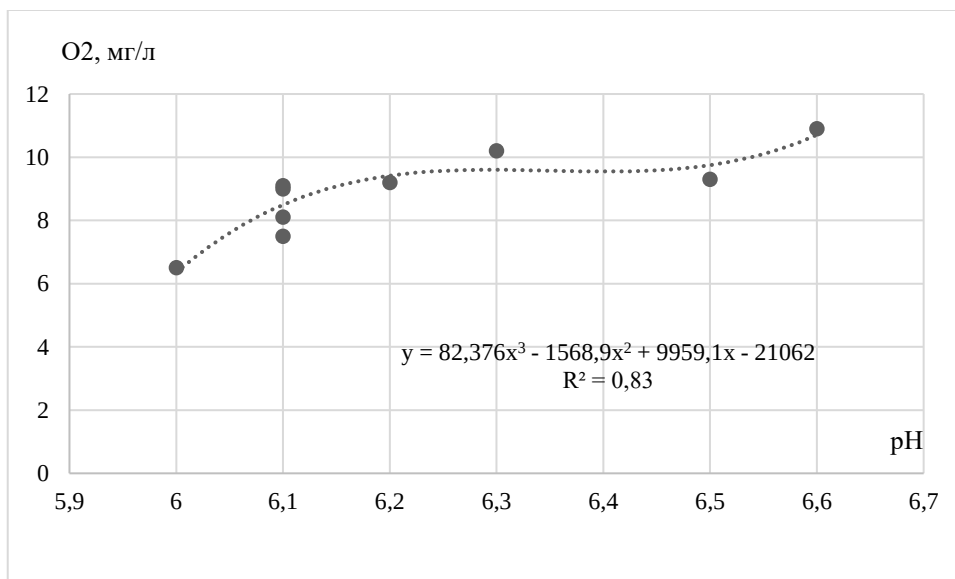


Рис. 5. Зависимость пар значений «кислород-pH» при внесении 260 л суспензии хлореллы

Результаты сравнительной оценки степени альголизации в опыте и контроле представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Динамика температуры, концентрации растворённого кислорода и pH
в Залужских прудах № 5, 8 (с альголизацией) и № 3 (контроль) на 19.08 и 4.09.2025**

Исследуемые водоемы	Дата отбора проб воды 19.08.2025			Дата отбора проб воды 4.09.2025		
	Т, град С	O ₂ , мг/л	pH	Т, град С	O ₂ , мг/л	pH
Залужский пруд № 5 (опыт)	16,9	6,5	6,2	17,0	7,2	6,4
Залужский пруд № 8 (опыт)	19,6	6,5	6,0	18,9	10,9	6,6
Залужский пруд № 3 (контроль)	17,6	6,6	6,2	18,4	5,4	6,7

В течение исследуемого периода температура воды в опытных и контрольном прудах находилась в диапазоне от 16,9 до 19,6 °С. На 19,08 уровень O₂ в опытных прудах составил 6,5 мг/л, что практически совпадает с контролем (6,6 мг/л). В начальный период наблюдений альголизация ещё не оказала выраженного эффекта, возможно из-за недостаточного времени для развития биомассы микроводорослей. Через 16 суток эксперимента в опытном пруду № 8 зарегистрировано увеличение концентрации растворенного кислорода на 68 %, в пруду № 5 – на 11 %, а в контроле (пруд № 3) – концентрация O₂ составила 5.4 мг/л, что соответствовало снижению



данного параметра на 18 % по сравнению с первоначальным значением. Полученные данные доказывают эффективность альголизации. В опытном пруду № 8, вероятно, были наиболее благоприятные условия для развития хлореллы (лучшая освещённость, минеральное питание, отсутствие конкурентов), благодаря чему произошло значительное увеличение фотосинтезирующей активности и концентрации кислорода до 10,9 мг/л (табл. 2). В пруду № 5 эффект менее выражен, но всё же положителен. В контрольном пруду, напротив, наблюдалось снижение O_2 , что вероятно может быть связано с естественным потреблением кислорода гидробионтами и снижением продуктивности фитопланктона.

Полученные данные полностью согласуются с фундаментальными принципами физиологии фотосинтетиков и гидрохимии. В процессе фотосинтеза CO_2 фиксируется в углеводы, а O_2 выделяется как побочный продукт фотолиза воды. В замкнутых водных системах (например, с культурами водорослей) это приводит к накоплению O_2 и снижению концентрации растворённого CO_2 . В исследовании Beardall J. и Raven J. A. (2004) [4] отмечается, что культуры рода *Chlorella* при достаточном освещении очень быстро потребляют CO_2 , что вызывает заметный рост pH (до 9–10). Также, на примере изучения влияния интенсивности освещения на рост и активность фотосинтеза *Chlorella vulgaris* в фотобиореакторе показано, что в начальной фазе активного фотосинтеза при интенсивном освещении ($\geq 200 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) pH в культуре хлореллы может увеличиваться на 0,4–0,6 единиц в час [7]. На примере данных мониторинга прудов Астраханского НИИ рыбного хозяйства показано, что фитопланктон играет ведущую роль в формировании кислородного режима прудов. В условиях активного фотосинтеза (ясная погода, умеренная альголизация) концентрация кислорода к 16 – 18 ч может достигать 180 – 200 % насыщения (12–15 мг/л) [3]. Благодаря исследованию динамики растворенного кислорода в пресноводных прудах, предназначенных для аквакультуры, установлена прямая корреляция ($r = 0,82$, $p < 0,01$) между биомассой фитопланктона и концентрацией растворенного кислорода [8]. Таким образом, на основании целого ряда экспериментальных исследований подтверждается, что управляемая альголизация является эффективной практикой в индустриальной аквакультуре, именно для поддержания уровня кислорода [6].

Благодаря выполненному исследованию установлено, что при оптимальных условиях освещённости, температуры и минерального питания штамм *Chlorella sorokiniana* AGT в составе биопрепарата «Альготек Аква» обеспечивает интенсивный фотосинтез, сопровождающийся значительным выделением растворённого кислорода — до 9 – 11 мг/л в дневные часы, что превышает нормативные требования для выращивания большинства товарных видов рыб. Одновременно с ростом концентрации O_2 наблюдается повышение pH воды вследствие потребления CO_2 и сдвига карбонатного равновесия, что также может служить индикатором фотосинтетической активности. Анализ экспериментальных данных показал умеренную положительную корреляцию между уровнем pH и концентрацией кислорода (коэффициент корреляции Пирсона $r \approx 0,62$), а также слабую связь между температурой и O_2 ($r \approx 0,29$), что свидетельствует о доминирующей роли биологических, а не физико-химических факторов в формировании кислородного режима. Таким образом, управление плотностью культуры *Chlorella sorokiniana* AGT позволяет не только стабилизировать содержание кислорода на физиологически безопасном уровне, но и снизить зависимость от механической аэрации, сократить энергозатраты и повысить экологическую устойчивость рыбоводных систем.

Внедрение биотехнологии управления кислородным режимом на основе применения штамма *Chlorella sorokiniana* AGT особенно перспективно в условиях интенсивного рыбоводства, где высокая плотность посадки создаёт постоянный риск гипоксии. При этом важно поддерживать баланс: чрезмерное развитие фитопланктона может привести к резким суточным колебаниям pH и кислорода, опасным для



гидробионтов. Поэтому рекомендуется применение систем мониторинга в реальном времени и дозированное внесение культуры с учётом гидрохимических параметров конкретного рыбохозяйственного водоёма. Полученные закономерности и выводы важны для научно-технического обоснования технологии альголизации с использованием штамма *Chlorella sorokiniana* AGT, как эффективного и экологически ориентированного подхода к повышению продуктивности и устойчивости современных аквакультурных хозяйств.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 322-23 (Соглашение № 23-16-20026), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

ЛИТЕРАТУРА

1. Белленко М.В., Джагалов М.Х. Перспективы использования микроводоросли *Chlorella* в биологической жизни поддержании систем // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. - 2019. - Т. 14. - № 4. - С. 325-336.
2. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия: учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. 2005. 104 с.
3. Касьяненко Л.Г., Касьяненко А.В. Основы аквакультуры. Астрахань: Изд-во АГТУ. 2012. С. 89-94.
4. Beardall J., Raven J.A. The potential effects of global climate change on microalgal photosynthesis, growth and ecology // Phycology. - 2004. - № 43(1). - pp. 26-40. - DOI:10.2216/i0031-8884-43-1-26.1.
5. Caffarelli P., Vona V. *Chlorella*: A microalga for food and health. In: Merillon, JM., Ramawat, K. (eds) *Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry*. Springer, Cham. 2018. 1621 p.
6. Diana J.S. Aquaculture production and biodiversity conservation // BioScience. - 2009. - № 59(1). pp. 27-38. - DOI: 10.1525/bio.2009.59.1.7.
7. Lee K.-Y., Lee C.-G. Effect of light intensity on the growth and photosynthetic activity of *Chlorella vulgaris* in a tubular photobioreactor // Biotechnology and Bioprocess Engineering. - 2003. - № 8(4). - pp. 215-219. - DOI: 10.1007/BF02931300.
8. Liu X., Wang Y., Gu X., Li M., Lv W et al. Dynamic mapping of dissolved oxygen in freshwater aquaculture ponds using UAV multispectral imagery // Ecological Informatics. - 2025. - № 91. - pp. 103-108. - DOI: org/10.1016/j.ecoinf.2025.103388.
9. de Morais M. G., Costa J. A. V. Biofixation of carbon dioxide by *Spirulina* sp. and *Scenedesmus obliquus* cultivated in a three-stage serial tubular photobioreactor // Journal of Biotechnology. - 2007. - № 129(3). - pp. 439-445.
10. Posten C., Walter C. Design and performance of photobioreactors for microalgae production // *Microalgal Biotechnology: Potential and Production*. De Gruyter. - 2012. 21(1). - pp. 38-45.
11. Safi C., Zebib B., Merah O., Pontalier P. Y., Vaca-Garcia C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. - 2014. - Vol. 35. - pp. 265-278.
12. Shah M. R., Lutzu G. A., Alam A., Sarker P., Chowdhury M. A. K., Parsaeimehr A., Darroch M. Microalgae in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry // *Journal of Applied Phycology*. - 2018. - № 30(1). - pp. 197-213.
13. Taiz L., Zeiger E. *Plant Physiology*. 5th Edition, Sinauer Associates Inc., Sunderland. 2010. 782 p.



REFERENCES

1. Bellenko M.V., Dzhagalov M.Kh. Prospects for the Use of Chlorella Microalgae in Biological Life and System Maintenance // RUDN Bulletin. Series: Agronomy and Animal Husbandry. - 2019. - Vol. 14. - No. 4. - pp. 325-336.
2. Ivanter E.V., Korosov A.V. Elementary Biometrics: Textbook. Petrozavodsk: PetrSU Publishing House. 2005. 104 p.
3. Kasyanenko L.G., Kasyanenko A.V. Basics of Aquaculture. Astrakhan: ASTU Publishing House. 2012. pp. 89-94.
4. Beardall J., Raven J.A. The potential effects of global climate change on microalgal photosynthesis, growth and ecology // Phycology. - 2004. - № 43(1). - pp. 26-40. - DOI:10.2216/i0031-8884-43-1-26.1.
5. Caffarelli P., Vona V. Chlorella: A microalga for food and health. In: Merillon, JM., Ramawat, K. (eds) Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. 2018. 1621 p.
6. Diana J.S. Aquaculture production and biodiversity conservation // BioScience. - 2009. - № 59(1). pp. 27-38. - DOI: 10.1525/bio.2009.59.1.7.
7. Lee K.-Y., Lee C.-G. Effect of light intensity on the growth and photosynthetic activity of Chlorella vulgaris in a tubular photobioreactor // Biotechnology and Bio-process Engineering. - 2003. - № 8(4). - pp. 215-219. - DOI: 10.1007/BF02931300.
8. Liu X., Wang Y., Gu X., Li M., Lv W et al. Dynamic mapping of dissolved oxygen in freshwater aquaculture ponds using UAV multispectral imagery // Ecological Informatics. - 2025. - № 91. - pp. 103-108. - DOI: org/10.1016/j.ecoinf.2025.103388.
9. de Moraes M. G., Costa J. A. V. Biofixation of carbon dioxide by Spirulina sp. and Scenedesmus obliquus cultivated in a three-stage serial tubular photobioreactor // Journal of Biotechnology. - 2007. - № 129(3). - pp. 439-445.
10. Posten C., Walter C. Design and performance of photobioreactors for microalgae production // Microalgal Biotechnology: Potential and Production. De Gruyter. - 2012. 21(1). - pp. 38-45.
11. Safi C., Zebib B., Merah O., Pontalier P. Y., Vaca-Garcia C. Morphology, composition, production, processing and applications of Chlorella vulgaris: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2014. - Vol. 35. - pp. 265-278.
12. Shah M. R., Lutz G. A., Alam A., Sarker P., Chowdhury M. A. K., Parsaeimehr A., Darroch M. Microalgae in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry // Journal of Applied Phycology. - 2018. - № 30(1). - pp. 197-213.
13. Taiz L., Zeiger E. Plant Physiology. 5th Edition, Sinauer Associates Inc., Sunderland. 2010. 782 p.



К вопросу эффективного использования Пелагических тралов на промысле Черноморского шпрота

On the issue of effective use pelagic trawls in the fishery black sea sprat

Доцент, к.т.н. Т.В. Рязанова

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет, кафедра судоходства и промышленного рыболовства, тел. 89182274072
metodmf@mail.ru

Associate Professor T.V. Ryazanova

FSBEI of HE Kerch State Marine Technological University, chair of Navigation and Commercial Fisheries, tel. 89182274072
metodmf@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются проблемы обеспечения рационального рыболовства в Азово-Черноморском бассейне. Снижение уловов в Азово-Черноморском бассейне, возникло по биологическим, антропогенным, материально-техническим причинам, а также из-за того, что традиционно применяемые на бассейне орудия рыболовства не обеспечивают рекомендуемых объёмов вылова. Повышение добычи гидробионтов предлагается решать путем обновления рыболовецкими предприятиями промыслового маломерного флота, а также эффективного применения орудий промысла. Даны рекомендации по повышению уловистости разноглубинных тралов для промысла черноморского шпрота различными методами: путём увеличения геометрических размеров устья трала, применению двухмотённых тралов, а также рассмотрены варианты загрузки нижней подборы трала, для его работы в придонном варианте, избегая касания грунта. Повышение коэффициента раскрытия ячей сетной оболочки тралов с 0,3 до 0,5 приведет к снижению расхода сетематериалов на единицу габаритной площади в 1,5 раза при заметном уменьшении удельного гидродинамического сопротивления. Применение нетрадиционной кабельной схемы, позволяют лучше раскрыть оболочку трала. В работе также рассмотрены достоинства и недостатки промысла кошельковыми неводами, показано, что при небольших глубинах и разреженных рыбных скоплениях, кошельковый невод не обеспечивает необходимой зоны облова, рекомендовано применять закидные невода, которые могут обеспечить зону облова на порядок больше, чем кошельковые невода. Применение для промысла в Азово-Черноморском бассейне ловушек открытого типа (ставные невода) и ловушек закрытого типа (вентери), относят к пассивным стационарным орудиям промысла, эффективно для промысла разреженных скоплений, в таком состоянии рыбы находятся большую часть года.

Abstract. This article examines the challenges of ensuring sustainable fisheries in the Azov-Black Sea basin. Catch declines in the Azov-Black Sea basin have arisen due to biological, anthropogenic, and logistical factors, as well as the inability of traditional fishing gear to produce the recommended catch volumes. It is proposed that increased aquatic production be addressed through the acquisition of modern small-sized vessels by fishing companies and the effective use of fishing gear. Recommendations are provided for increasing the catchability of mid-water trawls for the Black Sea sprat fishery using various methods, including increasing the geometric dimensions of the trawl mouth and using double-spool trawls. Options for loading the bottom of the trawl to allow it to operate near the bottom, avoiding contact with the bottom, are also discussed. Increasing the mesh opening coefficient of trawl nets from 0.3 to 0.5 will reduce net material consumption per unit area by 1.5 times while significantly reducing specific hydrodynamic resistance. The use of a non-traditional cable system allows for better mesh opening. The paper also examines the advantages and disadvantages of purse seine fishing. It is shown that at shallow depths and in sparsely populated fish stocks, purse seines do not provide the necessary fishing area. It is recommended to use casting seines, which can provide an order of magnitude larger fishing area than purse seines. The use of open-type traps (set seines) and closed-type traps (venteri) in the Azov-Black Sea basin is classified as passive stationary fishing gear and is effective for fishing sparsely populated stocks, in which fish remain for most of the year.

Ключевые слова: трал, черноморский шпрот, устье трала, уловистость, закидной невод, ловушки.



Key words: trawl, Black Sea sprat, trawl mouth, catchability, cast net, traps.

Проблемы рационального рыболовства в Азово-Черноморском бассейне (экологические, экономические, технические) взаимосвязаны и давно требуют своего решения. Поиск путей по выходу из кризиса морского рыболовства в Чёрном море – важнейшая задача, стоящая перед рыбной отраслью страны и ее специалистами. Любое производство, в большей или меньшей степени, влияет на экологию «Специфика предприятий рыбной отрасли оказывает существенное влияние на состояние окружающей среды вследствие расходования природных ресурсов, образования отходов и загрязняющих веществ при производстве, утилизации готовой продукции при отклонении от рекомендованных условий хранения и транспортировки, потреблении энергии в производственных целях, что приводит к выбросам парниковых газов» [1]. Основой для решения многих экономических проблем может быть прежде всего снижение себестоимости добычи рыбы за счет повышения промысловой эффективности орудий лова. Как правило, увеличения уловов добывались увеличением геометрических размеров орудия лова. Однако, процесс облова рыбных скоплений многоэтапный. Каждый этап характеризуется своими особенностями поведения объекта и эффективностью его лова. Например, при работе пелагическим тралом на первом этапе лова главным является процесс наведения траловой системы на скопление (косяк), т.е. прицельность траления, которая зависит от совершенства используемой гидроакустической аппаратуры, параметров устья трала, глубины обитания стай, их подвижности, квалификации судоводителя и т.д. На втором этапе функцию начального захвата и концентрирования рыбы в зоне облова выполняют распорные доски с отходящими от них кабелями и гидрошлейфами. На третьем этапе функцию основного захвата рыбы выполняет канатная и крупноячейная оболочка передней части трала, функцию направления её в траловый мешок – сетная часть мотни. Эффективность каждого этапа процесса лова зависит от степени совершенства всех элементов траловой системы, с которыми контактирует рыба.

И все же, учитывая взаимосвязь экологических, экономических и «технических» проблем рыболовства в Азово-Черноморском бассейне, приоритетным направлением преодоления кризиса является в первую очередь решение технических проблем – наличие современного маломерного рыболовного флота и орудий лова» [2], наиболее эффективных в намеченном для промысла подрайоне.

В настоящее время примерно 65 % рыболовного флота, применяемая на бассейне, имеют возраст свыше тридцати лет, 13 % свыше 40 лет. В апреле 2025 года на рассмотрение правительства поступило предложение о запрете обслуживания в российских портах судов возрастом свыше 40 лет, поскольку использование устаревшего флота, в первую очередь, эксплуатируемого на внутренних водных путях, несет угрозу безопасности навигации и экологические риски. Окончательное вступление в силу этого решения должно произойти к началу 2030 году, если это произойдет, Азово-Черноморский бассейн останется вообще без рыбодобывающего флота. Как сообщает ВАРПЭ, Ассоциация рыбопромышленников Севастополя и Крыма направила в Минсельхоз РФ письмо, в котором обратила внимание на непроработанность данного запрета. Сообщается, что рыбодобывающие предприятия, ведущие промысел в Азово-Черноморском бассейне, не могут обновить флот ни по одной из программ, существующих в настоящее время. А низкие цены на рыбную продукцию, производимую в регионе (самые низкие в стране), не позволяют местным рыбакам купить новые суда. Обновление промыслового флота в Азово-Черноморском бассейне, проблема, преодоление которой без помощи государства, местным рыбодобывающим предприятиям не решить.

Наиболее продуктивным орудием промысла является трал. Из истории начала отечественного тралового промысла известно, что первый траулер появился в 1908 году, который успешно начал промысел в Северо-западной части Черного моря. В следующем году уже работали четыре судна, ещё через год – восемь траулеров. Северо-западный район Черного моря был местом нагула молоди осетровых пород рыб. Анализ уловов тралами показал, что они составляли 67 % осетра, 24 % севрюги, 8 % белуги и 1 % камбалы. Средний вес рыбы достигал 5,5 кг. Молоди ценных видов рыб за три года было выловлено 1010 тонн, что заметно сказалось на запасах осетровых



в этой части моря. Поэтому в 1911 году траловый лов в Черном море был запрещен и в промышленном масштабе не применялся до второй половины 70-х годов.

Экологические аспекты тралового лова вновь возникли с началом интенсивного промысла черноморского шпрота. Промышленный лов тралами шпрота в 80-х и 90-х годах не случайно совпал с периодом катастрофического сокращения запасов не только ценных пород рыб, но и нерыбных гидробионтов таких, как моллюски и филофора. Наряду с некоторыми природными факторами и загрязнением водной среды траловый промысел в течение последних десятилетий сыграл далеко не последнюю роль в нарушении баланса в водной экосистеме Черного моря. Донные траления практиковались до 1985 года.

Добыча (вылов) с использованием пелагических тралов осуществляется в отношении следующих промысловых видов черноморской рыбы: хамса, шпрот (килька), тюлька. Данные виды рыб не относятся к донным, а являются пелагическими, что полностью исключает использование при их добыче донных тралов.

Безусловно, траловые орудия лова не безупречны в экологическом отношении. Однако, запрет их нецелесообразен, т.к. тралам нет альтернативы на промысле шпрота.

В настоящее время шпрот – самый массовый объект лова, легко доступный для рыбаков. Запасы шпрота в отдельные годы могут достигать 1,5 млн. тонн. Годовой же вылов никогда не превышал 10 % от промысловой биомассы шпрота при допустимом изъятии до 44 %. Сезон его промысла продолжительный – не менее полугода (апрель– октябрь). В таблице 1 приведены данные [3] по уловам различных видов промысловых рыб за 2023 и 2024 гг.

Таблица 1

Улов различных объектов промысла в Чёрном море, т.

Период	Хамса	Шпрот	Барабуля	Ставрида	Кефали	Сарган
янв.-дек. 2024	11387	6621	311	143	92	10
янв.-дек. 2023	11559	11592	483	486	93	8

Согласно статистике, в 2024 г уловы снизились, по сравнению с 2023 годом, в среднем на 20 %. Однако, по результатам путины черноморского шпрота 2025 г., за аналогичный период прошлого года вылов черноморского шпрота составил 11,9 тыс.т. Безусловно, есть потребность в росте объемов добычи черноморского шпрота для производства разнообразной пищевой и кормовой продукции. Остаётся решить проблемы снижения отрицательного воздействия этого вида лова на водные экосистемы и повышения его промысловой эффективности.

Совершенствование тралов и максимальная их адаптация к условиям промысла черноморского шпрота должны преследовать следующие главные цели – минимальную площадь контакта трала с грунтом при максимальной производительности тралового лова. Проблема снижения контакта трала с грунтом решается за счет придонной конструкции, в которой более рационально используется оболочка передней части, а площадь нижней пласти на 50-60 % меньше по сравнению с пелагическим вариантом. В качестве загрузки нижней подборы должны применяться шаровидные грузила, например, разгерметизированные стальные бобинцы диаметром 300 мм, прикрепленные отдельно к подборе в количестве 4 -5 штук. Такая оснастка не позволит подборе приблизиться к грунту ближе, чем на величину диаметра грузила. При этом контакт трала с грунтом будет лишь в нескольких точках (по числу грузил). Попадание в трал донных гидробионтов будет исключено, значительно снизится вероятность аварийных случаев с тралом. Подобная оснастка была прошла испытания на промысле шпрота в Северо-западной части Черного моря в восьмидесятых годах и была рекомендована всем промысловым судам. Несмотря на то, что данная оснастка исключала попадание в трал филофоры, которая была в то время бичом для рыбаков (загрязняла улов и забивала сетную оболочку трала), промысловики тихо отвергли эту рекомендацию. Уловы шпрота без прилова осетровых и камбалы не всегда представляют интерес у рыбаков.

Повышение уловистости тралов приводит к снижению себестоимости добытой рыбы. Основой повышения уловистости тралов на промысле шпрота является изменение соотношения их геометрических характеристик, в первую очередь, увеличение горизонтального раскрытия. Эта идея не требует особых доказательств и вытекает



из результатов многолетних визуальных и приборных наблюдений за поведением объектов лова. Математическое ожидание улова, в единицу времени, по методике Ю.В. Кадильникова, оценивается следующим образом:

$$Q_T = p \cdot F_y \cdot V_T \cdot P \cdot \tau_T$$

где p – средняя плотность биомассы в облавливаемом пространстве, т/м³; V_T – скорость траления, м/с; P – вероятность полной уловистости траловой системы; F_y – площадь устья трала, м²

Производительность траловой системы прямо пропорциональна площади устья трала, которое приблизительно определяется как произведение горизонтального b_T и вертикального h_T раскрытия устья трала:

$$F_y = b_T \cdot h_T,$$

Вертикальное раскрытие устья трала зависит от длины (L_K) и расположения кабелей, количества и качества плава на верхней подборе трала, загрузки нижней подборы и массы грузов-углубителей. Горизонтальное раскрытие устья трала зависит от типа, площади и угла атаки траловых досок. Необоснованное увеличение любого параметра повлечёт за собой изменение геометрии и гидродинамики всей траловой системы. Найти же оптимальное техническое решение для воплощения идеи не так просто. Возникает ряд проблем, связанных с необходимостью сохранения некоторых других важных геометрических и гидродинамических параметров, таких, как оптимальная конусность (α_T) и продольные размеры оболочки (L_T), гидродинамическое сопротивление траловой системы и ограниченность располагаемых распорных сил.

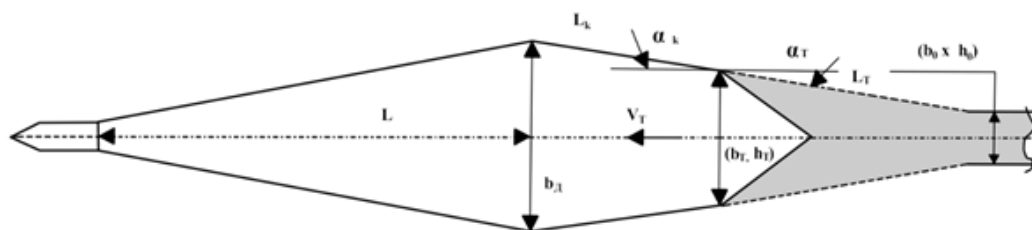


Рис. 1 Параметрическая схема траловой системы

Гидродинамическое сопротивление траловой системы, величина, которая тесно связано с тяговым усилием судна. Увеличение длины ваеров и кабельной оснастки, площади траловых досок, а также других параметров траловой системы, приведёт к возросшей нагрузке на траулер, буксирующий трал. Как было указано выше, рыболовный флот Азово-Черноморского бассейна, имеет преклонный возраст, а способность развивать необходимое тяговое усилие для буксировки трала с годами уменьшается. Поэтому важно обладать инструментом, позволяющим оперативно оценивать влияние изменяющихся параметров траловой системы на работу системы «судно-трал» в целом.

Располагаемая тяга судна определяется как разность между упором винта P_e , кН и сопротивлением корпуса судна R_k , кН. Упор винта в большей степени зависит от мощности, степени нагрузки энергетической установки судна, а сила сопротивления движению корпуса, в первую очередь, от скорости судна и множества других факторов.

На основе натурных испытаний судна пр. 1330 типа «Керчанин» (165 кВт), работающего в Азово-Черноморском бассейне, получена математическая модель для определения располагаемой тяги судна, в зависимости от мощности двигателя и скорости.

$$P_p = 0,677 \cdot Ne - 2,575 \cdot 10^{-3} \cdot Ne^2 - 0,3 \cdot V - 0,324 \cdot V^2 - 10,4 \quad (1)$$

где Ne – мощность, подаваемая на винт судна, кВт; V – скорость судна, узл. По модели (1) рассчитаны значения тяги судна при нагрузке на двигатель

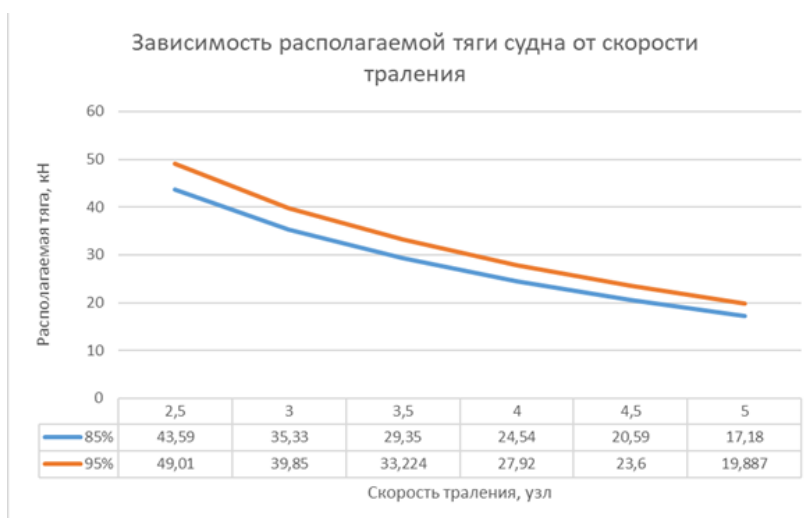


Рис. 2. Зависимость располагаемой тяги судна от скорости траления

Тралы, наиболее часто применяемые для промысла черноморского шпрота с судов рассматриваемого типа 25,2/115, 30,8/125, 31,8/175 м, агрегатное сопротивление траловой системы на разных скоростях траления, приведённые в технической документации на тралы, сведено в таблицу 2.

Таблица 2

Агрегатное сопротивление разноглубинных тралов

Тип трала	25,2/115		30,8/125		31,8/175	
Скорость траления, V_T , узл	2,9	3,5	3,0	3,5	3,0	3,5
Агрегатное сопротивление, кН	11,7	14,7	16,7	19,6	16,7	19,6

Оптимальная скорость траления при промысле черноморского шпрота находится в интервале от 2,9 до 3,5 узлов. Сравнивая значения располагаемой тяги на этих скоростях (рис.1) и агрегатные сопротивления тралов (табл.2), можно сделать вывод, что даже на относительной мощности двигателя 85 %, располагаемая тяга траулера превышает силу сопротивления траловой системы. Даже, на первый взгляд, имеется резерв, для увеличения линейных размеров трала, а именно размеров устья трала. Однако увеличение длины верхней подборы лимитируется, правилами рыболовства введено ограничение размера для черноморских пелагических тралов по верхней подборе — не более 38 метров. Ранее этот размер был равен 56 метрам.

К увеличению других параметров нужно подходить с осторожностью, чтобы не превысить суммарное агрегатное сопротивление траловой системы.

При проведении паспортизации малых рыболовных тралов были получены зависимости, учитывающие влияние параметров, которые наиболее часто изменяют при ведении промысла - длины ваеров L , м, скорости траления V_T , узл. и массы грузов углубителей M , кг. на агрегатное сопротивление траловой системы.

Для трала 25,2/115 зависимость имеет вид:

$$R_{25/115} = 0,00225 \cdot L + 7,6 \cdot V_T + 0,0206 \cdot M - 12,75 \quad (2)$$

Для трала 30,8/125:

$$R_{30,8/125} = 0,00355 \cdot L + 7,31 \cdot V_T + 0,046 \cdot M - 11,1 \quad (3)$$

Для трала 31,8/175:

$$R_{31,8/175} = 0,0015 \cdot L + 3,4 \cdot V_T + 0,028 \cdot M + 5,64 \quad (4)$$

Определим по зависимостям (2-4) агрегатное сопротивление тралов на скоростях траления 2,9 узла и 3, 5 узла. Горизонт хода трала зависит от длины вытравленных ваеров L и скорости судна. Промысел черноморского шпрота ведётся на глубинах до 100 м, в расчетах длина ваеров взята такая, которая позволяет вывести трал на горизонт хода 100 м, массу грузов углубителей также примем максимальной по 75 кг на каждую сторону трала. Расчёты по зависимостям (2-4) сведены в таблицу 3.



Таблица 3

Расчёт агрегатного сопротивления траловой системы, R, кН

Тип трала	25,2/115		30,8/125		31,8/175	
Параметры траления	$V_T=2,9$ узл $L=275$ м	$V_T=3,5$ узл $L=300$ м	$V_T=2,9$ узл $L=335$ м	$V_T=3,5$ узл $L=398$ м	$V_T=2,9$ узл $L=300$ м	$V_T=3,5$ узл $L=353$ м
R, кН	13,0	17,6	18,2	22,8	20,15	22,27

Сравнивая данные, приведённые в таблице 2 и расчетные данные таблицы 3, можно сделать вывод, что для практических целей, для оперативной оценки силами судового экипажа, влияния изменения скорости траления и длины вытравленных ваверов на величину агрегатного сопротивления траловой системы, можно пользоваться зависимостями (2-4). В таблице 3 расчетные значения гидродинамического сопротивления несколько превышают значения таблицы 2, так как для расчётного примера задавались максимальными параметрами траления, используемыми при промысле черноморского шпрота. Также, сравнивая полученные данные с данными по располагаемой тяге траулера, можно говорить о силовой совместимости компонентов системы «судно-трал».

Увеличение линейных размеров приведет не только к увеличению гидродинамического сопротивления трала, но и повлияет на другие характеристики. Конфигурация передней части трала предполагает оптимальные углы атаки ее оболочки (конусность) (ак, ат, рис.2) необходимые для эффективного облова рыбы. Оптимальная конусность должна соблюдаться и при изменении геометрических параметров устья трала. Таким образом, все размеры передней части трала взаимозависимы. Если есть необходимость увеличить, например, горизонтальное раскрытие трала, то при этом стоит пропорционально увеличить длину мотёной части трала, чтобы сохранить конусность. В связи с этим возрастают затраты материалов на изготовление оболочки и ее сопротивление при буксировке, последнее обстоятельство прямо связано с увеличением энергозатрат судна. В практике мирового рыболовства известен способ повышения производительности траловой ловли путем применения сдвоенных тралов. Этот способ позволяет увеличить горизонтальное раскрытие при меньшем гидродинамическом сопротивлении (на 25÷30 %) по сравнению с одинарным тралом с аналогичным раскрытием. Однако, несмотря на значительное повышение уловов (на 20-50 %), этот способ широкого распространения не получил из-за сложности выполнения промысловых операций и, в связи с чем, заметных затрат промыслового времени. Увеличения площади устья трала при сохранении энергозатрат на буксировку трала и традиционной технологии выполнения промысловых операций можно добиться применением двухмотенного трала с одним общим устьем. Двухмотенный трал имеет ряд положительных качеств: во-первых, сохраняется технология промысловых операций; во-вторых, при увеличенном горизонтальном раскрытии обеспечивается оптимальная конусность мотенной части, без увеличения продольных размеров оболочки; в-третьих, позволяет повысить разовые уловы без потери качества рыбы, т.к. улов распределяется по двум мешкам. Предлагаемая конструкция трала предполагает увеличение горизонтального раскрытия в 1,5 раза.

В результате краткого анализа факторов, влияющих на успешность, прибыльность и безопасность рыболовства в Азово-Черноморском бассейне, можно сделать вывод, для рационального решения проблем различного происхождения необходим комплексный подход: помощь государства по обеспечению Азово-Черноморского бассейна современным рыболовным флотом, использование положительного опыта рыболовства в бассейне по применению различных орудий промысла, наиболее эффективных для основных объектов промысла, использование современных достижений науки и техники в области рыболовства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимчук Е.Г., Глебова Е.В., Лаптева Е.П., Блинова А.А., Заяц Е.А. Разработка модели концепции устойчивого развития предприятий рыбной отрасли на основе систем менеджмента // Вестник КГМУ. – 2024. – № 1. С.147-158



2. Губанов Е. П., Панов Б. Н., Битютская О. Е. Основные направления устойчивого развития рыбной промышленности Азово-Черноморского бассейна // Рыбное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 66-69.

3. Федеральное агентство по рыболовству. Статистика и аналитика. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>

4. Серегин С. С., Судаков И.П. Современное состояние промысла в Азовском и Черном морях // Интерактивная наука. – 2022. – № 5(70). – С. 13-14.

5. Куманцов М.И., Кузнецова Е.Н., Лапшин О.М. Комплексный подход к организации рыболовства в Чёрном море // Труды ВНИРО. -2013.- том 150.- С. 91-99.

6. Балыкин П.А. Изменение видового состава Российских уловов в Чёрном и Азовском морях в XXI веке // Вопросы рыболовства. -2021.- том 22, №3. - С.51-60.

7. Рязанова Т.В. Повышение эффективности облова разреженных рыбных скоплений в пелагиали Азово-Черноморского бассейна // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК -продукты здорового питания. – 2021. - №2. - С.139-145.

8 Рязанова Т. В. Анализ силовой совместимости промыслового судна и рыболовного траля // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. Серия: Морские технологии. – 2023. – № 1. – С. 68-75.

9 Панов, Б. Н., Смирнов С.С., Спиридонова Е.О. Многолетние изменения океанографических факторов осенней миграции черноморской хамсы к берегам Крыма по данным с ИСЗ в 2000-2021 годах // Труды ВНИРО. – 2023. – Т. 192. – С. 152-161.

10 Пятинский М.М., Шляхов В.А., Шляхова О.В. Динамика запасов шпрота в Черном море и перспективы его освоения // Вопросы рыболовства. – 2020. – Т. 21. – № 4.- С. 396-410.

REFERENCES

1. Timchuk E.G., Glebova E.V., Lapteva E.P., Blinova A.L., Zayats E.A. Development of a model for the concept of sustainable development of enterprises in the fishing industry based on management systems // Bulletin of KGMTU. - 2024.- No. 1. pp. 147-158

2. Gubanov E.P., Panov B.N., Bityutskaya O.E. Main directions of sustainable development of the fishing industry of the Azov-Black Sea basin // Fisheries. - 2015. - No. 4. - pp. 66-69.

3. Federal Agency for Fisheries. Statistics and Analytics. - [Electronic resource]. - Access mode: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>

4. Seregin S. S., Sudakov I. P. Current state of fisheries in the Azov and Black Seas // Interactive science. – 2022. – No. 5(70). – pp. 13-14.

5. Kumantsov M. I., Kuznetsova E. N., Lapshin O. M. An integrated approach to organizing fisheries in the Black Sea // Proceedings of VNIRO. - 2013. - Vol. 150. - pp. 91-99.

6. Balykin P. A. Changes in the species composition of Russian catches in the Black and Azov Seas in the 21st century // Fishery Issues. - 2021. - Vol. 22, No. 3. - pp. 51-60.

7. Ryazanova T.V. Increasing the efficiency of fishing sparse fish aggregations in the pelagic zone of the Azov-Black Sea basin // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. - 2021. - No. 2. - pp. 139-145.

8 Ryazanova T.V. Analysis of the power compatibility of a fishing vessel and a fishing trawl // Bulletin of the Kerch State Marine Technological University. Series: Marine technologies. - 2023. - No. 1. - pp. 68-75.

9 Panov, B.N., Smirnov S.S., Spiridonova E.O. Long-term changes in oceanographic factors of the autumn migration of the Black Sea anchovy to the coast of Crimea according to satellite data in 2000-2021 // Proceedings of VNIRO. – 2023. – Vol. 192. – pp. 152-161.

10 Pyatinsky M.M., Shlyakhov V.A., Shlyakhova O.V. Dynamics of sprat stocks in the Black Sea and prospects for their development // Fishery Issues. – 2020. – Vol. 21. – No. 4.- pp. 396-410.



СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 633.16:330.13:613.63

DOI 10.24412/2311-6447-2025-4-187-192

Экотоксикологическая и экономическая оценка применения гербицидов на посевах ярового ячменя

Ecotoxicological and economic assessment of the use of herbicides in spring barley crops

Доцент Е.В. Пальчиков (ORCID 0000-0002-4992-703X), профессор Л.В. Бобрович (ORCID 0000-0002-6546-3036), доцент З.Н. Тарова (ORCID 0000-0002-3277-8496),
Мичуринский государственный аграрный университет, кафедра агрохимии, почвоведения и агроэкологии, тел. 8-960-661-54-78

evgeniy.palchikov.79@yandex.ru

доцент Н.В. Картечина,

Мичуринский государственный аграрный университет, кафедра математики, физики и информационных технологий, тел. 8-47545-3-88-15

ingfak@mgau.ru

профессор С.В. Соловьев (ORCID 0000-0003-4639-9478)

Мичуринский государственный аграрный университет, кафедра транспортно-технологических машин и основ конструирования, тел. 8-47545-3-88-15

sergsol6800@ya.ru

Associate Professor E.V. Palchikov, Professor L.V. Bobrovich, Associate Professor Z.N. Tarova,

Michurinsk State Agrarian University, chair of Agrochemistry, soil science and Agroecology, tel. 8-960-661-54-78

evgeniy.palchikov.79@yandex.ru

Associate Professor N.V. Kartechina,

Michurinsk State Agrarian University, chair of Mathematics, Physics and Information Technology, tel. 8-47545-3-88-15

ingfak@mgau.ru

Professor S.V. Solovyov

Michurinsk State Agrarian University, chair of Transport and Technological Machines and Design Fundamentals, tel. 8-47545-3-88-15

sergsol6800@ya.ru

Аннотация. Список гербицидов, разрешенных для применения в Российской Федерации, ежегодно уточняется специальной комиссией АПК. Из-за существенных недостатков они не получили широкого распространения вплоть до 40-х годов нашего столетия, когда были синтезированы органические соединения, характеризующиеся физиологической активностью и эффективностью при относительно небольших нормах расхода и материальных затратах. В России площади, обрабатываемые гербицидами, составляли почти треть пашни и многолетних насаждений. Гербициды стали неотъемлемой частью при использовании современных технологий, предусматривающих всестороннюю химизацию в условиях применения почвозащитных энергосберегающих технологий обработки почвы. В ряде стран практикуют внесение гербицидов вместе с оросительной водой – гербигация. В районах, подверженных эрозии, гербициды используют на паровых полях для сокращения количества обработок.

Abstract. The special Commission of the Agroindustrial Complex updates the list of herbicides approved for use in the Russian Federation annually. Due to significant disadvantages, they did not become widespread until the 40s of our century, when organic compounds were synthesized, characterized by physiological activity and efficiency at relatively low consumption rates and material costs. In Russia, the areas treated with



herbicides accounted for almost a third of arable land and perennial plantations. Herbicides have become an integral part of the use of modern technologies providing for comprehensive chemicalization in conditions of application of soil-protective energy-saving technologies of tillage. In a number of countries, herbicides are applied together with irrigation water – herbigation. In areas prone to erosion, herbicides are used in cultivated fields to reduce the number of treatments.

Ключевые слова: яровой ячмень, гербициды, урожайность, экономическая эффективность, экотоксикологическая оценка.

Keywords: spring barley, herbicides, yield, economic efficiency, ecotoxicological assessment.

Ячмень – одна из самых важных (после пшеницы), широко распространенных и высокоурожайных колосовых культур. Зерно ячменя – ценный концентрированный корм для животных, сырье для пивоварения и производство перловой и ячневой круп. Ячмень используют также для изготовления муки, суррогата кофе, солодового экстракта, который широко применяют в спиртовой, кондитерской и других отраслях легкой промышленности. Поэтому, наряду с кукурузой значительный удельный вес в балансе концентрированных кормов во многих районах имеет и ячмень. Кроме того, необходимо учесть, что ячмень имеет большое значение и для пищевой промышленности. Ячмень является лучшим сырьем для производства пива [3, 10].

Однако при химической борьбе с сорняками есть нерешенные проблемы – нежелательное накопление устойчивых сорняков, недостаточная селективность, отсутствие необходимых препаратов, длительная инактивация и отрицательное последствие гербицидов, загрязнение окружающей среды. Поэтому как в нашей стране, так и в мировом земледелии ведется работа по снижению гербицидной нагрузки и синтезу новых высокоэффективных гербицидов, активных в низких дозах внесения (5–25 г/га по сравнению с 1–10 кг/га и более). Наряду с этим в России вызывает тревогу резкое сокращение (более чем в 10 раз) производства и применения пестицидов, в том числе гербицидов, с 215 тыс. т в 1986–1990 гг. до 20–35 тыс. т в последующие годы.

По срокам применения гербицидов различают: предпосевное внесение в почву с заделкой культиваторами или боронами; послепосевное внесение в почву без заделки или с одновременной заделкой; довсходовое опрыскивание поля за несколько дней до появления всходов культурных растений; после всходов опрыскивание; послеуборочную обработку или периоды массового отрастания сорняков. Обработка посевов или почвы гербицидами может быть сплошной, рядковой, ленточной и очаговой. При сплошной обработке препарат равномерно распыливают по всей площади. Такую обработку используют на посевах всех культур и на полях, свободных от посевов.

Рядковую и ленточную обработки применяют на полях пропашных культур. Очаговое внесение гербицидов практикуют для уничтожения куртин карантинных и особо злостных сорняков. Для этого чаще всего используют гербициды сплошного действия. Необходимо учитывать, что время для довсходового внесения гербицидов ограничено несколькими днями – от посева до появления всходов культурных растений, а гербициды не могут быть заделаны в почву обработкой, поэтому следует использовать менее летучие препараты. Предпосевное и довсходовое внесение гербицидов весьма эффективно, так как препараты подавляют сорняки в самые ранние фазы развития культурных растений, когда они наиболее чувствительны к засоренности.

После всходов обработки гербицидами проводят с помощью опрыскивания. При после всходов внесении гербицидов особенно важно правильно установить сроки обработки и нормы расхода препаратов, чтобы не повредить культурные растения и уничтожить сорняки в раннем возрасте, когда они более чувствительны. В посевах пропашных культур практикуют после всходов направленное



опрыскивание, при котором гербициды с помощью специальных опрыскивателей вносят в рядки или только в междурядья. Перспективно применение гранулированных препаратов. Их вносят с помощью специальных машин на нужную глубину, а также в рядки или междурядья или рассеивают на поверхности поля. В форме гранул они действуют в почве более продолжительное время, медленнее разрушаются микроорганизмами.

Современные системы применения гербицидов позволяют: наиболее полно использовать севооборот; усилить действие систем обработки почвы и удобрения на сорняки как регулирующие факторы их обилия; использовать влияние каждого гербицида с учетом действия и последствия; сократить применение гербицидов за счет положительного взаимодействия всех элементов системы; заменить химические средства на нехимические [5].

Цель исследований провести экотоксикологическую и экономическую оценку применения гербицидов на посевах ярового ячменя.

В задачу исследований входит: проведение сравнительной оценки экотоксикологической опасности применения изучаемых гербицидов; по результату учёта структуры урожая рассчитать экономическую эффективность применения гербицидов на посевах ярового ячменя.

Исследования проводили на производственных посевах ячменя сорта Дворан в ООО «Черкизово-растениеводство» Гавриловского района Тамбовской области в 2023 гг. В опытах использовали гербициды хармони 75 % с.т.с. (10г/га), аврора 50 % в.д.г. (15г/га), гранстар 75 % с.т.с. (15г/га), логран 70 % в.д.г. (10г/га), линтур 70 % в.д.г. (130г/га), агригос 56 % в.к. (1000г/га). Нормы расход, оптимизированные с учетом многолетних опытов передовых хозяйств Тамбовской области. Гербициды применяли в фазе 2 - 3 листьев ранцевым опрыскивателем с нормой расхода воды 100л/га, повторность трехкратная. Изучаемые гербициды внесены в список разрешенных препаратов 2023 года [13].

Методика учетов и наблюдений общепринятая, расчет экономической эффективности по методике ВИЗР и ВНИИЗР. При оценке экотоксикологической опасности применения гербицидов была использована методика, разработанная Соколовым М.С. и Глазовской М.А.

Схема опыта: 1. Контроль (без обработки); 2. Хармони 75% с.т.с. 10 г/га + Аврора 50% в.д.г. 15г/га; 3. Гранстар 75% с.т.с. 15 г/га; 4. Логран 70% в.д.г 10 г/га; 5. Линтур 70% в.д.г. 130 г/га; 6. Агритокс 56% в.к. 1000 г/га

Общая площадь делянки – 150 м², учётная – 50 м².

Повторность опыта – трёхкратная, размещение делянок – систематическое. Сорт – Дворан. Предшественник – зернобобовые (горох). Агротехника проведения исследований была общепринятой для условий Тамбовской области. [1, 4, 8]

Высевали семена с показателями качества: всхожесть – 94 %, чистота – 98 %, масса 1000 семян – 43 гр.

Установлено, что за годы наблюдений средний уровень засоренности посевов ячменя сорта Дворан составил 283 шт/м². Среди сорняков преобладали из двудольных видов ромашка непахучая, звездчатка средняя, ярутка полевая, подмаренник цепкий, горцы и марь белая, из многолетних – осот желтый, бодяк полевой и хвощ полевой.

Таблица 1

Действие гербицидов и их смесей против основных видов сорняков на посевах ячменя

Вариант	Расход гербицидов, г/га	Число сорняков		Сырая масса сорняков	
		шт/м ²	% к контролю	г/м ²	% к контролю
Контроль	-	283	100	510	100
Хармони 75% с.т.с.+Аврора 50% в.д.г.	10/15	63	22,2	124	24,3
Гранстар 75% с.т.с.	15	59	20,8	127	24,9
Логран 70% в.д.г.	10	48	16,9	106	20,7
Линтур 70% в.д.г.	130	43	15,1	92	18,0
Агритокс 56% в.к.	1000	101	35,6	201	40,2



Изучаемые гербициды показали высокую биологическую эффективность, гибель сорняков в вариантах опыта составила 77,8-84,9 % массой 75,2-82 %. Это существенно выше, чем в варианте с профилирующим гербицидом агритоксом – соответственно 64,7-59,8 % (табл. 1).

Наиболее высокая эффективность, в том числе и против многолетних видов сорняков, отмечена в варианте с комбинированным препаратом линтур.

Проблема засоренности посевов сельскохозяйственных культур является главной в деле оптимизации фитосанитарного состояния агроценозов. В настоящее время, к сожалению, неоспоримым фактом является средняя и сильная степень засорения практически всех полей во всех регионах России. Особенно трудоемкой является борьба с многолетними сорняками. Установлено, что в различных зонах страны от 40 до 70 % общих потерь сельскохозяйственной продукции от сорных растений приходится на долю корнеотпрысковых. Пырей ползучий снижает урожай льнопродукции на 15-20 %, а при высокой засоренности – до 50 %, иногда и более. При существующем дефиците трудовых ресурсов в аграрном секторе и возрастающем спросе на продукты питания в зоне не обойтись без применения гербицидов в технологиях возделывания культур. Гербициды существенно снижают затраты труда и средства на борьбу с сорняками, способствуют повышению урожая сельскохозяйственных культур [11].

Применение гербицидов необходимо рассматривать как способ управления вредоносностью сорных растений в агроценозе. Поскольку гербициды являются биологически активными веществами небезразличными для агроценоза, то их применение требует жесткого постоянного экологического контроля. В настоящее время нет единого методологического подхода к оценке степени опасности гербицидов для агроценоза и окружающей среды. В наших исследованиях была использована методика, разработанная М.С. Соколовым и М.А. Глазовской. В основу этой методики положены двенадцать экотоксикологических и гигиенических показателей, в которой использованы такие основные показатели, как персистентность в почве, действие на почвенные ферментативные процессы и биоту, миграция, транслокация, реакция на инсоляцию, МДУ, ПДК, токсичность, летучесть и способность к кумуляции [11, 12].

Кроме высокой биологической эффективности, весьма важно, чтобы гербициды отвечали современным требованиям безопасности по отношению к природной среде [5, 7, 9].

Сравнительные расчеты экотоксикологической опасности показали (таб. 2), что однокомпонентные препараты (хармони, гранстар, логран, аврора) характеризуются низким уровнем токсичности, высоким коэффициентом избирательного действия и оказывают на почву экотоксикологическую нагрузку на 3 - 4 порядка меньше, чем комбинированный препарат линтур и профилирующий агритокс.

Кроме того, данные однокомпонентные препараты характеризуются и более высоким индексом условной устойчивости агроэкосистемы по сравнению с линтуром и агритоксом.

Таблица 2

Сравнительная оценка экотоксикологической опасности применения гербицидов

Название гербицида	Расход гербицида, г/га	LD ₅₀ мг/кг	Период полураспада в окружающей среде, месяц	Экологически-гектарная нагрузка	Коэфф. избир. Действия (КИД), тыс. ед.	Индекс условной устойчивости агроэкосистем
Аврора	15	5450	0,25	0,5	300,0	0,4
Хармони	10	5400	0,25	0,52	360,0	0,3
Гранстар	15	5600	0,25	0,5	373,3	0,29
Логран	10	5400	1	1,3	540,6	0,72
Линтур	130	1100	3	248,2	8,5	0,086
Агритокс	1000	980	3	171,0	0,98	0,002



Как известно, эффективность возделывания сельскохозяйственных культур оценивается качеством продукции и экономической эффективностью.

Урожайность и качество товарного зерна оказывают решающее влияние на экономическую эффективность возделываемой культуры. Экономическая эффективность производства ярового ячменя определяется потенциально возможной урожайностью в конкретных почвенно-климатических условиях, ценами на средства производства, закупочными ценами семян и СЗР.

Товаропроизводитель АПК должен четко представлять структуру затрат, чтобы определить прибыльность производства. Не менее важное значение имеет экстенсивность или интенсивность возделывания, ведь более высокая урожайность далеко не всегда обеспечивает максимальный чистый доход при всех прочих равных условиях.

Экономическая эффективность характеризуется выходом продукции с единицы площади в натуральном и стоимостном выражении, величиной затрат, чистым доходом, себестоимостью продукции.

Таблица 3

**Экономическая эффективность применения
изучаемых гербицидов на посевах ярового ячменя**

Вариант	Урожайность, ц/га	Производствен- ные затраты руб/га	Стоимость 1ц продук- ции, руб.	Выручка от реализации, руб/га	Прибыль руб/га	Уровень рентабель- ности, %
Контроль	26,8	12150	1000	26800	15650	128,8
Хармони +Аврора	30,0	12350	1000	30000	17650	142,9
Гранстар	30,3	12250	1000	30300	18150	148,2
Логран	30,6	12000	1000	30600	18600	155,0
Линтур	31,5	12300	1000	31500	19200	156,1
Агригтокс	29,1	12310	1000	29100	16790	136,4

Анализируя полученные данные табл. 3 можно сделать следующие выводы: наибольшая прибыль и уровень рентабельности были получены на вариантах опыта с применением гербицидов Логран и Линтур; урожайность ярового ячменя по вариантам опыта существенно превышало контроль; существенная разность урожайности и уровня рентабельности были получены между контролем (без внесения) и с применением таких препаратов как Логран и Линтур; наибольшая экономическая эффективность возделывания ярового ячменя достигается на варианте опыта с применением препаратов Логран и Линтур.

Таким образом опыты показали, что однокомпонтные препараты (хармони, гранстар, логран, аврора) характеризуются низким уровнем токсичности, высоким коэффициентом избирательного действия и оказывают на почву экотоксикологическую нагрузку на 3 - 4 порядка меньше, чем комбинированный препарат линтур и профилирующий агритокс. Сравнительные расчеты экотоксикологической опасности показали, что однокомпонтные препараты (хармони, гранстар, логран, аврора) характеризуются более высоким индексом условной устойчивости агроэкосистемы по сравнению с линтуром и агритоксом. Наибольшая гибель сорняков отмечена на варианте опыта с Линтуром (84,9 %), несколько меньше при обработке Лограном (83,1 %). При возделывании ярового ячменя получен более высокий уровень рентабельности после обработки препаратом Линтуром 156,1 %, наименьший на варианте опыта с Агритоксом – 136,4 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляков И.И. Технология выращивания ячменя. – М.: Агропромиздат, 1985. – 113 с.
2. Борин А.А. Гербициды в посевах зерновых // Земледелие – 2005 – №6 - С. 30-31.
3. Вавилов П.П. Растениеводство. – М.: Агропромиздат, 1989. – 689 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 2000. – 351 с.



5. Земледелие под ред. А.И. Пупониной, М, Колос, 2000 г, 563 с.
6. Земледелие под ред. С.А. Воробьева, М, Агропромиздат, 1991 г, 527 с.
7. Мельников Н.Н., Семенов В.Д., Галапова С.В. Гербициды – производные сульфонилмочевины на посевах ячменя // Земледелие – 2005 – № 3 с. 29-31.
8. Никитенко, Г.Ф. Опытное дело в полеводстве. – Москва: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.
9. Пальчиков Е.В., Бобрович Л.В., Заволока И.П., Шукин Р.А., Волков С.А., Мичуринск, 2021, Биологическая система земледелия. – 180 с.
10. Пальчиков Е.В., Рудковский Е.Д., Пищугин Е.Н., Ломакин Д.А., Эффективность применения гербицидов и их баковых смесей на посевах зерновых культур.: сб. Материалы всероссийской науч.-практ. конф. инновационные подходы к разработке технологий производства, хранения и переработки продукции растениеводческого кластера.: Мичуринск, 2020. с. 97-100.
11. Соколов М.С., Глазовская М.А. Методика составления схематических карт использования и условий детоксикации пестицидов // Методы и проблемы эколоксикологического моделирования и прогнозирования. – Пушкино, 1979. – с. 20.
12. Соколов М.С., Монастырский О.А., Пикушова Э.А. Экологизация защиты растений. – Пушкино, 1994. – с. 462.
13. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации // Приложение к журналу «Защита и карантин растений» – 2023 – 370 с.

REFERENCES

1. Belyakov I.I. Technology of Barley Cultivation. Moscow: Agropromizdat, 1985. - 113 p.
2. Borin A.A. Herbicides in Grain Crops // Agriculture – 2005 – No. 6 -pp. 30-31.
3. Vavilov P.P. Plant Growing. Moscow: Agropromizdat, 1989. 689 p.
4. Dospekhov B.A. Field Experiment Methodology. Moscow: Agropromizdat, 2000. 351 p.
5. Agriculture edited by A.I. Puponin, Moscow, Kolos, 2000, 563 p.
6. Agriculture edited by S.A. Vorobyova, M., Agropromizdat, 1991, 527 p.
7. Melnikov, N.N., Semenov, V.D., Galapova, S.V. Herbicides – sulfonylurea derivatives in barley crops // Zemledelie – 2005 – No. 3, pp. 29-31.
8. Nikitenko, G.F. Experimental work in field cultivation. – Moscow: Rosselkhozizdat, 1982. – 190 p.
9. Palchikov, E.V., Bobrovich, L.V., Zavoloka, I.P., Shchukin, R.A., Volkov, S.A., Michurinsk, 2021, Biological farming system. – 180 p.
10. Palchikov E.V., Rudkovsky E.D., Pishchugin E.N., Lomakin D.A., Efficiency of using herbicides and their tank mixtures on grain crops: Coll. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference. Innovative approaches to the development of technologies for the production, storage and processing of plant cluster products: Michurinsk, 2020. pp. 97-100.
11. Sokolov M.S., Glazovskaya M.A. Methodology for compiling schematic maps of the use and conditions of detoxification of pesticides // Methods and problems of ecotoxicological modeling and forecasting. - Pushchino, 1979. - p. 20.
12. Sokolov M.S., Monastyrsky O.A., Pikushova E.A. Greening of plant protection. – Pushchino, 1994. – p. 462.
13. List of pesticides and agrochemicals permitted for use in the Russian Federation // Supplement to the journal “Plant Protection and Quarantine” – 2023 – 370 p.



**Оценка кормовой ценности и адаптационного
потенциала сортов узколистного люпина
(*Lupinus angustifolius* L.) в условиях Кировской области**

**Evaluation of the forage value and adaptive potential
of narrow-leaf lupine (*Lupinus angustifolius* L.) varieties
in the Kirov region**

Доцент, к. с.-х. н. С.А. Емелев (ORCID 0000-0003-4178-051X),
Вятский государственный агротехнологический университет, кафедра агробиотехноло-
гии, ландшафтной архитектуры и пищевых производств, тел. +79539474157
emeleffsergej@yandex.ru
доцент, к. с.-х. н. Е.С. Лыбенко (ORCID 0000-0001-8853-1903)
Вятский государственный агротехнологический университет, кафедра почвоведения,
землеустройства и растениеводства, тел. +79091377981
elenalybenko@rambler.ru

Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences S.A. Emelev
(ORCID 0000-0003-4178-051X),

Vyatka State Agrotechnological University, Department of Agrobiotechnology, Landscape Ar-
chitecture and Food Production, tel.+79539474157
emeleffsergej@yandex.ru

Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences E.S. Lybenko
(ORCID 0000-0001-8853-1903)

Vyatka State Agrotechnological University, Department of Soil Science, Land Management
and Crop Production, tel. +79091377981
elenalybenko@rambler.ru

Аннотация. В условиях дефицита белковых кормов в Кировской области актуальной задачей яв-
ляется внедрение альтернативных источников растительного белка, адаптированных к местным агро-
климатическим условиям. В двухлетнем полевом эксперименте (2023 - 2024 гг.) проведена комплексная
оценка урожайности, химического состава и уровня алкалоидов у девяти сортов узколистного люпина
(*Lupinus angustifolius* L.). В качестве контроля использованы традиционные зернобобовые (горох посев-
ной и пелюшка). Установлено, что все изученные сорта люпина превосходят контрольные культуры по
содержанию сырого протеина (32,2 - 35,4 %) и жира (5,2 - 6,3 %). При этом уровень алкалоидов остается
безопасными (0,047-0,079 %). Наиболее стабильную урожайность на фоне экстремальных погодных усло-
вий продемонстрировали сорта Белозерный 110 (3,44 т/га) и Снежеть (3,17 т/га). Они сочетают высокую
адаптивную устойчивость, низкое содержание клетчатки ($\leq 13,8$ %) и минимальный уровень алкалоидов
(0,060 %). По совокупности адаптационных и кормовых качеств сорта распределены на три группы пер-
спективности. Выявлено, что люпин может стать ключевым компонентом региональной системы белко-
вого кормопроизводства и снизить зависимость животноводческих хозяйств от импортных белковых
добавок.

Abstract. In the context of protein feed deficiency in the Kirov region, the introduction of alternative
sources of plant protein adapted to local agroclimatic conditions is a pressing issue. A two-year field experi-
ment (2023 - 2024) was used to comprehensively assess the yield, chemical composition, and alkaloid levels
of nine varieties of narrow-leaf lupine (*Lupinus angustifolius* L.). Traditional grain legumes (pea and pea) were
used as a control. All studied lupine varieties were found to exceed the control crops in crude protein
(32,2 - 35,4 %) and fat (5,2 - 6,3 %) content. At the same time, the alkaloid level remains
safe (0,047 - 0,079 %). The most stable yields under extreme weather conditions were demonstrated by the
Belozerny 110 (3,44 t/ha) and Snezhets (3,17 t/ha) varieties. They combine high adaptive resistance, low fiber
content ($\leq 13,8$ %), and minimal alkaloid levels (0,060 %). Based on their adaptive and forage qualities, the



varieties are divided into three potential groups. It has been shown that lupine has the potential to become a key component of a regional protein feed production system and reduce livestock farms' dependence on imported protein supplements.

Ключевые слова: узколистый люпин, кормовая ценность, адаптационный потенциал, белковые корма, алкалоиды, Кировская область, урожайность, сырой протеин, клетчатка.

Keywords: narrow-leaved lupine, nutritional value, adaptation potential, protein feed, alkaloids, Kirov region, yield, crude protein, fiber.

В условиях устойчивого развития животноводства и растущих требований к качеству кормовой базы особое значение приобретает поиск и внедрение альтернативных источников белка растительного происхождения. Одним из перспективных кормовых культур выступает узколистый люпин (*Lupinus angustifolius* L.). Это растение обладает способностью к симбиотической фиксации атмосферного азота и может произрастать на различных почвах, в том числе и кислых. Люпин эффективно использует фосфор из труднодоступных соединений и представляет собой одну из немногих бобовых культур, потенциально пригодных для возделывания в условиях севера Нечерноземной зоны Российской Федерации.

Зерно узколистного люпина (характеризуется высоким содержанием сырого протеина – от 32 до 40 % в сухом веществе, что вполне сопоставимо с соевым шротом (44-48 %) [1, 2] и превышает уровень протеина в зерне гороха (20 - 25 %) [3]. При этом аминокислотный профиль люпинового белка отличается высокой долей лизина (до 2,2 - 2,6 % от сырого протеина), аргинина и гистидина [4], что является ценным при кормлении сельскохозяйственных животных в случае использования большого количества злаковых компонентов рациона. В то же время содержание метионина и цистеина в люпине ниже, чем в соевом шроте, поэтому требуется коррекция рациона при его включении в высоких дозах [5]. Помимо белка, зерно узколистного люпина содержит 6 - 10 % сырого жира, 10 - 15 % клетчатки (в основном в виде нерастворимых полисахаридов) и 2 - 4 % золы [6, 7].

Актуальность использования люпина в кормлении сельскохозяйственных животных обусловлена не только его питательной ценностью, но и наличием в составе биологически активных соединений, которые положительным образом влияют на животных [8, 9]. В то же время широкое внедрение люпина в кормовые рационы сдерживается рядом факторов, основным из которых является содержание антипитательных веществ (в первую очередь алкалоидов) [10].

Современные малоалкалоидные («сладкие») сорта люпина практически лишены токсичных свойств и могут использоваться в рационах жвачных, свиней и птицы без предварительной термической обработки.

Животноводство Кировской области включает в себя такие отрасли как молочное и мясное скотоводство, свиноводство и птицеводство [11, 12, 13].

По данным Министерства сельского хозяйства Кировской области, на долю молочного скотоводства приходится более 60 % валовой продукции животноводства. А по валовому надою молока Кировская область занимает третье место в Приволжском федеральном округе. При этом значительная часть хозяйств испытывает хронический дефицит качественных белковых кормов, что вынуждает их закупать такие компоненты, при этом себестоимость продукции повышается. В таких условиях особенно актуальной становится задача выращивания и производства собственных белковых кормов за счет внедрения сельскохозяйственных культур, устойчивых к местным агроклиматическим условиям.

Несмотря на очевидный потенциал люпина узколистного недостаточно изучена устойчивость различных сортов к агроклиматическим условиям северо-востока Нечерноземной зоны и их кормовая ценность с учетом региональных особенностей. В этой связи комплексная оценка адаптационного потенциала и питательных качеств



современных сортов *Lupinus angustifolius* L. приобретает не только научную, но и высокую практическую значимость.

Цель исследования оценить кормовую ценность и адаптационный потенциал современных сортов узколистного люпина в условиях Кировской области на основе комплексного анализа урожайности зерна и его химического состава.

Задачи исследования:

- определить урожайность зерна у изучаемых сортов узколистного люпина в условиях агроклиматической зоны Кировской области;
- провести сравнительный анализ содержания основных питательных веществ в зерне (сырого протеина, сырого жира и сырой клетчатки) у различных сортов культуры;
- оценить уровень содержания алкалоидов в зерне как ключевого показателя безопасности и пригодности люпина для использования в кормлении животных;
- выявить наиболее перспективные сорта с оптимальным сочетанием показателей для использования в условиях региона.

Полевой эксперимент закладывался в 2023 - 2024 гг. на опытном участке Агротехнопарка ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет» (Кировская область). Предшественником для изучаемых культур в оба года являлся яровой ячмень. Подготовка почвы к посеву учитывала особенности агроклиматических условий региона и включала комплекс агротехнических приемов: ранневесеннее боронование, культивацию и комбинированную обработку почвы.

Опытные делянки размещали по систематической схеме. Посев проводили сплошным рядовым способом с междурядным интервалом 15 см. Все агротехнические мероприятия и учетные наблюдения осуществляли в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями [7, 8]. Срок посева – вторая декада мая в оба года. Учетная площадь каждой делянки составила 4,5 м². Для обеспечения статистической достоверности результатов опыт был заложен в четырехкратной повторности.

В качестве контрольных культур использовали горох посевной (*Pisum sativum* L.) сорта Указ и пелюшку (*Pisum arvense* L.) сорта Рябчик – наиболее распространенные зернобобовые культуры в Кировской области.

Семенной материал сортов узколистного люпина (*Lupinus angustifolius* L.) был предоставлен Всероссийским научно-исследовательским институтом люпина – филиалом ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» и выращен в Брянской области. Семена гороха и пелюшки получены с Фаленской селекционной станции и адаптированы к местным почвенно-климатическим условиям.

Посев осуществляли на глубину 6 см с использованием селекционной сеялки ССФК-7. Норма высева для всех изучаемых культур 1,3 млн всхожих семян на гектар. В качестве основного минерального удобрения применяли нитроаммофоску N30P30K30 кг д.в./га. Непосредственно перед посевом семена всех вариантов подвергали протравливанию инсектицидным протравителем Табу ВСК с целью защиты от вредителей в начальный период вегетации.

Определение биохимических показателей качества зерна (содержания сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки и золы) проводили в аккредитованной лаборатории ООО НПП «МЕДБИОТЕХ» (г. Киров) в соответствии с действующими стандартными методиками: сырой протеин по ГОСТ 13496.4-2019 (п. 8); сырой жир по ГОСТ 32905-2014; зола по ГОСТ 26226-95 (п. 1).

Содержание алкалоидов в семенах определяли в лаборатории физиологии растений ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В. Р. Вильямса» методом мокрой химии в соответствии с разделом 2.7 «Определение содержания алкалоидных семян люпина» стандарта ГОСТ 12043-88 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения подлинности».



Проведенное двухлетнее исследование позволило получить объективную оценку продуктивности и адаптационной устойчивости современных сортов узколистного люпина в условиях агроклиматически нестабильной Нечерноземной зоны. В 2023 году вегетационный период начался с аномально теплой и сухой погоды в мае. В этом месяце средняя температура превысила норму на 1,9 °С. Тем не менее, благоприятные условия для посева сложились после 10 мая. Однако июнь 2023 г. оказался неблагоприятным. Его средняя температура была ниже нормы на 2,0 °С, а осадков выпало всего 38 % от нормы. Для узколистного люпина это стало ограничивающим фактором. Июль принес избыток влаги (227 % от нормы). Август, напротив, был засушливым (всего 21 % нормы осадков), что затруднило налив семян, но обеспечило благоприятные условия для созревания и уборки.

В 2024 году май был аномально холодным. Средняя температура составила всего 7,5 °С (на 4,4 °С ниже нормы). На протяжении всего месяца отмечались заморозки (до -6 °С) и выпадение мокрого снега. Это привело к задержке всходов, подавлению роста и повышенной уязвимости молодых растений. Июнь характеризовался резкими температурными колебаниями. Жара до +33 °С в первой половине месяца сменилась резким похолоданием во второй декаде. Осадков выпало лишь 40 % от нормы. Июль 2024 г. был более умеренным, но с жарой до +35 °С и неравномерным распределением осадков, что также не способствовало полноценному наливу семян. Август, хотя и отличался близкой к норме температурой, завершился похолоданием с заморозками.

Несмотря на крайне сложные погодные условия, ряд сортов продемонстрировал стабильную продуктивность (табл. 1). Наиболее высокие показатели урожайности в 2023 г. показали сорта Кристалл (5,18 т/га) и Витязь (4,97 т/га). В 2024 г. (при очень благоприятных условиях вегетационного периода) лидирующие позиции заняли Белозерный 110 (2,52 т/га) и Снежеть (2,28 т/га). Сорт Кристалл сохранил более высокий уровень продуктивности чем контроль Указ и в 2024 г. (1,45 т/га). Его урожайность выше среднего по опыту (1,70 т/га) и достоверно превышает значение обоих контрольных вариантов. Средняя урожайность Кристалла за два года составила 3,32 т/га. Это один из лучших показателей среди всех изучаемых сортов.

Таблица 1

Урожайность зерна кондиционной влажности зернобобовых, т/га

Сорт	2023 г.			2024 г.			В среднем за 2023-2024 гг.		
	т/га	± к Указ	± к Рябчик	т/га	± к Указ	± к Рябчик	т/га	± к Указ	± к Рябчик
Указ (К 1)	3,85	0,00	1,00	1,21	0,00	0,03	2,53	0,00	0,52
Кристалл	5,18•	1,33	2,33	1,45•	0,25	0,28	3,32•	0,79	1,30
Витязь	4,97•	1,12	2,11	1,62•	0,41	0,45	3,29•	0,76	1,28
Брянский кормовой	4,36•	0,51	1,51	2,35•	1,15	1,18	3,35•	0,83	1,34
Белорозовый 144	3,04	-0,81	0,18	2,41•	1,21	1,24	2,73	0,20	0,71
Снежеть	4,05	0,20	1,20	2,28•	1,08	1,11	3,17•	0,64	1,15
Белозерный 110	4,36•	0,50	1,50	2,52•	1,32	1,35	3,44•	0,91	1,43
Узколистный 53	3,72	-0,13	0,87	2,13•	0,93	0,96	2,93•	0,40	0,91
Смена	2,85	-1,00	0,00	2,19•	0,98	1,02	2,52	-0,01	0,51
Рябчик (К 2)	2,85	-1,00	0,00	1,17	-0,03	0,00	2,01	-0,52	0,00
НСР ₀₅		0,42			0,17			0,30	
Средняя за год	4,12			1,70			2,91		

Примечание: отмечено достоверное превышение; • – уровень вероятности $P > 0,95$.

Сорт Белозерный 110 в среднем за два года продемонстрировал максимальную урожайность (3,44 т/га), что на 0,53 т/га выше, чем в среднем по опыту. Причем достоверное превышение контроля Указ отмечалось каждый год. Это говорит о стабильности показателя и свидетельствует о высокой адаптивной способности к



стрессовым условиям. Также стабильно показали себя сорта Снежеть (средняя урожайность 3,17 т/га), Витязь (3,29 т/га) и Брянский кормовой (3,35 т/га).

Контрольные варианты (горох Указ и пелюшка Рябчик) показали значительно меньшую устойчивость к неблагоприятным условиям. В целом за 2023 год урожайность гороха и пелюшки была выше, чем средняя урожайность зернобобовых культур по области (2,05 т/га), а в 2024 году ее показатель оказался ниже, чем в среднем по области (1,52 т/га). Урожайность гороха в 2023 г. составила 3,85 т/га, но в 2024 г. резко упала до 1,21 т/га. Пелюшка Рябчик в оба года имела более низкую урожайность (2,85 и 1,17 т/га соответственно).

В таблице 2 представлены данные по содержанию сырого протеина в зерне сортов зернобобовых культур.

Таблица 2

Содержание сырого протеина в зерне зернобобовых (абсолютно сухое вещество), %

Сорт	Содержание		
	2023	2024	в среднем за 2023-2024 гг.
Указ (К 1)	23,5	27,9	25,7
Кристалл	32,8	31,6	32,2
Витязь	34,2	35,9	35,1
Брянский кормовой	33,9	35,7	34,8
Белорозовый 144	34,5	34,4	34,5
Снежеть	34,8	35,8	35,3
Белозерный 110	33,6	33,8	33,7
Узколистый 53	35,7	35,0	35,4
Смена	36,2	34,4	35,3
Рябчик (К 2)	26,6	27,3	27,0

Сравнивая воздействие метеоусловий на накопление протеина в зерне люпина, можно отметить, что содержание сырого протеина в зерне большинства сортов оказалось достаточно стабильным. Это свидетельствует о том, что даже при неблагоприятных погодных условиях изучаемые генотипы узколистного люпина обладают выраженной способностью к сохранению метаболических процессов, связанных с синтезом белка. Например, сорт Белорозовый 144 имел одинаковый уровень протеина (34,5 и 34,4 %) в оба года, что указывает на его исключительную устойчивость к климатическим колебаниям. Аналогичная стабильность наблюдалась у сортов Снежеть (34,8 и 35,8 %), Белозерный 110 (33,6 и 33,8 %) и Узколистый 53 (35,7 и 35,0 %). Незначительное снижение уровня протеина в 2024 году продемонстрировали сорта Кристалл (на 1,2 процентных пункта) и Смена (на 1,8 процентных пункта), что может быть связано с их повышенной чувствительностью к стрессам.

Согласно ГОСТ Р 54632-2011, четыре сорта (Узколистый 53, Снежеть, Смена, Витязь) соответствуют 1-му классу по содержанию сырого протеина в среднем за два года (35,1 – 35,4 %). При этом сорт Узколистый 53 демонстрирует наибольшую стабильность и высокий уровень протеина в оба года (35,7 % в 2023 г., 35,0 % в 2024 г.), что делает его перспективным для использования в промышленном кормопроизводстве, особенно при необходимости обеспечения животных высококачественным белком. Сорта Кристалл, Витязь, Брянский кормовой, Белозерный 110 находятся на границе 1-го и 2-го классов (среднее 32,2 – 34,8 %), что позволяет рекомендовать их для широкого применения в рационах, где требуется баланс протеина и энергии, но не обязательно максимальная концентрация белка.

Сорта Брянский кормовой, Белозерный 110, Белорозовый 144 находятся на границе 1-го и 2-го классов (среднее 33,7-34,8 %). Такие сорта можно рекомендовать для широкого применения в рационах, где не требуется максимальная концентрация белка.

Сорта горохов Указ и Рябчик демонстрируют существенно более низкое содержание протеина (в среднем 25,7 % и 27,0 % соответственно) по сравнению с



люпинами. Их значения соответствуют 1-му классу ГОСТ Р 54630-2011 «Горох кормовой. Технические условия». Более высокое содержание протеина в люпинах по сравнению с горохом посевным и пелюшкой подтверждает их конкурентоспособность в плане протеинового потенциала.

Параллельно с изучением содержания сырого протеина нами был проведен анализ зольности зерна (табл. 3).

Таблица 3

Содержание сырой золы в зерне зернобобовых (абсолютно сухое вещество), %

Сорт	Содержание		
	2023	2024	в среднем за 2023-2024 гг.
Указ (К 1)	3,2	3,2	3,2
Кристалл	4,0	4,0	4,0
Витязь	4,0	4,0	4,0
Брянский кормовой	4,0	3,7	3,9
Белорозовый 144	4,0	3,6	3,8
Снежеть	4,0	3,8	3,9
Белозерный 110	4,1	3,9	4,0
Узколистый 53	4,1	3,9	4,0
Смена	4,0	3,8	3,9
Рябчик (К 2)	3,3	3,3	3,3

Содержание золы в зерне исследуемых сортов зернобобовых культур колеблется в диапазоне 3,2-4,1 % на абсолютно сухое вещество. Наиболее низкие значения зафиксированы у контрольных сортов: Указ (горох посевной) и Рябчик (пелюшка) (3,2 % и 3,3 % соответственно). Эти показатели соответствуют общепринятой норме для зернобобовых культур (3-4 %), а также указывают на соблюдение технологий уборки и очистки.

Большинство сортов люпина демонстрирует более высокие показатели зольности (в среднем 3,8 - 4,0 %). В 2023 году выделились сорта Белозерный 110 и Узколистый 53, у которых в 2023 году зольность достигала 4,1 %, что является максимальным значением в выборке. Однако уже в 2024 году этот показатель снизился до 3,9 %, что свидетельствует о влиянии погодных условий на минеральный состав зерна. Снижение зольности в 2024 году наблюдалось и у других сортов (Брянский кормовой, Белорозовый 144, Снежеть, Смена), что может быть связано с меньшей влажностью почвы в период уборки.

Более высокая зольность люпинов может свидетельствовать о более богатом минеральном профиле зерна, что особенно актуально при формировании сбалансированных рационов. Так сорта Кристалл, Витязь, Белозерный 110 и Узколистый 53, имеющие повышенную зольность (в среднем 4,0 %), могут быть рекомендованы для использования в рационах животных с повышенной потребностью в минеральных веществах (например, лактирующих коров, молодняка и ремонтного поголовья).

Тем не менее превышение зольности свыше 4,5 % часто рассматривается как признак загрязнения, что снижает качество корма. В нашем случае ни один из сортов не превысил этого порога, что говорит о хорошем качестве урожая и соблюдении агротехники.

ГОСТ Р 54632-2011 «Люпин кормовой. Технические условия» не устанавливает строгих ограничений по содержанию золы в зерне люпина. Однако в практике кормопроизводства принято считать, что оптимальная зольность для кормового люпина должна находиться в пределах 3,5 - 4,5 %. Все исследуемые сорта, включая контрольные, полностью соответствуют этому критерию.

В таблице 4 отражено содержание жира (в зерне натуральной влажности) и клетчатки (в абсолютно сухом веществе). Содержание жира в зерне исследуемых сортов зернобобовых варьирует от 1,0 % (Рябчик) до 6,3 % (Брянский кормовой) в



натуральной влажности. Наиболее низкие показатели зафиксированы у контрольных сортов гороха посевного Указ (1,6 %) и пелюшки Рябчик (1,2 %). Это соответствует общепринятой характеристике гороха как культуры с низким содержанием жира. Такие культуры могут быть рекомендованы для рационов, где требуется ограничение энергетической нагрузки.

Таблица 4

Содержание жира и клетчатки в зерне зернобобовых, %

Сорт	Содержание					
	жира (в зерне натуральной влажности)			клетчатки (абсолютно сухое вещество)		
	2023	2024	в среднем за 2023-2024 гг.	2023	2024	в среднем за 2023-2024 гг.
Указ (К 1)	1,3	1,9	1,6	7,4	7,4	7,4
Кристалл	5,0	5,9	5,5	15,7	14,8	15,3
Витязь	5,3	5,5	5,4	15,1	14,7	14,9
Брянский кормовой	5,3	6,3	5,8	14,3	15,5	14,9
Белорозовый 144	5,1	5,8	5,5	13,0	14,3	13,7
Снежить	5,8	6,1	6,0	13,9	13,1	13,5
Белозерный 110	5,3	5,9	5,6	13,3	14,2	13,8
Узколистный 53	5,0	6,0	5,5	15,6	13,9	14,8
Смена	4,6	5,8	5,2	16,5	14,8	15,7
Рябчик (К 2)	1,0	1,4	1,2	8,3	6,9	7,6

В то же время все сорта люпина демонстрируют значительно более высокое содержание жира (в среднем 5,2-6,3 %). Особенно высоким содержанием жира отличается сорт Брянский кормовой (5,8 %), а также сорт Снежить (6,0 %) в среднем за два года. Эти значения свидетельствуют о высокой энергетической плотности зерна и делают эти сорта перспективными для использования в рационах молодняка, лактирующих коров и производителей, где требуется повышенное энергообеспечение.

Анализ динамики содержания жира в зерне за два года (2023 - 2024 гг.) выявляет устойчивую тенденцию к увеличению его концентрации в 2024 году по сравнению с 2023 годом. Такая динамика может быть обусловлена рядом факторов, главным из которых являются метеорологические условия вегетационного периода 2024 года. Более высокие средние температуры в фазу налива зерна и оптимальная влагообеспеченность способствовали активизации липидного обмена и накоплению триглицеридов в эндосперме.

Стабильность содержания жира является важным критерием для практического использования сортов. Например, сорт Снежить демонстрирует минимальные колебания между годами – всего +0,3 п. п. Это свидетельствует о его генетической устойчивости к изменчивости внешних условий. Сорт Узколистный 53 показывает значительный рост накопления жира (с 5,0 % в 2023 году до 6,0 % в 2024 г.). Это может указывать на большую зависимость от погодных факторов, что требует дополнительного контроля при возделывании.

Клетчатка является важным показателем пищевой ценности корма. Высокое содержание клетчатки снижает переваримость корма, особенно у моногастричных животных (свиней, птицы), но играет положительную роль у жвачных, стимулируя рубцовое пищеварение и обеспечивая необходимый «наполнитель» рациона.

По данным таблицы, содержание клетчатки в абсолютно сухом веществе колеблется в диапазоне 6,9 - 16,5 %. Контрольные сорта горохов (Указ и Рябчик) характеризуются низкой клетчаткой (7,4 и 7,6 % в среднем соответственно).

Сорта люпина содержат значительно больше клетчатки (в среднем 13,5 - 15,7 %). Максимальное значение зафиксировано у сорта Смена (15,7 %), что указывает на его более грубую структуру и потенциально меньшую переваримость. При этом сорта Белозерный 110, Белорозовый 144 и Снежить демонстрируют относительно низкое содержание клетчатки (13,8, 13,7 % и 13,5 % соответственно). Это соответствует 2-му



классу по ГОСТ Р 54632-2011 и делает их наиболее предпочтительными для использования в рационах, требующих высокой усвояемости (например, в комбикормах для свиней или птицы).

Сорта Кристалл (15,3 %), Витязь (14,9 %), Брянский кормовой (14,9 %), Узколистый 53 (14,8 %) и Смена (15,7 %) находятся на границе или выше нормативов 3-го класса. Это указывает на то, что зерно этих сортов обладает более грубой структурой и потенциально меньшей переваримостью, особенно для моногастричных животных. Их целесообразно использовать в рационах жвачных, где клетчатка играет положительную роль, стимулируя рубцовое пищеварение, или смешивать с компонентами с низким содержанием клетчатки.

В 2024 году наблюдалось снижение содержания клетчатки у большинства сортов по сравнению с 2023 годом. Например, у сорта Кристалл клетчатка снизилась с 15,7 % до 14,8 %, у Смены – с 16,5 % до 14,8 %. Это может быть связано с изменением условий вегетации. Созревание семян прошло в более благоприятном температурно-влажностном режиме, который способствовал формированию более мягкой клеточной стенки.

Содержание алкалоидов является одним из наиболее критических показателей качества кормового люпина, определяющим его безопасность для животных (табл. 5). Проведенный анализ за 2023-2024 годы показывает, что все исследуемые сорта узколистного люпина характеризуются низким содержанием алкалоидов (ниже нормативов 1-го класса по ГОСТ Р 54632-2011). Максимальное значение, зафиксированное за два года, составило 0,103 % у сорта Смена в 2024 году, что все еще находится в пределах допустимых значений для 1-го класса. Среднее содержание алкалоидов по всем сортам колеблется в диапазоне 0,0475-0,079 %.

Таблица 5

Содержание алкалоидов в зерне сортов люпина узколистного, %

Сорт	Содержание		
	2023	2024	в среднем за 2023-2024 гг.
Кристалл	0,053	0,042	0,047
Витязь	0,058	0,076	0,067
Брянский кормовой	0,076	0,082	0,079
Белорозовый 144	0,068	0,068	0,068
Снежить	0,062	0,059	0,060
Белозерный 110	0,057	0,063	0,060
Узколистый 53	0,064	0,072	0,068
Смена	0,055	0,103	0,079

Наиболее низкое содержание алкалоидов демонстрирует сорт Кристалл (в среднем 0,047 %), что делает его одним из самых безопасных сортов для использования в кормовых рационах. Другие сорта (Белорозовый 144, Снежить, Белозерный 110) также имеют очень низкий уровень алкалоидов (в среднем 0,06 – 0,068 %), что также соответствует показателям безопасности.

Сорт Смена выделяется наибольшей вариабельностью. В 2023 году содержание алкалоидов у него составило 0,055 %, а в 2024 году – 0,103 %. Это увеличение, хотя и не превышает норматив 1-го класса, требует внимательного мониторинга, поскольку указывает на потенциальную нестабильность данного сорта в условиях изменяющейся внешней среды. Причиной увеличения содержания вторичных метаболитов, вероятно, явились стрессовые факторы в критические фазы развития (цветение, формирование семян).

Для выявления наиболее перспективных сортов узколистного люпина с оптимальным сочетанием адаптационных и кормовых качеств для условий Кировской области был проведен комплексный анализ данных. Учитывая агроклиматическую нестабильность региона и высокую потребность в местных белковых кормах,



приоритетными критериями оценки являлись: 1) стабильная урожайность на фоне экстремальных погодных условий; 2) высокое и стабильное содержание сырого протеина (≥ 34 %); 3) низкий уровень алкалоидов ($\leq 0,07$ %); 4) умеренное содержание клетчатки (≤ 14 %).

Все изученные сорта узколистного люпина целесообразно объединить в три группы по степени перспективности и сбалансированности адаптационных и кормовых качеств:

Группа I. Наиболее перспективные сорта.

Они отличаются высокой и стабильной урожайностью ($\geq 3,17$ т/га), хорошим сочетанием протеина ($\geq 33,7$ %), низким уровнем алкалоидов ($\leq 0,060$ %) и умеренным количеством клетчатки ($\leq 13,8$ %). Сюда можно отнести сорта Белозерный 110 и Снежеть. Они оптимально сочетают продуктивность, безопасность и высокую переваримость. Их можно рекомендовать для широкого внедрения в кормопроизводство, включая рационы моногастричных животных.

Группа II. Перспективные сорта с ограничениями.

К ней можно отнести сорта Брянский кормовой, Витязь, Кристалл и Узколистный 53. Они характеризуются высокой урожайностью (3,29 - 3,35 т/га) и содержанием протеина (34,8 - 35,1 %) и безопасным уровнем алкалоидов (0,067 - 0,079 %). Однако у них отмечается повышенное содержание клетчатки (14,8 - 15,3 %), что ограничивает их применение у свиней и птицы, но делает целесообразными для использования в рационах молочного и мясного скота. Кристалл выделяется минимальным содержанием алкалоидов и может применяться при повышенных требованиях к безопасности.

Группа III. Условно перспективные.

В этой группе оказались Белорозовый 144 и Смена. Несмотря на высокое содержание протеина (до 36,2 %), они уступают лидерам по урожайности (2,52-2,73 т/га) или обладают нестабильными показателями. У сорта Смена отмечена значительная вариабельность по алкалоидам (до 0,103 % в 2024 г.). Их применение возможно в специализированных рационах или при условии дополнительного контроля качества.

Таким образом, сорта Белозерный 110 и Снежеть наиболее полно отвечают требованиям, предъявляемым к кормовой культуре в условиях северо-востока Нечерноземной зоны РФ. Первый обеспечивает максимальную продуктивность и адаптивную устойчивость, второй – наилучшую переваримость и высокое качество белка. Сорт Брянский кормовой также заслуживает внимания как надежный компонент кормовой базы для жвачных. Эти три сорта могут стать основой для формирования региональной системы белкового кормопроизводства и способствовать снижению зависимости хозяйств Кировской области от импортных и завозных белковых компонентов.

Установлено, что по совокупности питательных показателей узколистный люпин (*Lupinus angustifolius* L.) значительно превосходит горох посевной и пелюшку. Содержание сырого протеина в зерне люпина в среднем за два года составило 32,2 - 35,4 %, что на 23 - 31 % выше, чем у контрольных культур (25,7 - 27,0 %). Кроме того, люпин характеризуется более высоким содержанием сырого жира (5,2 - 6,3 %), что обеспечивает повышенную энергетическую ценность корма и делает его особенно ценным в рационах с высокими требованиями к энергонасыщенности. В условиях экстремальных погодных колебаний 2023-2024 гг., включавших засухи, заморозки и резкие температурные перепады, сорта Белозерный 110 и Снежеть продемонстрировали стабильную урожайность (соответственно 3,44 и 3,17 т/га в среднем за два года). У них отмечены минимальные колебания содержания протеина и клетчатки, а также низкий уровень алкалоидов (0,060 %). Эти характеристики свидетельствуют о высокой адаптационной пластичности данных генотипов и позволяют рекомендовать их для широкого внедрения в кормопроизводство региона. Сорта Брянский кормовой, Витязь, Кристалл и Узколистный 53 обладают высокой урожайностью (3,29 - 3,35 т/га), содержанием протеина на уровне 1-го



класса (34,8 - 35,4 %) и безопасным уровнем алкалоидов (0,047-0,079 %). Однако повышенное содержание клетчатки (14,8 - 15,3 %) ограничивает их применение у свиней и птицы, но делает перспективными для кормления жвачных животных. Полученные результаты подтверждают, что узколистный люпин может стать ключевым компонентом локальной кормовой базы в условиях северо-востока Нечерноземной зоны РФ. Он обладает способностью к симбиотической азотфиксации, устойчив к кислым почвам и характеризуется высокой кормовой ценностью. Внедрение сортов люпина узколистного позволит снизить зависимость животноводческих хозяйств от завозных белковых добавок и повысить экономическую устойчивость производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернолата А., Горбачук Т. Кормовая ценность протеина сои // *Zootehnie și Biotehnologii agricole*. – 2018. – Т. 52. – С. 319-324.
2. Dozier W. A., Hess J. B., El-Shemy H. Soybean meal quality and analytical techniques // *Soybean and nutrition*. – 2011. – pp. 111-124.
3. Daba S. D., Morris C. F. Pea proteins: Variation, composition, genetics, and functional properties // *Cereal Chemistry*. – 2022. – V. 99. – №. 1. – pp. 8-20.
4. Petterson D. S. The use of lupins in feeding systems-review // *Asian-Australasian journal of animal sciences*. – 2000. – V. 13. – №. 6. – pp. 861-882.
5. Książkiewicz M., Nelson M. N., Wyrwa K., Szczepaniak A., Jasiński K., Naganowska B. Retrotransposon-based molecular markers for linkage map construction in white lupin (*Lupinus albus* L.). – *Plant Breeding*. – 2011. – V. 130, № 3. – pp. 328-333. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2010.01832.
6. Агафонова С. В., Рыков А. И. Химический состав семян растений *Lupinus angustifolius* L. и *Lupinus albus* L. Калининградской области // *Химия растительного сырья*. – 2021. – №. 3. – С. 135-142.
7. Novikova A. A., Kostyshena E. A., Anisimova A. V. Chemical composition of seeds of plants *Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus albus* L. of the Kaliningrad region. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2021. – V. 918. – pp. 012015. DOI: 10.1088/1755-1315/918/1/012015.
8. Яковлева С. Ф., Мотина Е. А., Яковлев А. Н. Использование люпина в составе комбикормов // *Актуальная биотехнология*. – 2023. – №. 3. – С. 36.
9. Lemus-Conejo A., Rivero-Pino F., Montserrat-de la Paz S., Millán-Linares M. C. Nutritional composition and biological activity of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) seeds // *Food Chemistry*. – 2023. – V. 420. –pp. 136104.
10. Vishnyakova M. A., Kushnareva A. V., Shelenga T. V., Egorova G. P. Narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.): alkaloids, domestication, breeding and prospects of use // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding* – 2020. – V. 24, № 8. – pp. 829-835. DOI: 10.18699/VJGB-20656.
11. Кузякина А. И. Состояние и развитие животноводства в Кировской области // *Зоотехническая наука в условиях современных вызовов : сб. трудов III науч.-практ.конф. с междунар. уч.* – Киров: Вятский государственный агротехнологический университет, 2021. – С. 107-110.
12. Черникова А.А., Никонова Н.В. Стратегический анализ макросреды отрасли сельского хозяйства Кировской области // *Проблемы и перспективы социально-экономического развития на макро- и микроуровне: сб.науч. трудов Междунар.науч.-практ. конф.* – Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – С. 173-177.
13. Давыдова Ю.В. Анализ основных тенденций и прогнозирование развития молочного скотоводства в Кировской области // *Московский экономический журнал*. – 2019. – № 4. – С. 30. – DOI 10.24411/2413-046X-2019-14028.



REFERENCES

1. Chornolata L., Gorbachuk T. Feed value of soybean protein // *Zootehnie și Biotehnologii agricole*. – 2018. – Vol. 52. – pp. 319-324.
2. Dozier W. A., Hess J. B., El-Shemy H. Soybean meal quality and analytical techniques // *Soybean and nutrition*. – 2011. – pp. 111-124.
3. Daba S. D., Morris C. F. Pea proteins: Variation, composition, genetics, and functional properties // *Cereal Chemistry*. – 2022. – Vol. 99. – No. 1. – pp. 8-20.
4. Petterson D. S. The use of lupins in feeding systems-review // *Asian-Australasian journal of animal sciences*. – 2000. – V. 13. – No. 6. – pp. 861-882.
5. Książkiewicz M., Nelson M. N., Wyrwa K., Szczepaniak A., Jasiński K., Naganowska B. Retrotransposon-based molecular markers for linkage map construction in white lupine (*Lupinus albus* L.). – *Plant Breeding*. – 2011. – V. 130, No. 3. – pp. 328-333. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2010.01832.
6. Agafonova S. V., Rykov A. I. Chemical composition of seeds of *Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus albus* L. plants of the Kaliningrad region // *Chemistry of plant raw materials*. – 2021. – No. 3. – pp. 135-142.
7. Novikova A. A., Kostyshena E. A., Anisimova A. V. Chemical composition of seeds of plants *Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus albus* L. of the Kaliningrad region. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2021. – V. 918. – pp. 012015. DOI: 10.1088/1755-1315/918/1/012015.
8. Yakovleva S. F., Motina E. A., Yakovlev A. N. Use of lupine in compound feed // *Actual biotechnology*. – 2023. – No. 3. – pp. 36.
9. Lemus-Conejo A., Rivero-Pino F., Montserrat-de la Paz S., Millán-Linares M. C. Nutritional composition and biological activity of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) seeds // *Food Chemistry*. – 2023. – V. 420. – pp. 136104.
10. Vishnyakova M. A., Kushnareva A. V., Shelenga T. V., Egorova G. P. Narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.): alkaloids, domestication, breeding and prospects of use // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding* – 2020. – V. 24, No. 8. – pp. 829-835. DOI: 10.18699/VJGB-20656.
11. Kuzyakina L. I. State and development of animal husbandry in the Kirov region // *Zootechnical science in the context of modern challenges: collection of works of the III scientific and practical conference with the international. uch.*. – Kirov: Vyatka State Agro-technological University, 2021. – pp. 107-110.
12. Chernikova A.A., Nikonova N.V. Strategic analysis of the macroenvironment of the agricultural sector of the Kirov region // *Problems and prospects of socio-economic development at the macro- and microlevel: collected scientific papers of the Intern. scientific and practical conf.* – Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2016. – pp. 173-177.
13. Davydova Yu.V. Analysis of the main trends and forecasting the development of dairy cattle farming in the Kirov region // *Moscow Economic Journal*. – 2019. – No. 4. – pp. 30. – DOI 10.24411/2413-046X-2019-14028.



Эффективность использования анионных солей в кормлении сухостойных коров

Efficiency of using anionic salts in feeding dry cows

Доцент, к.б.н. М.С. Дурсенев (ORCID 0000-0002-8205-5042), аспирант М.А. Тронин (ORCID 0009-0003-9173-3065), магистр В.С. Губань
Вятский государственный агротехнологический университет, кафедра разведения, кормления и частной зоотехнии, тел.+79536738047
maks.xitman@mail.ru

Docent, Candidate of Biological Sciences M.S. Dursenev (ORCID 0000-0002-8205-5042), Postgraduate student M.A. Tronin (ORCID 0009-0003-9173-3065), Master V.S. Guban

Vyatka State the University of Agrotechnology, chair of Breeding, Feeding and Private Animal Husbandry, phone +79536738047, maks.xitman@mail.ru

Аннотация. В условиях современного молочного животноводства обеспечить здоровье животных и ежегодное получение молодняка от всех коров невозможно без использования анионных солей в период сухостоя. Уровень анионных солей в рационе коров в период позднего сухостоя отличается по сезонам года и корректируется в зависимости от уровня их Ph мочи. Выявлены достоверные различия по дозировке анионных солей на голову в сутки во все сезоны года. В целом по количеству послеродовых осложнений, лёгкости отёла, дополнительно полученной прибыли, а также экономии затрат на лечение послеродовых заболеваний лучшие результаты получены в летний период, когда уровень дачи анионных солей был одним из наименьших, на 2 месте весенний период, 3-е место - осенний период, и на 4-м месте - зимний период с наибольшим количеством дачи анионных солей в расчете на один отёл.

Abstract. In modern dairy farming, it is impossible to ensure animal health and annual production of calves from all cows without using anionic salts during the dry period. The level of anionic salts in the diet of cows during the late dry period varies by season and is adjusted based on the pH level of their urine. Significant differences were found in the dosage of anionic salts per head per day in all seasons. In general, the best results were obtained in the summer period, when the level of anionic salt intake was one of the lowest, followed by the spring period, the autumn period, and the winter period, which had the highest level of anionic salt intake per calving.

Ключевые слова: анионные соли, эффективность, сухостойный период, послеродовые заболевания, прибыль, молочный скот.

Key words: anionic salts, efficiency, dry period, postpartum diseases, profit, dairy cattle.

В современных условиях развития животноводства поставлена задача не только продовольственной безопасности, но и роста производства всех видов животноводческой продукции к 2030 году на 25%. Выполнение данных задач возможно обеспечить только за счёт грамотного использования имеющегося поголовья животных, ежегодного получения здорового молодняка от каждой коровы, не допуская срыва лактации и снижения производственных показателей. Добиться данных показателей на крупных скотоводческих комплексах возможно благодаря включению в рационы сухостойных коров кислых анионных солей.

Цель исследований изучить влияние анионных солей «МегаЛайф Кисол» в рационах коров позднего сухостоя в различные сезоны года на лёгкость и результативность отёлов, а также возникновение послеродовых осложнений.



Исследования проведены на базе ООО «Калужская Нива» животноводческий комплекс «Болдасовка». Объектом исследования выступали высокопродуктивные коровы голштинской породы в период позднего сухостоя (с 248 дня стельности до отёла). Содержание коров в группах позднего сухостоя беспривязное, количество коров в группах не более 250 голов. В зависимости от уровня рН мочи коровы каждой секции получали различную дозировку анионных солей в составе кормосмеси. Контроль уровня рН мочи проводится 1 раз в неделю. Анализ уровня кислотности мочи проводили электронным рН-метром марки HI 98128 рНер 5, перед началом работы прибор калибровали посредством калибровочных буферных растворов. Пробы отбирали не менее чем у 5 % от общего количества животных в группе. Общим показателем являлось среднее арифметическое от всех измеренных образцов. Все животные получали корма с анионными солями в соответствии с расчетными рационами в различные сезоны года.

При оценке необходимости использования анионных солей использовали следующие целевые показатели (табл.1).

Таблица 1

Целевые значения применения анионных солей

Реакция	Показатель рН-мочи	NSBA (ммоль/л)	Концентрация Са в моче (ммоль/л)
Слишком щелочная (слишком много калия или слишком мало кислой соли)	> 7,8	> 50	< 7
Оптимальная	6,2-7,8	от -50 до +50	7-15
Слишком кислая (слишком много кислой соли или ацидоз рубца или недостаток энергии в рационе)	< 6,2	< -50	> 15

Примечание: NSBA - нетто кислотно-щелочная экскреция.

По протоколам «ЭкоНивы» оптимальным значением при использовании анионных солей считается рН-мочи 6,0 - 6,5.

В процессе проведения исследований придерживались следующего подхода при включении анионных солей в рационы: расчетное количество по программе расчета рационов составляло 300 г на голову в сутки во все сезоны года. При повышенных и пониженных показателях рН мочи дозировка солей корректировалась на определённую величину согласно данных таблицы 2.

Таблица 2

Изменение дозировки анионных солей при разных уровнях рН мочи

Уровень рН мочи	Уровень корректировки, г
5,4	-30
5,5-5,6	-20
5,7	-10
6,3	+10
6,4-6,5	+20
6,6	+30

Результаты исследований. Уровень включения анионных солей в рационы сухостойных коров в зависимости от уровня рН мочи в разрезе сезонов года представлены в таблице 3.

Выявлены достоверные различия по дозировке анионных солей на голову в сутки во все сезоны года. Это связано с тем, что питательность сочных кормов из разных траншей во все периоды года разная, а уровень рН мочи в разные недели и месяцы не соответствовал норме, поэтому и была проведена корректировка по количеству анионных солей.



Таблица 3

Средний уровень анионных солей по сезонам года

Сезон года	Месяц	Средняя дозировка анионных солей, г/гол/сутки	Средний уровень pH мочи
Зима 2024	декабрь	255±7,07	5,94±0,20
	январь	258±2,50	6,02±0,09
	февраль	274±7,81	6,32±0,37
В среднем в зимний период		262±5,89 ууххх**	262±5,89 ууххх**
Весна 2024	март	293±4,94	6,22±0,2
	апрель	322±4,78	6,22±0,08
	май	311±13,82	5,93±0,23
В среднем за весенний период		308±8,45***	308±8,45***
Лето 2024	июнь	300±5,06	6,08±0,24
	июль	299±4,58	6,04±0,09
	август	295±8,16	5,89±1,34
В среднем за летний период		298±1,33***	298±1,33***
Осень 2024	сентябрь	219±5,56	5,83±0,16
	октябрь	200±5,00	6,18±0,02
	ноябрь	210±4,50	6,00±0,12
В среднем за осенний период		210±5,48	210±5,48

Примечание: у- $P<0,05$, уу - $P<0,01$, ууу - $P<0,001$ в сравнении с сезоном «Весна 2024»; х - $P<0,05$, хх - $P<0,01$, ххх - $P<0,001$ в сравнении с сезоном «Лето 2024»; * - $P<0,05$, ** - $P<0,01$, *** $P<0,001$ в сравнении с сезоном «Осень 2024».

Следует отметить, что фактически использованное количество анионных солей в разные месяцы года не соответствует базовому значению т.к. дозировку мы подбирали, опираясь на уровень pH мочи в позднем сухостое. Уровень pH мочи в идеале должен соответствовать норме 5,8 - 6,2. Если уровень pH мочи ниже 5,8, то значит, что в организме коровы происходит метаболическое закисление и ацидоз рубца, соответственно это свидетельствует о том, что дозировка анионных солей слишком большая и ее нужно уменьшить на 10 - 30 г, в зависимости от значения уровня pH. Если же уровень pH мочи выше 6,2 это свидетельствует о том, что дозировка анионных солей недостаточная, соли не оказывают действия и их количество необходимо увеличить на 10 - 30 г. При таком уровне запас кальция в организме коровы не происходит, соответственно после отела возникает большая вероятность проявления такого заболевания как родильный парез, который может привести к летальному исходу, а также возникновению различных заболеваний.

Во вторую фазу сухостойного периода потребность коров в кальции (он участвует в синтезе молозива и молока) существенно возрастает. Если после отела животное не получает кальций в достаточном количестве, организм использует кальций, содержащийся в плазме крови, или мобилизует его из костей. В этом случае у коров может развиваться послеродовой парез, известный также как клиническая гипокальциемия, а также такие заболевания как задержание последа, кетоз, метрит, смещение сычуга.

Определив дачу анионных солей на голову в сутки и показатель pH мочи коров во время сухостойного периода, рассмотрим какие заболевания возникли у коров после отела за год (табл. 4).

У коров после отела наиболее часто встречаются такие заболевания, как: метрит - 13 % случаев, задержание последа - 9 % случаев, разрыв вульвы - 6 % случаев. Наименьшее количество случаев составляют такие заболевания, как: кетоз - 3 % случаев, родильный парез и ацидоз составили по 1 % случаев, смещение сычуга составило 2 % случаев. Количество взятых проб на определение уровня pH мочи за год составило 14 %.



Таблица 4

Показатели по заболеваниям коров после отела за год

Показатель	Всего, гол	Зима 2024	Весна 2024	Лето 2024	Осень 2024
Количество отелов, гол	7449	1760	1862	1971	1856
Задержание послета, гол	680	139	175	238	128
Родильный парез, гол	103	28	21	26	28
Кетоз, гол	239	5	89	119	26
Метрит, гол	1002	173	212	422	195
Ацидоз, гол	76	22	10	32	12
Смещение сычуга, гол	118	20	16	52	30
Разрыв вульвы, гол	483	129	65	119	170

Исходя из данных таблицы, следует сделать вывод, что метрит является частым заболеванием среди остальных, а также количество задержания послетов и разрыв вульвы составляют достаточно большой %, по сравнению с остальными заболеваниями. Это можно связать с тем, что за год, уровень pH мочи не всегда соответствовал норме в определенные недели и месяца. Также причина может быть в не всегда правильном принятии отела.

Степень трудности отела исследуемых коров, получавших кислые соли, оценивали по 5-ти бальной шкале (табл.5).

Таблица 5

Степени тяжести отела

Степень тяжести отела	Характеристика
1	Легко, помощь не потребовалась
2	Потребовалась помощь одного человека без использования механических вспомогательных средств
3	Потребовалась помощь 2-ух человек или применение механических вспомогательных средств
4	Ветеринарная помощь без хирургического вмешательства (неправильное предлежание плода, любые манипуляции в полости матки с изменением положения теленка, перекручивание матки)
5	Операция (кесарево сечение, фетотомия-рассечение плода)

Оценка отелов и количества мертворожденных телят по сезонам года представлена в таблице 6.

Таблица 6

Показатели степени тяжести отела и количество мертворожденных телят за год

Показатель	Всего, гол	Зима 2024	Весна 2024	Лето 2024	Осень 2024
Количество отелов, гол	7449	1760	1862	1971	1856
1 степень тяжести отела, гол	7010	1662	1742	1831	1775
2 степень тяжести отела, гол	228	55	62	75	36
3 степень тяжести отела, гол	90	18	25	38	14
4 степень тяжести отела, гол	61	16	23	9	13
5 степень тяжести отела, гол	55	9	10	18	18
Выход живых телят, гол	7354	1742	1840	1941	1831
Количество мертворожденных телят, гол	95	18	22	30	25

Исходя из данных таблицы следует отметить, что наибольшее количество отелов приходится на летний сезон и составляет 26 %, что на 1 % больше, чем в весенний период, на 2 % больше, чем в зимний период, и на 1 % больше, чем осенний период. Также в летний период 1 степень тяжести отела составляет 26 %, по сравнению с зимним периодом больше на 2 %, а весенним и осенним периодом больше на 1 %.



Количество голов с 5 степенью тяжести отела в летний и осенний период одинаковое и составляет по 33 %, что на 15 % больше, чем в весенний период, и на 17 % больше, чем в зимний период. Выход живых телят в летний период составляет 26 %, что на 1 % больше, чем в весенний период, на 2 % больше, чем в зимний период и на 1 % больше, чем в осенний период. Количество мертворожденных телят в летний период составило 32 %, что на 9 % больше, чем в весенний период, на 13 % больше, чем в зимний период и на 6 % больше, чем, в осенний период.

Из 7449 отелившихся голов у 94 % голов отел за год происходил легко, помощь не требовалась, а у 0,7 % голов наблюдалась 5 степень тяжести отела. Выход живых телят за год составил 99 %, а количество мертворожденных составило 1 %. Такие показатели можно связать с тем, что сухостойные коровы содержались в хороших условиях, принятие отела соответствовало всем необходимым требованиям, кормление было сбалансированное и качество работы специалистов на высоком уровне.

Исходя из полученных данных, рассчитана экономическая эффективность использования кислых солей по сезонам года (табл. 7).

Таблица 7

Экономическая эффективность использования анионных солей

Показатель	Зима 2024	Весна 2024	Лето 2024	Осень 2024
Количество отелов, гол	1760	1862	1971	1856
Общее количество заболеваний и осложнений после отёла	516	588	1008	589
Затраты на лечение заболеваний и осложнений после отёлов, тыс.руб.	464,4	529,2	907,2	530,1
Выход живых телят:				
- голов	1742	1840	1941	1831
- %	99,0	98,8	98,5	98,7
Количество мертворожденных телят, гол	18	22	30	25
Себестоимость (затраты) на одного телёнка, руб.	5368	5485	5497	5561
Стоимость одного телёнка, руб.	10285	10296	10380	10362
Прибыль от 1 телёнка, руб.	4917	4811	4883	4801
Прибыль от всех полученных телят, тыс.руб.	8565,4	8852,2	9477,9	8790,6
Количество потраченных анионных солей за период, кг	9482	9481	9802	9157
Потрачено солей на 1 отел, кг	5,38	5,09	4,97	4,93
Стоимость 1 кг анионных солей, руб.	113,8	114,1	114,6	114,6
Дополнительная прибыль от получения телят, тыс.руб.	0	+286,8	+912,5	+225,2
Экономия затрат на лечение заболеваний и осложнений после отёла, тыс.руб.	+442,8	+378,0	0	+377,1

Наибольшее количество потраченных анионных солей на один отёл приходится на зимний период и составляет 5,38 кг. Но несмотря на выход живых телят, прибыли от всех полученных телят получили мало, но 442,8 тыс.руб. сэкономили на затратах на лечение заболеваний после отела.

В весенний период количество потраченных анионных солей составляет 5,09 кг на один отёл, а выход количество живых телят составляет 98,8 %. Прибыль от всех полученных телят составила 8852,2 тыс. рублей, а экономия затрат на лечение заболеваний после отела 378 тыс.руб.

Количество потраченных анионных солей на один отёл в летний период составляет 4,97 кг, что является одним из наименьших среди остальных сезонов, как и выход живых телят. Но несмотря на то, что прибыль от всех полученных телят составила 9477,9 тыс. руб, что по сравнению с другими сезонами является наибольшей, экономии затрат на лечение заболеваний после отела не установлено.



В осенний период количество потраченных анионных солей на один отёл составляет наименьшее число по сравнению с другими сезонами года, но при этом выход живых телят составляет не самый наименьший процент 98,7, как и прибыль от всех полученных телят 8790,6 тыс.руб. Экономия затрат на лечение заболеваний после отела за осенний период достаточно хорошая и составляет 377,1 тыс.руб.

В целом по количеству послеродовых осложнений, лёгкости отёла, дополнительно полученной прибыли, а также экономии затрат на лечение послеродовых заболеваний лучшие результаты получены в летний период, когда уровень дачи анионных солей был одним из наименьших, на 2 месте весенний период, 3-е место - осенний период, и на 4-м месте - зимний период с наибольшим количеством дачи анионных солей в расчете на один отёл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахова Н.И., Самбуров Н.В. Эффективность введения анионных солей в рацион сухостойных коров // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2022. - № 3. - С. 96-101.
2. Герцева К.А., Дубов Д.В., Кадыров А.В., Киселева Е.В., Ситчихина А.В. Эффективность кормовой добавки "кауфит драй плюс" при профилактике внутренних незаразных болезней у коров в послеродовой период // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2020. - № 1 (45). - С. 21-27.
3. Гордейко А.В., Воронов Д.В. Обмен ионизированного кальция и изменение рН мочи у коров в транзитный период при использовании анионных солей // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. - 2023. - № 26-2. - С. 222-229.
4. Дектерева Е.С. Использование анионных солей в рационах сухостойных коров. В сборнике: Научные труды студентов Ижевской ГСХА. сборник статей. - Ижевск, 2024. - С. 437-441.
5. Дурсенев М.С., Баюнова Н.А., Овсянников Ю.С. Эффективность использования покрытия кормового стола "Луг Здоровья" // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2024. - Т. 54. - № 5. - С. 89-97.
6. Дурсенев М.С., Тронин М.А., Филатов А.В., Сапожников А.Ф. Использование кормовой добавки ЭнергоЛакт-О для коров после отела // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2025. - Т. 55. № 7 (320). - С. 79-85.
7. Епифанов В.Г. Применение анионных солей в кормлении сухостойных коров молочного направления продуктивности // Кормопроизводство. - 2021. - № 10. - С. 38-41.
8. Рыболовская В.В., Мошкина С.В. Анионные соли в рационе коров как профилактика гипокальциемии. В сборнике: Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. Материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции. В IV томах. - п. Молодежный, 2022. - С. 138-143.
9. Синицина Ю.С., Газдиев О.М., Шмаренкова Ю.С. Применение анионных солей в кормлении сухостойных коров.: Проблемы биотехнологии, селекции, кормления и кормопроизводства современного животноводства. Сб. статей по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию Национальной академии наук Беларуси. - Жодино, 2023. - С. 223-225.
10. Турейко К.А., Мошкина С.В. Анионные соли в рационе коров как профилактика гипокальциемии.: Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства. материалы IV Междунар. науч.-практ. конф.: в 7 т. - Макеевка, 2021. - С. 214-218.
11. Ясафова А.Д. Влияние разных дозировок анионных солей в рационах стельных сухостойных коров на их последующую молочную продуктивность



//Зоотехнический вестник Пермского института ФСИН России.- 2024.- № 3 (4).- С. 110-121.

REFERENCES

1. Astakhova N.I., Samburov N.V. The Effectiveness of Introducing Anionic Salts into the Diet of Dry Cows//Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2022. - No. 3. - pp. 96-101.
2. Gertseva K.A., Dubov D.V., Kadyrov A.V., Kiseleva E.V., Sitchikikhina A.V. The Effectiveness of the Feed Supplement "Caufit Dry Plus" in the Prevention of Internal Non-Contagious Diseases in Cows during the Postpartum Period // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. - 2020. - No. 1 (45). - pp. 21-27.
3. Gordeiko A.V., Voronov D.V. Exchange of ionized calcium and change in urine pH in cows during the transit period when using anionic salts // Actual problems of intensive development of animal husbandry. - 2023. - No. 26-2. - pp. 222-229.
4. Dektereva E.S. The use of anionic salts in the diets of dry cows. In the collection: Scientific works of students of the Izhevsk State Agricultural Academy. Collection of articles. Izhevsk, - 2024. - pp. 437-441.
5. Dursenev M.S., Bayunova N.A., Ovsyannikov Yu.S. The effectiveness of using the "Lug Zdorovya" feed table cover// Siberian Bulletin of Agricultural Science. - 2024. - Vol. 54. - No. 5. - pp. 89-97.
6. Dursenev M.S., Tronin M.A., Filatov A.V., Sapozhnikov A.F. Use of the Feed Supplement EnergoLakt-O for Cows After Calving // Siberian Bulletin of Agricultural Science.- 2025. - V. 55. - No. 7 (320).- pp. 79-85.
7. Epifanov V.G. Application of anionic salts in feeding dry cows of dairy productivity // Fodder production. - 2021. - No. 10.- pp. 38-41.
8. Rybolovskaya V.V., Moshkina S.V. Anionic salts in the diet of cows as a preventive measure against hypocalcemia. In the collection: Scientific Research of Students in Solving Current Problems of the Agro-Industrial Complex. Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference. In IV volumes. p. Molodezhny, 2022. - pp. 138-143.
9. Sinitsina Yu.S., Gazdiev O.M., Shmarenkova Yu.S. Application of anionic salts in feeding dry cows. In the collection: Problems of biotechnology, selection, feeding and fodder production of modern animal husbandry. Collection of articles based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the National Academy of Sciences of Belarus. Zhodino, - 2023. - pp. 223-225.
10. Tureiko K.A., Moshkina S.V. Anionic salts in the diet of cows as a preventive measure against hypocalcemia. In the collection: Priority vectors of industrial and agricultural development. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference: in 7 volumes. Makeyevka, - 2021. - pp. - 214-218.
11. Yasafova A.D. The effect of different dosages of anionic salts in the diets of pregnant dry cows on their subsequent milk productivity //Zootechnical Bulletin of the Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia. - 2024. - No. 3 (4). - pp. 110-121.



**Влияние интенсивности роста молодняка
на последующую молочную продуктивность
и воспроизводительные качества коров**

**The effect of heifer growth rate on subsequent
dairy productivity and reproductive qualities of cows**

Доцент, к.с.-х.н. Р.В. Падерина,
Вятский государственный агротехнологический университет, кафедра разведения,
кормления и частной зоотехнии, тел. 8(8332)57-43-91
paderinar@mail.ru
доцент, к.с.-х.н. А.В. Ковров
Вятский государственный агротехнологический университет, кафедра разведения,
кормления и частной зоотехнии, тел. 8(8332)57-43-91
lesha123-123@mail.ru

Associate Professor, PhD in Agricultural Sciences R.V. Paderina,
Vyatka State Agrotechnological University, chair of Breeding, Feeding, and Specialized Animal Science, tel. 8(8332)57-43-91
paderinar@mail.ru
Associate Professor, PhD in Agricultural Sciences A.V. Kovrov
Vyatka State Agrotechnological University, chair of Breeding, Feeding, and Specialized Animal Science, tel. 8(8332)57-43-91
lesha123-123@mail.ru

Аннотация. Проведены исследования по изучению влияния среднесуточных приростов на разных стадиях развития на молочную продуктивность, воспроизводительную способность и выбытие животных. Установлен оптимальный уровень среднесуточных приростов, позволяющих наиболее полно реализовать генетический потенциал и сократить выбытие животных на ранних этапах их использования.

Abstract. Studies have been conducted to study the effect of average daily gains at different stages of development on dairy productivity, reproductive capacity, and animal disposal. The optimal level of average daily increments has been established, allowing the fullest realization of the genetic potential and reducing the disposal of animals at the early stages of their use.

Ключевые слова: возраст, живая масса, среднесуточный прирост, индекс осеменения, продуктивность, удой.

Keywords: age, body weight, average daily gain, insemination index, productivity, milk yield.

Изучению динамики роста молодняка молочных пород и ее влиянию на последующую продуктивность как в отечественной, так и зарубежной литературе уделено много внимания, так как правильно спланированный рост телок является одним из основных факторов, влияющих на их будущие молочные и воспроизводительные качества, на возможность осеменения в более раннем возрасте [1, 3, 4].

В частности, Holstein Association USA являющаяся основным законодателем стандартов для голштинской породы молочного скота рекомендует высокие приросты (800 г и более) на всех этапах выращивания телок, что обеспечит целевую массу при первом отеле 615 кг и более. Отмечается прямая связь между живой массой



нетелей и последующей продуктивностью. Также согласно рекомендаций DLG (немецкое сельскохозяйственное общество) среднесуточные приросты телок голштинской породы при планируемом возрасте первого отела 24 месяца должны составлять 800 г (до 12 месяцев – 850 г, после от 700 до 750 г) [2, 6, 8, 10].

В ряде исследований отмечается, что при выращивании молодняка следует добиваться высокого уровня кормления, а следовательно, и высоких приростов, что позволит с меньшими затратами кормов получить в дальнейшем высокопродуктивных коров. С другой стороны, имеются исследования, показывающие, что выращивание телок на повышенных нормах кормления может отрицательно сказаться на развитии молочных желез, а следовательно, будущей молочной продуктивности, повышается вероятность ожирения, что приводит к гормональному дисбалансу и нарушению функций воспроизводства в дальнейшем, повышается риск заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ [7, 9, 12].

В настоящее время в молочном скотоводстве племенная работа селекционеров нацелена на увеличение продуктивного долголетия. В научной литературе приводятся многочисленные данные, посвященные поиску путей решения данной проблемы. Предлагаемые способы неоднозначны и требуют постоянной корректировки. Одним из таких способов является технология выращивания молодняка. Она должна способствовать максимальному проявлению наследственных обусловленной интенсивности роста и развития, обеспечить основы высокой продуктивности на протяжении длительного периода использования, что, в свою очередь, способствует повышению эффективности молочного скотоводства [5, 11].

Цель исследования – определение оптимального среднесуточного прироста телочек в разные возрастные периоды для увеличения продуктивного долголетия. Исследование проведено в племязаводе по разведению крупного рогатого скота голштинской породы в Кировской области с поголовьем коров более 700 голов. Средний удой за 2024 год около 9700 кг, МДЖ – 3,95 %, МДБ – 3,33 %.

Объектом исследования явились телочки 2023 года рождения (241 гол.).

Изучались показатели роста (живая масса при рождении, в возрасте 6, 10, 12. мес., при 1 осеменении), развития (возраст первого и первого плодотворного осеменений, возраст 1 отела), продуктивности (удой по 1, 2 лактациям, максимальный, средний), воспроизводительной способности (сервис период и индекс осеменения в 1 лактацию) и причины выбытия животного.

Анализируемые данные обработаны биометрически с использованием EXCEL.

В работе приняты следующие обозначения: В1Ос – возраст 1 осеменения, В1пОс – возраст 1 плодотворного осеменения, В1От – возраст 1 отела, С/п – среднесуточный прирост, ИО – индекс осеменения.

Для определения оптимального варианта развития телочек животных группировали в зависимости от величины среднесуточного прироста в разные возрастные периоды.

Изначально анализ проводился с учетом интенсивности роста в период от рождения до 6-месячного возраста. При лимите данного показателя 107-1129 г все телочки были поделены на группы с интервалом в 100 г: 1 группа – до 800 г, 2 группа – 801-899 г, 3 группа – 901-999 г, 4 группа – 1000-1099 г.

Самыми многочисленными оказались 2 и 3 группы со среднесуточными приростами 800-999 г (табл.1).

Изучение показателей живой массы и скороспелости телочек разных групп показало, что при живой массе при рождении в 1 группе 38 кг, во 2 и 3 – 36, в 4 – 33 кг, росли и развивались телочки в группах по-разному. К моменту 1 осеменения живая масса животных 3,4 групп была достоверно ($P > 0,99$) выше на 11-28 кг, в сравнении с аналогичными показателями коров 1 и 2 группы. При этом первый отел во всех группах проходил примерно в одинаковом возрасте – 23,3-24 мес., при



незначительных и недостоверных межгрупповых различия. Следует отметить, что период от первого и первого плодотворного осеменения по группам колебался от 0,4 до 1,2 мес. и во 2 группе он оказался минимальным.

Таблица 1

Динамика живой массы скороспелости телочек в связи с интенсивностью роста в период 0-6 мес.

Группы	С/п,г	n	Живая масса				Возраст		
			в возрасте, мес.			при 1 осем.	В1Ос	В1пОс	В1От
			6	10	12				
1	740	40	173±2	288±3	351±4	413±5	14,2±0,1	14,9±0,3	24,0±0,3
2	853	91	191±1	305±3	366±3	420±3	13,7±0,1	14,3±0,1	23,3±0,2
3	953	89	210±1	321±3	380±3	431±3**	13,7±0,1	14,3±0,2	23,3±0,2
4	1045	21	224±2	337±8	395±9	440±4**	13,4±0,2	14,6±0,5	23,7±0,5

Примечание: в данной и других таблицах: * - $P > 0,95$, ** - $P > 0,99$, *** - $P > 0,999$

На момент исследования основная масса животных закончила по 2 лактации.

Сравнительный анализ данных удоя в связи с интенсивностью выращивания в этот период (табл.2) позволил сделать следующий вывод: при среднем удое по 1 лактации 8340 кг межгрупповые различия были незначительны (не более 115 кг в пользу коров 4 группы) и недостоверны.

Таблица 2

Продуктивность коров в связи с интенсивностью их роста в период 0-6 мес.

Группы	Удой, кг			
	1 лактация	2 лактация	максимальный	средний
1	8328±223	10344±274	9978±276	9122±216
2	8350±151	10520±224	10036±201	9176±156
3	8311±157	10290±235	9819±212	9026±170
4	8426±256	9663±679	9805±422	8936±402

По данным за 2 лактацию, максимального и среднего удоев превосходство коров 2 группы составило 175 - 856 кг (1,7-8,8 %), 54-240 кг (0,6 - 2,3 %) и 54 - 240 кг (0,6-2,7 %), соответственно. Худшие показатели выявлены у животных 4 группы. выявленные различия недостоверны. Однако, следует отметить, что коровы 2 группы показали лучшую способность к раздоя, увеличив удоем по 2 лактации на 26 % (24 %- в 1 и 3, и 13 % - в 4 гр.).

Высокая продуктивность коров 2 группы негативно отразилась на воспроизводительной способности коров. Длительность сервис периода и индекс осеменения у них выше в сравнении с коровами других групп ($P < 0,95$).

Таблица 3

Воспроизводительная способность и выбытие коров в связи с интенсивностью их роста в период 0-6 мес.

Группы	n	Сервис-период, дн.	ИО	Выбыло, гол.		
				всего	из них	
					по причине нарушения обмена веществ	до 1 лактации
1	40	111±12	2,4±0,2	9	8	3
2	91	130±12	2,6±0,2	27	12	1
3	89	106±8	2,2±0,2	31	14	6
4	21	107±14	2,4±0,3	7	5	1



На момент исследования 30 % коров во 2 группе выбыло: это больше, чем в 1, но меньше, чем в 3 и 4. анализ причин выбытия показал, что животные выбывали, в основном, по причине нарушения обмена веществ. Процент таких животных в 1 группе составил 88, во 2 – 44; 3 – 45 и в 4 – 71 %. Однако, важно отметить, что во 2 группе меньше всего выбыло до 1 лактации. Следовательно, они дольше остаются в стаде и лактируют.

Аналогичный анализ был проведен в отношении интенсивности роста телочек в период от 6 до 10 мес. (табл. 4). При диапазоне среднесуточного прироста, достигших 1451 г добавилась еще одна группа с градацией среднесуточного прироста 1100 и более.

Полученные результаты позволили выявить четкую закономерность: начиная с 10 месячного возраста между животными смежных групп наблюдаются различия (достовверные в большинстве случаев) по живой массе в пользу телочек с большими показателями среднесуточного прироста. Однако, несмотря на это, телочки практически всех групп отелились впервые примерно в одном и том же возрасте 23,1 - 23,5 мес. Исключением явились коровы 1 группы, их отел проходил в возрасте 24,3 мес., однако различие с другими группами не достоверны.

Таблица 4

**Динамика живой массы скороспелости телочек
в связи с интенсивностью роста в период 6-10 мес.**

Группы	С/п, г	n	Живая масса				Возраст		
			в возрасте, мес.			при 1 осем.	В1Ос	В1пОс	В1От
			6	10	12				
1	593	37	198±3	270±6	333±6	408±3	14,3±0,1	5,2±0,4	24,3±0,4
2	857	52	196±2	299*±2	359*±3	414±4	13,8±0,2	4,6±0,2	23,5±0,3
3	949	61	197±8	313*±2	372*±3	424*±3	13,7±0,1	4,3±0,2	23,5±0,2
4	1045	58	201±2	328*±2	388*±3	435±4	13,6±0,1	4,1±0,2	23,2*±0,2
5	1160	33	198±3	339*±4	400*±4	442±5	13,4±0,2	4,1±0,3	23,1*±0,3

Анализ продуктивности коров в зависимости от интенсивности выращивания (табл. 5) в данный период также позволил сделать вывод о том, что коровы 1 - 2 групп демонстрируют высокую способность коров к раздою (увеличив удой по 2 лактации на 25 – 31 %), лучшую реализацию заложенного потенциала – показатели максимального и среднего удоя у них выше.

Таблица 5

Продуктивность коров в связи с интенсивностью их роста в период 6-10 мес.

Группы	Удой, кг			
	1 лактация	2 лактация	максимальный	средний
1	8361±220	10453±312	10342±298	9333±234
2	8041±188	10580±346	9588±297	8777±234
3	8290±208	9987±263	9637±223	8950±197
4	8554±169	10346±275	10185±235	9296±176
5	8497±250	10364±496	10070±361	9215±296

Среди животных 1 группы выбыло 21,6 % коров, в том числе 2,7 % до 1 лактации – что является лучшим показателем среди всех групп (для сравнения в 3 - 5 группах, в среднем, 31,3 и 5,4 %, соответственно).



Таким образом технология выращивания телок, при которой среднесуточные приросты за первый год жизни не превышают 1000 г способствуют повышению эффективности раздоя, полной реализации генетического потенциала, увеличению продуктивного долголетия, а также повышается эффективность молочного скотоводства за счет сокращения выбытия животных на ранних этапах их использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абылкасымов Д. Влияние интенсивности выращивания телок и возраста их осеменения на последующую молочную продуктивность // Инновационные технологии в АПК региона: достижения, проблемы, перспективы развития: сборник. – Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия. – 2021. – С. 162–164.
2. Абрамова Н.В. Отбор ремонтного молодняка крупного рогатого скота пожилой массы при рождении // Биология в сельском хозяйстве. – 2022. – № 4(37). – С. 8–11.
3. Ерофеев В.И., Андреев А.И. Направленное выращивание тёлочек красно-пёстрой породы и их последующая молочная продуктивность за первую лактацию // Синергетика сбалансированного развития аграрной отрасли и сельских территорий страны: материалы Междунар. практ. конф. Казань: ООО ПК «Астор и Я». – 2020. – Вып. 14. – С. 270–273.
4. Ковров А.В. Технология выращивания ремонтного молодняка крупного рогатого скота на ферме АО агрокомбинат племязавод "Красногорский", отделение Пасеково // в сб.: Зоотехническая наука в условиях современных вызовов / Сборник трудов V научно-практической конф. с междунар. участием. Киров. 2023. – С. 89–94.
5. Колосов Ю.А. Влияние интенсивного выращивания телок на их рост и продуктивность // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2022. – № 1(35). – С. 42–50.
6. Матвеева Е.Г. Весовой рост ремонтных телок и нетелей голштинских линий черно-пестрого скота // Молодежь и наука. – 2021. – № 11.
7. Падерина Р.В., Виноградова Н.Д. Оптимальный возраст осеменения телок как резерв увеличения производства молока // Нормативно-правовое регулирование ветеринарии. – 2023. – №2. – С. 60–62.
8. Сивкин Н.В., Стрекозов Н.И. Некоторые вопросы технологии выращивания и сохранности тёлочек // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2016. – № 3. – С. 21–24.
9. Тамарова Р.В., Ермишин А.С. Рост и развитие ремонтного молодняка голштинской породы в АО «племязавод Ярославка» // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – №4(56). – С. 27–32.
10. Уразова А.А. Влияние показателей роста и развития ремонтного молодняка черно-пёстрой породы на его продуктивные качества // Интеграция науки и образования в аграрных вузах для обеспечения продовольственной безопасности России: сборник трудов национальной научно-практической конференции, Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья. – 2022. – С. 187–193.
11. Фураева Н.С. Воробьева С.С., Зверева Е.А. Влияние интенсивности выращивания тёлочек на последующую молочную продуктивность // Вестник АПК Верхневолжья. – 2025. – №1(69). – С. 38–45.
12. Хламова М.Е. Влияние интенсивности роста телок на их последующую молочную продуктивность за первую лактацию // Труды Костромской государственной



сельскохозяйственной академии. Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия. - 2016. - С. 77-82.

REFERENCES

1. Abylkasymov D. The Impact of Heifer Rearing Intensity and the Age of Insemination on Subsequent Milk Productivity // Innovative Technologies in the Regional Agro-Industrial Complex: Achievements, Problems, and Development Prospects: Collection. – Tver: Tver State Agricultural Academy. - 2021. – pp. 162–164.
2. Abramkova N.V. Selection of Young Cattle Replacements Based on Live Weight at Birth // Biology in Agriculture. - 2022. - No. 4(37). -pp. 8–11.
3. Erofeev V.I., Andreev A.I. Targeted Rearing of Red-Spotted Heifers and Their Subsequent Milk Productivity during the First Lactation // Synergetics of Balanced Development of the Agricultural Sector and Rural Territories of the Country: Proc. of the Int. Pract. Conf. Kazan: OOO PC Astor i Ya. - 2020. - Issue 14. - pp. 270-273.
4. Kovrov A.V. Technology of growing young replacement cattle on the farm of JSC agro-industrial complex breeding farm "Krasnogorsky", Pasegovo branch // in the collection: Zootechnical science in the context of modern challenges / Collection of papers of the V scientific and practical conference with international participation. Kirov. 2023. - pp. 89-94.
5. Kolosov Yu.A. Influence of intensive rearing of heifers on their growth and productivity // Bulletin of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. - 2022. - No. 1 (35). - pp. 42-50.
6. Matveeva E.G. Weight gain of replacement heifers and heifers of Holstein lines of Black-and-White cattle // Youth and Science. - 2021. - No. 11.
7. Paderina R.V., Vinogradova N.D. Optimum age of insemination of heifers as a reserve for increasing milk production // Normative-legal regulation of veterinary medicine. - 2023. - No. 2. - pp. 60-62.
8. Sivkin N.V., Strekozov N.I. Some issues of the technology of rearing and keeping heifers // Bulletin of the All-Russian Research Institute of Livestock Mechanization. - 2016. - No. 3. - pp. 21-24.
9. Tamarova R.V., Ermishin A.S. Growth and development of Holstein replacement young stock at JSC Yaroslavka breeding farm // Bulletin of the Upper Volga region APK. - 2021. - №4 (56). - pp. 27-32.
10. Urazova A. A. Influence of growth and development indicators of Black-and-White replacement young stock on its productive qualities // Integration of science and education in agricultural universities to ensure food security of Russia: collection of papers of the national scientific and practical conference, Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals. - 2022. - pp. 187-193.
11. Furaeva N. S., Vorobyova S. S., Zvereva E. A. Influence of heifer rearing intensity on subsequent milk productivity // Bulletin of the Upper Volga region APK. - 2025. - №1 (69). - pp. 38-45.
12. Khlamova M.E. The influence of heifer growth intensity on their subsequent milk productivity during the first lactation // Proceedings of the Kostroma State Agricultural Academy. Karavaevo: Kostroma State Agricultural Academy. - 2016. - pp. 77-82.



**Оценка влияния регуляторов роста и микроудобрений
на пустырнике сердечном (*Leonurus Cardiaca* L.)
первого года вегетации в условиях Самарской области**

**Assessing the Effect of Growth Regulators
and Micronutrients on Motherwort (*Leonurus Cardiaca* L.)
in the First Year of Vegetation in the Samara Region**

Научный сотрудник А.Н. Загорянский (orcid.org/0000-0002-4971-7788), науч-
ный сотрудник В.Н. Сетин (orcid.org/0000-0002-4812-4681), научный сотрудник
С.Ю. Акутина (orcid.org/0009-0005-4000-3745),

Средне-Волжский филиал ФГБНУ ВИЛАР

zagoryanskiyan@bk.ru

доцент, к.т.н. Е.Х. Нечаева (orcid.org/0000-0002-5818-8638)

Самарский государственный аграрный университет, кафедра садоводство и селекция
exnechaeva@yandex.ru

Researcher A.N. Zagoryansky (orcid.org/0000-0002-4971-7788), Researcher
V.N. Setin (orcid.org/0000-0002-4812-4681), Researcher S.Yu. Akutina
(orcid.org/0009-0005-4000-3745),

Middle Volga Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution VILAR

zagoryanskiyan@bk.ru

Associate Professor, PhD E.Kh. Nechaeva (orcid.org/0000-0002-5818-8638)

Samara State Agrarian University, chair of Horticulture and Breeding

exnechaeva@yandex.ru

Аннотация. Разработка сбалансированной системы питания растений, для сбора стабильных уро-
жаев растительного сырья, содержащего высокие показатели биологически активные вещества, явля-
ется одной из приоритетных задач агрохимии в наши дни. Благодаря оптимальному выбору макро- и
микроэлементов, фитогормонов и их аналогов зависят условия питательного и водного режимов, фито-
санитарное состояние посевов, объём урожая и его качество. Одним из путей увеличения урожайности
лекарственного растительного сырья является использование регуляторов роста растений и микроудоб-
рений. В статье представлены результаты исследований по влиянию регуляторов роста Циркон и Альбит,
комплексного удобрения с микроэлементами Феровит на устойчивость растений пустырника сердечного
(*Leonurus cardiaca* L.) сорта Самарский первого года вегетации к неблагоприятным условиям произрас-
тания, повышению урожайности сырья и содержания суммы флавоноидов и экстрактивных веществ.
Наилучшие результаты при двукратной foliarной обработке растений, за два года исследований, по
урожайности воздушно - сухого показал препарат Феровит в дозе 0,45 л/га. Урожайность составила –
4,11 т/га, что на 48 % больше контрольного варианта. Высокий показатель по содержанию суммы фла-
воноидов в пересчёте на рутин (0,85 %) был получен на варианте применения регулятора роста Альбит
в дозе 45 мл/га, который превышает контроль на 10 %. Существенного влияния применения регуляторов
роста и микроудобрения на содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70 % спиртом в воз-
душно- сухом сырье пустырника сердечного первого года вегетации отмечено не было.

Abstract. Developing a balanced plant nutrition system for harvesting stable yields of plant materials
containing high levels of biologically active substances is a priority in agrochemistry today. The optimal selec-
tion of macro- and microelements, phytohormones, and their analogs affects nutrient and water conditions,
the phytosanitary condition of crops, and the yield and quality of the harvest. One way to increase the yield
of medicinal plant materials is to use plant growth regulators and micronutrient fertilizers. This article pre-
sents the results of research on the effect of the growth regulators Zircon and Albit and the complex micro-
nutrient fertilizer Ferovit on the resistance of motherwort (*Leonurus cardiaca* L.) cultivar Samarsky in the first
year of vegetation to unfavorable growing conditions, increasing the yield of raw materials, and the content of



flavonoids and extractive substances. Ferovit, applied at a dose of 0,45 l/ha, demonstrated the best results in terms of air-dried yield after two foliar treatments of plants over two years of research. The yield was 4,11 t/ha, 48 % higher than the control. A high level of flavonoid content calculated as rutin (0,85 %) was obtained with the Albit growth regulator applied at a dose of 45 ml/ha, which exceeded the control by 10 %. No significant effect of the use of growth regulators and microfertilizers on the content of extractive substances extracted with 70 % alcohol from air-dried motherwort raw materials in the first year of vegetation was noted.

Ключевые слова: пустырник сердечный, регулятор роста, микроудобрение, обработка растений, Циркон, Альбит, Феровит, урожайность, флавоноиды, экстрактивные вещества.

Keywords: motherwort cordial, growth regulator, micro-fertilizer, plant treatment, Zircon, Albite, Ferovite, yield, flavonoids, extractive substances.

В настоящее время отмечается тенденция к росту уровня психоэмоциональных расстройств, что обуславливает повышенный интерес к седативным препаратам из растительного сырья [1 - 2]. В качестве источника сырья для получения препаратов седативного (успокаивающего) действия, которые применяют в научной и народной медицине, является пустырник сердечный. (*Leonurus cardiaca* L.) [3].

Погодные условия – важный фактор, определяющий рост и продуктивность сельскохозяйственных и лекарственных растений. Абиотические стрессоры, такие как значительное повышение температуры окружающей среды и дисбаланс водного режима, оказывают негативное влияние на физиологические процессы растений, особенно в период активного роста, что ведёт к уменьшению объёмов урожая и ухудшению его качества [4].

В публикациях ряда авторов представлены данные, свидетельствующие о потенциале регулирования ростовых процессов и, как следствие, продуктивности различных лекарственных культур [5 - 7]. Этот подход базируется на принципах экзогенной биорегуляции, реализуемой за счет использования регуляторов роста и микроудобрений. Поэтому при создании передовых методов культивирования лекарственных растений активно используются современные природные биорегуляторы, содержащие различные активные вещества (фитогормоны, гуминовые вещества, хелаты, биоактивный кремний и другие) [8 - 9].

Среднее Поволжье находится в зоне умеренно-континентального климата средних широт, где лето отличается теплой погодой, а зима – ощутимым холодом и значительным количеством снега [9 - 10]. По мнению самарских экспертов, мы наблюдаем переход климата самарского региона к более континентальному типу, что проявляется в учащении экстремальных погодных явлений, таких как засухи и сильные морозы, а также в увеличении среднегодовой температуры [11].

В 2023 году была инициирована работа по исследованию воздействия регуляторов роста и микроудобрений на растения пустырника сердечного.

Цель исследования изучение влияния регуляторов роста и микроудобрений на устойчивость растений пустырника сердечного к неблагоприятным условиям произрастания, повышение урожайности сырья, содержания суммы флавоноидов и экстрактивных веществ.

Работа выполнена в соответствии с темой НИР ФГБНУ ВИЛАР «Определение ресурсного потенциала дикорастущих видов лекарственных растений, разработка адаптивных агротехнологий и создание устойчивых сортов лекарственных культур» (FGUU-2025-0006). Исследования проводились в рамках работ с биообъектами уникальной научной установки «Биоколлекции ФГБНУ ВИЛАР».

Опыт заложен на территории коллекционного питомника Средне-Волжского филиала. При проведении опытов применялись следующие препараты:

1. Регуляторы роста – Циркон (гидроксикоричные кислоты, представленные цикориевой, кафтаровой и хлорогеновой кислотами), Альбит (поли-бета-гидроксимасляная кислота с добавлением магния сернокислого, калия фосфорнокислого, калия азотнокислого, карбамида и хвойного экстракта);



2. Микроудобрение – Феровит (хелат железа, азот в доступной форме, сера и глицин).

Площадь опытной делянки составляет – 7,2 м², учётная площадь – 6 м². Делянки трёхрядковые, ширина междурядий – 60 см. Размещение делянок в полевых опытах рендомизированное.

Схема опыта предусматривала четыре варианта:

1. Контроль – обработка водой;
2. Циркон – 35 мл/га (обработка растений: 1-я – весной в фазу трёх – четырёх настоящих листьев, 2-я – через 30 дней после первой обработки);
3. Альбит – 45 мл/га (обработка растений: 1-я – весной в фазу трёх – четырёх настоящих листьев, 2-я – через 30 дней после первой обработки);
4. Феровит – 0,45 л/га (обработка растений: 1-я – весной в фазу трёх – четырёх настоящих листьев, 2-я – через 30 дней после первой обработки).

Расход рабочего раствора во всех вариантах опыта – 300 л/га.

Таблица 1

Метеорологические показатели

Параметр	Месяц / год	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	Всего
Сумма активных температур > +10 °С	2023	229,3	511,9	502,1	676,6	615,0	417,1	2952,0
	2024	243,2	228,8	643,6	652,0	554,4	414,3	2736,3
Количество осадков, мм	2023	4,5	15,6	41,9	52,1	26,4	35,7	176,2
	2024	35,2	26,9	73,3	44,5	55,3	5,6	240,5
	Средние многолетние значения	30,0	37,0	52,0	52,0	38,0	46,0	255,0

Весна и лето 2023 года отличались высокой температурой и недостатком осадков, тогда как 2024 год был более прохладным и дождливым.

Средняя температура апреля 2023 года была на 3,9 °С выше средних многолетних показателей, тогда как в 2024 году она превысила средние многолетние нормы на 5,5 °С. Сумма активных температур выше +5 °С за апрель составила 299,3 °С в 2023 году и 322,7 °С в 2024 году, выше +10 °С – 229,3 °С и 243,2 °С соответственно.

Май 2023 года выдался теплым: средняя температура составила 17 °С, а максимальная достигала 31,1 °С. Количество осадков было ниже нормы, составив 42 % от объема, выпадающего в среднем за месяц. Сумма активных температур выше +5 °С составила 526,2 °С, активных температур выше +10 °С – 511,9 °С. Май 2024 года отметился пониженной температурой (в среднем 10,6 °С против климатической нормы 14,7 °С) и нехваткой влаги (осадки составили 73 % от среднего многолетнего значения этого месяца, составляющего 37,0 мм). Большая часть осадков (18,6 мм) за месяц пришлось на первую декаду. Сумма активных температур выше +5 °С в мае 2024 года составила 324,9 °С, выше +10 °С – 228,8 °С.

Июнь относительно среднемноголетних значений в 2023 году был прохладнее на 2,9 °С. Сумма активных температур выше +10 °С за июнь составила 502,1 °С. Количество осадков 41,9 мм, что ниже нормы на 10 %. За первые две декады июня 2024 года средняя температура воздуха установилась выше климатической нормы. В период с 1 по 10 июня отклонение составило 4,9 °С, с 11 по 20 июня – 6,6 °С. Третья декада была холоднее нормы на 3,1 °С, и в этот



период выпала основная масса осадков (60,3 мм) от общего количества (73,3 мм), которое превысило среднемноголетнее значение на 41 %. Сумма активных температур выше +10 °С в июне 2024 года составила 643,6 °С.

В июле 2023 года выпало 52 мм осадков, что на 2 % больше, чем среднемесячная норма. Средняя температура воздуха была выше климатической нормы на 1,2 °С. Максимум температуры воздуха поднимался до 34,4 °С и минимум в ночные часы опускался до 8,7 °С. Сумма активных температур выше +10 °С составила 676,6 °С. В июле 2024 года, в течение первых двух декад, наблюдалось повышение температуры на 3,8 и 0,3 °С, соответственно, а результаты по осадкам показали дефицит на 2,8 и 10 мм. В третьей декаде зафиксировано 31,7 мм осадков, что существенно превышает норму на 54 %. Средняя температура за этот период также оказалась ниже нормы на 2,6 °С. Сумма активных температур выше +10 °С к концу месяца составила 652 °С.

В августе 2023 года в первую и вторую декады наблюдался повышенный температурный режим (выше нормы на 3,3 и 4,1 °С, соответственно) с дефицитом осадков (56 % от нормы). В третьей декаде выпало осадков 18,2 мм при норме 13 мм, и похолодало на 3,4 °С, по сравнению со средней многолетней температурой месяца. Сумма активных температур выше +10 °С за месяц составила 615,0 °С. Среднемесячная температура воздуха в августе 2024 года ниже многолетних значений на 0,8 °С, хотя третья декада была теплее нормы на 1,1 °С и с дефицитом осадков в 83 %. В первые две декады осадков было вдвое больше нормы. Сумма активных температур выше +10 °С в августе составила 554,4 °С.

В сентябре 2023 году температура превысила среднемноголетнее значение на 1,7 °С., количество осадков выпало 35,7 мм, при норме 38,0 мм. Сумма активных температур выше +5 °С в сентябре составила 434,9 °С и выше +10 °С – 417,1 °С. Сентябрь 2024 года оказался теплее среднемноголетних значений на 1,8 °С. Заморозки в ночное время начались в третьей декаде сентября. Дефицит осадков наблюдается на протяжении всего месяца (13,3 % от нормы). Сумма активных температур в 2024 году выше +5 °С в сентябре составила 436,3 °С и выше +10 °С – 414,3 °С.

Гидротермический коэффициент, определяемый по методике Г. Т. Селянинова (ГТК), для анализируемых периодов (апрель-сентябрь) составил 0,56 в 2023 году и 0,68 в 2024 году, что указывает на крайне плохие условия влагообеспеченности в эти годы.

В таблице 2 -4 представлены результаты биометрических показателей, урожайность воздушно-сухого сырья и содержание биологически активных веществ пустыrnика сердечного первого года вегетации, полученные в результате применения регуляторов роста и микроудобрения в 2023 и 2024 годах.

Несмотря на неблагоприятные климатические условия, применение регуляторов роста и микроудобрений в 2023 и 2024 годах на пустырнике сердечном первого года вегетации в целом оказало положительный результат на биометрические показатели растений. Среди препаратов, использованных в 2023 году для двукратной фоллиарной обработки, Феровит в дозе 0,45 л/га оказался наиболее эффективным. По всем вариантам высота растений оказалась больше на 2,3 - 5,6 см, чем на контрольном варианте. Количество ветвей на одном растении превосходят результат контроля на 0,7-0,9 шт. В 2024 году высокие результаты были получены так же по всем вариантам опыта по сравнению с контролем (высота растений превысила контроль на 3,1 - 3,8 см, число ветвей – 0,2 - 0,7 шт.). В ходе испытаний лучший эффект от применения показал регулятор роста Альбит в дозе 45 мл/га.



Таблица 2

**Влияние регуляторов роста и микроудобрения на биометрические показатели
пустырника сердечного первого года вегетации**

Год	Показатель		
	Густота стояния, шт./п.м	Высота растений в фазу массовой бутонизации - начала цветения, см	Количество ветвей на одном растении, шт.
Контроль (двукратная обработка водой)			
2023	10,8±1,26	65,7±3,35	3,3±0,37
2024	20,3±1,26	60,1±4,34	3,0±0,76
среднее значение	15,6±1,26	62,9±3,85	3,2±0,57
Циркон (двукратная обработка)			
2023	10,5±1,92	68,6±3,99	4,1±0,64
2024	20,3±1,26	63,2±4,80	3,3±0,44
среднее значение	15,4±1,59	65,9±4,40	3,7±0,54
Альбит (двукратная обработка)			
2023	10,5±1,92	68,0±4,29	4,0±0,70
2024	20,5±1,29	64,6±4,57	3,7±0,51
среднее значение	15,5±1,60	66,3±4,43	3,9±0,61
Феровит (двукратная обработка)			
2023	10,8±1,71	71,3±3,60	4,2±1,13
2024	21,5±1,79	63,9±4,60	3,3±0,81
среднее значение	16,2±1,75	67,6±4,10	3,8±0,97

В целом за два года исследований лучшие показатели по биометрии растений были получены на варианте применения микроудобрения Феровит (высота растений составила 67,6 см, количество ветвей на одном растении – 3,8 шт.).

Таблица 3

**Влияние регуляторов роста и микроудобрений на урожайность воздушно-сухого
сырья пустырника сердечного первого года вегетации**

Вариант опыта	Показатель					
	Урожайность воздушно-сухого сырья					
	2023 год		2024 год		среднее значение	
	т/га	в % к контр.	т/га	в % к контр.	т/га	в % к контр.
Контроль – обработка водой	3,04	100	2,50	100	2,77	100
Циркон (двукратная обработка) – 35 мл/га	3,88	128	2,85	114	3,37	122
Альбит (двукратная об- работка) – 45 мл/га	4,29	141	3,35	134	3,82	138
Феровит (двукратная обработка) – 0,45 л/га	5,07	168	3,15	126	4,11	148
НСР ₀₅	0,46	-	0,34	-	-	-

В 2023 году урожайность воздушно-сухого сырья пустырника сердечного первого года жизни в результате обработки препаратами показала прирост от 28 % до 68 % по сравнению с контрольным вариантом. Наиболее эффективным оказалось применение микроудобрения Феровит. Этот вариант обеспечил урожайность сухого сырья на уровне 5,07 т/га, что на 68 % выше, чем на контроле. Урожайность воздушно-сухого сырья пустырника сердечного первого года вегетации в 2024 году на



вариантах обработки выше контрольного варианта на 14 - 34 %. Лучшим оказался вариант двукратной обработки растений регулятором роста Альбит, урожайность сухого сырья составила 3,35 т/га, что выше контрольного варианта на 34 %.

В течение двух лет исследований, максимальная продуктивность воздушно-сухого сырья была достигнута при использовании препарата Феровит. Урожайность воздушно-сухого сырья составила 4,11 т/га, что выше контрольного варианта (2,77 т/га) на 48 %.

Таблица 4

Влияние регуляторов роста и микроудобрения на биологически активные вещества в воздушно-сухом сырье пустырника сердечного первого года вегетации

Год	Показатель			
	Содержание суммы флавоноидов в пересчёте на рутин		Содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 70 % спиртом	
	%	в % к контр.	%	в % к контр.
Контроль (двукратная обработка водой)				
2023	0,57±0,01	100	35,38±1,53	100
2024	1,03±0,01	100	41,99±0,16	100
среднее значение	0,80±0,01	100	38,69±0,85	100
Циркон (двукратная обработка)				
2023	0,51±0,02	90	35,30±1,49	100
2024	0,98±0,01	95	40,37±0,43	96
среднее значение	0,75±0,02	94	37,84±0,96	98
Альбит (двукратная обработка)				
2023	0,57±0,01	100	35,22±1,52	100
2024	1,13±0,02	110	39,54±0,36	94
среднее значение	0,85±0,02	106	37,38±0,61	97
Феровит (двукратная обработка)				
2023	0,41±0,01	72	34,13±1,03	97
2024	1,14±0,01	111	40,07±0,61	95
среднее значение	0,78±1,01	98	37,10±0,97	96

Положительное влияние применения регуляторов роста и микроудобрения на содержание биологически активных веществ в воздушно-сухом сырье пустырника сердечного первого года вегетации за два года исследований было получено не во всех вариантах опыта. Так, по содержанию суммы флавоноидов в пересчёте на рутин в воздушно-сухом сырье положительные результаты были получены на вариантах применения препаратов Альбит (1,13 %) и Феровит (1,14 %) только в 2024 году. За два года опытов лучшим стал вариант с применением Альбита, который превысил контрольный вариант на 6 %. Полученные результаты по содержанию экстрактивных веществ, извлекаемых 70 % спиртом из воздушно-сухого сырья пустырника сердечного, на вариантах обработки регуляторами роста и микроудобрением оказались ниже или на уровне показателя контроля.

В ходе двухлетнего эксперимента обработки растений пустырника сердечного первого года вегетации регуляторами роста и микроудобрением высокие показатели по биометрии растений, урожайности воздушно-сухого сырья были получены на варианте двукратного применения в фазу трёх-четырёх настоящих листьев и в фазу стеблевания микроудобрения Феровит в дозе 0,45 л/га. Урожайность воздушно-сухого сырья составила 4,11 т/га, что выше контрольного варианта (2,50 т/га) на 48 %. Высокое содержание суммы флавоноидов в пересчёте на рутин получено на варианте с применением препарата Альбит (45 мл/га). Полученный результат (0,85 %)



превышает контроль (0,80 %) на 6 %. Применение регуляторов роста и микроудобрений не привело к увеличению содержания экстрактивных веществ, извлекаемых 70 % спиртом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Р.Р. Фитотерапевтический седативный препарат // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 8-4. – С. 573-576.
2. Морозова М.А., Пельтихина О.В., Морозов А.М. Использование фитотерапевтических препаратов в качестве седативных средств // Синергия Наук. – 2018. – № S24. – С. 17-24.
3. Ростовский государственный педагогический университет. Кафедра ботаники и зоологии. Виртуальный гербарий Ростовской области. [Электронный ресурс] https://bg.sfedu.ru/Virt_Herb/plants/leonur_c.html
4. Клочков А.В., Соломко О.Б., Клочкова О.С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 101-105.
5. Савченко О.М., Козловская Л.Н., Маланкина Е.А., Ромашкина С.И. Взаимодействие регулятора роста "Циркон" и микроудобрения "Силиплант" при вегетативном размножении *Allium ursinum* L. И *Allium victorialis* subsp. *Platyphyllum* (Hultun) Makino // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 1(142). – С. 45-50.
6. Морозов А.И., Тхаганов Р.Р., Тропина Н.С. [и др.] Применение органоминеральных и микроудобрений для повышения продуктивности эфиромасличных культур // Масличные культуры. – 2020. – № 4(184). – С. 45-51. – DOI 10.25230/2412-608X-2020-4-184-45-51.
7. Ковалев Н.И. Применение гидроксикоричных кислот на лекарственных культурах // Агрохимия. – 2022. – № 8. – С. 87-96. – DOI 10.31857/S0002188122080099.
8. Тропина Н.С., Тхаганов Р.Н., Мироненко Т.В. Приемы повышения урожайности и содержания эфирного масла Melissa лекарственной в условиях Западного Предкавказья // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений: матер. IV междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2022. – С. 29-36.
9. Загорянский А.Н., Сетин В.Н., Никифорова О.И., Нечаева Е.Х. Влияние регуляторов роста и микроудобрений на урожайность сырья и содержание суммы фурукумаринов в плодах амми большой, в условиях среднего Поволжья // Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов: Сб. матер. XXII Междунар. науч.-практ. конф – Санкт-Петербург: Печатный цех, 2023. – С. 232-239.
10. Переведенцев Ю.П., Салахова Р.Х., Наумов Э.П. [и др.]. Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья: учебное пособие по региональной климатологии: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Гидрометеорология" и специальности "Метеорология".- Казань: Центр инновационных технологий, 2011. – 296 с. – ISBN 978-5-93962-485-5.
11. Жарова В.С. Изменения климата на примере Самарской области // В мире научных открытий: матер. V Междунар. студ. науч. конф. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. – С. 302-306.



REFERENCES

1. Alekseeva R.R. Phytotherapeutic sedative drug // International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2016. - No. 8-4. - pp. 573-576.
2. Morozova M.A., Peltikhina O.V., Morozov A.M. Use of phytotherapeutic preparations as sedatives // Synergy of Sciences. - 2018. - No. S24. - pp. 17-24.
3. Rostov State Pedagogical University. Department of Botany and Zoology. Virtual Herbarium of the Rostov Region. [Electronic resource] https://bg.sfedu.ru/Virt_Herb/plants/leonur_c.html
4. Klochkov A.V., Solomko O.B., Klochkova O.S. The influence of weather conditions on the yield of agricultural crops // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. - 2019. - No. 2. - pp. 101-105.
5. Savchenko O.M., Kozlovskaya L.N., Malankina E.L., Romashkina S.I. Interaction of the growth regulator "Zircon" and the microfertilizer "Siliplant" during vegetative propagation of *Allium ursinum* L. and *Allium victorialis* subsp. *Platyphyllum* (Hultun) Makino // Bulletin of KrasSAU. - 2019. - No. 1 (142). - pp. 45-50.
6. Morozov A.I., Tkhanaganov R.R., Tropina N.S. [et al.] Application of organomineral and micronutrient fertilizers to increase the productivity of essential oil crops // Oilseed crops. - 2020. - No. 4 (184). - pp. 45-51. -DOI 10.25230/2412-608X-2020-4-184-45-51.
7. Kovalev N.I. Application of hydroxycinnamic acids on medicinal crops // Agrochemistry. - 2022. - No. 8. - pp. 87-96. - DOI 10.31857/S0002188122080099.
8. Tropina N.S., Tkhanaganov R.N., Mironenko T.V. Methods for increasing the yield and content of essential oil of lemon balm in the conditions of the Western Ciscaucasia // Scientific and innovative potential for the development of production, processing and use of essential oil and medicinal plants: Proc. of the IV International Scientific and Practical Conf. - Simferopol: Limited Liability Company "Arial Publishing House Printing House", 2022. - pp. 29-36.
9. Zagoryansky A.N., Setin V.N., Nikiforova O.I., Nechaeva E.Kh. The influence of growth regulators and microfertilizers on the yield of raw materials and the content of furocoumarins in the fruits of *Ammi major*, in the conditions of the Middle Volga region // Actual problems of society, economics and law in the context of global challenges: Collection of materials of the XXII International Scientific and Practical Conf. conf – Saint Petersburg: Printing shop, 2023. – pp. 232-239.
10. Perevedentsev Yu.P., Salakhova R.Kh., Naumov E.P. [et al.]. Changes in climatic conditions and resources of the Middle Volga region: a textbook on regional climatology: for students of higher educational institutions studying in the direction of "Hydrometeorology" and the specialty "Meteorology". - Kazan: Center for Innovation Technologies, 2011. – 296 p. – ISBN 978-5-93962-485-5.
11. Zharova V.S. Climate changes on the example of the Samara region // In the world of scientific discoveries: materials of the V Int. student scientific conf. – Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypina, 2021. – pp. 302-306.



Сравнительная характеристика методов эпидуральной анестезии коров

Comparative characteristics of epidural anesthesia methods in cows

Аспирант А.М. Макаров

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», кафедра общей, частной и оперативной хирургии, тел. +79214275446
vui4i4@yandex.ru

Postgraduate Student A.M. Makarov

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, chair of General, Specialized, and Operative Surgery, tel. +79214275446
vui4i4@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке эффективности эпидуральной анестезии (ЭА) у крупного рогатого скота при применении двух видов растворов: новокаина 2% и комбинации новокаина 2% с добавлением адреналина гидрохлорида 0,1% в соотношении 100:1. Этот вид анестезии играет ключевую роль в снижении болезненных ощущений и стрессовых состояний у животных, способствуя минимизации рисков возникновения послеоперационных осложнений и улучшая общие результаты хирургического лечения.

Главная цель исследования заключалась в сравнении основных характеристик двух растворов: времени начала действия анестезирующего вещества, общей продолжительности обезболивающего эффекта, глубине обеспечиваемой анальгезии, влиянии препаратов на физиологическое состояние животных и выявлении возможных нежелательных последствий их введения. Для обеспечения оценки полученных данных, была разработана специальная система баллов, позволяющая комплексно оценивать интенсивность болевых проявлений, уровень атаксии, поведенческие реакции и изменение физиологических параметров организма испытываемых животных. Испытания проводились на группе из 15 коров черно-пестрой голштинизированной породы.

Анализируя полученные экспериментальные данные, исследователи подчеркнули важность индивидуального подхода к выбору оптимальных условий анестезии, основываясь на особенностях конкретной клинической ситуации и индивидуальных анатомо-физиологических характеристиках животных. Разработанная система оценки представляется полезным инструментом для совершенствования методики обезболивания в ветеринарной медицине, способствующим повышению качества медицинской помощи животным и обеспечению максимальной безопасности проводимых процедур.

Abstract. The article is devoted to evaluating the effectiveness of epidural anesthesia (EA) in cattle when using two types of solutions: novocaine 2 % and a combination of novocaine 2 % with the addition of epinephrine hydrochloride 0,1 % in a ratio of 100:1. This type of anesthesia plays a key role in reducing pain and stress in animals, helping to minimize risks the occurrence of postoperative complications and improving the overall results of surgical treatment.

The main purpose of the study was to compare the main characteristics of the two solutions: the time of onset of action of the anesthetic substance, the total duration of the analgesic effect, the depth of analgesia provided, the effect of drugs on the physiological state of animals and the identification of possible undesirable effects of their administration. To ensure the evaluation of the data obtained, a special scoring system was developed that allows a comprehensive assessment of the intensity of pain, the level of ataxia, behavioral reactions and changes in the physiological parameters of the body of the tested animals. The tests were carried out on a group of 15 black-and-white Holstein cows.

Analyzing the experimental data obtained, the researchers emphasized the importance of an individual approach to choosing optimal anesthesia conditions based on the specifics of a specific clinical situation and the individual anatomical and physiological characteristics of animals. The developed assessment system seems to be a useful tool for improving the methods of anesthesia in veterinary medicine, contributing to improving the quality of medical care for animals and ensuring maximum safety of procedures.



Ключевые слова: эпидуральная анестезия, крупный рогатый скот, обезболивание, анестезия, ветеринарная хирургия.

Keywords: epidural anesthesia, cattle, anesthesia, anesthesia, veterinary surgery.

Эпидуральная анестезия (ЭА) представляет собой важный и эффективный метод обезболивания, применяемый в ветеринарной практике при проведении хирургических вмешательств у крупного рогатого скота. Данный метод позволяет значительно уменьшить болевые ощущения и стресс у животных, что способствует снижению риска возникновения осложнений и улучшению исходов операций [9].

Однако эффективность эпидуральной анестезии сильно зависит от правильного выбора лекарственного препарата, так как разные препараты могут иметь различную скорость начала действия, продолжительность эффекта, глубину анальгезии и профиль побочных эффектов [3, 4, 5].

На сегодняшний день существует множество препаратов, предназначенных для проведения эпидуральной анестезии, включая местные анестетики, адреналиновые добавки и комбинированные растворы. Каждый из них обладает уникальными характеристиками, которые определяют его пригодность для использования в определенных клинических ситуациях. Например, некоторые препараты обеспечивают быстрый начальный эффект, что важно в экстренных случаях, тогда как другие характеризуются длительной продолжительностью действия, что актуально для сложных и длительных операций [6].

Цель работы провести сравнительную оценку эффективности раствора новокаина 2 % и раствора новокаина 2 % с добавлением адреналина гидрохлорида 0,1 % в соотношении 100:1. Исследование направлено на выявление особенностей этих препаратов на время начала действия, продолжительность анестезии, глубина анальгезии и наличие побочных эффектов, а также влияние на физиологические показатели животного во время эпидуральной анестезии.

Актуальность выбранной темы обусловлена несколькими важными аспектами современной ветеринарной практики и потребностей животноводства.

Во-первых, крупный рогатый скот является значимой частью сельского хозяйства, и обеспечение высокого уровня здоровья и продуктивности этих животных остается приоритетной задачей. Хирургические вмешательства, такие как кесарево сечение, кастрация, лечение травм и заболеваний органов брюшной полости, требуют качественного обезболивания для минимизации болезненности животных и снижения рисков осложнений.

Во-вторых, использование современных методов анестезии, таких как эпидуральная анестезия, становится всё более популярным среди ветеринарных специалистов.

В качестве системы оценки, которая позволила бы более точно определить эффективность эпидуральной анестезии предлагается использовать балльную систему оценки, которая позволит количественно оценить эффективность эпидуральной анестезии у коров. Данная система основана на следующих критериях: болевой порог, двигательная активность, поведение, физиологические показатели.

Известны данные, в которых применялась балльная система оценки эффективности эпидуральной анестезии [1, 2].

Чтобы объединить две системы оценки, изменили их следующим образом: обезболивающий эффект оценивали по реакции животного на кожные, мышечные и перитонеальные разрезы (4 - реакции нет; 3 - движение без пинков; 2 - движение с небольшими пинками; 1 - борьба с повторными пинками), наличие или отсутствие седации (1 и 0 соответственно); тонус хвоста, при пальпации (1 - сильный тонус: наличие быстрых произвольных движений, 2 - слегка расслабленный: медленные произвольные движения, 3 - умеренно расслабленный: никаких произвольных движений,



4 - отсутствующий тонус: никаких произвольных движений); анальный тонус, при пальпации (1 - сильный, 2 - слегка расслабленный, 3 - умеренно расслабленный, 4 - отсутствующий тонус); двигательный дефицит тазовых конечностей, при попытке толкнуть корову и отвести хвост в сторону (1 - отсутствие атаксии, 2 - легкая атаксия, 3 - умеренная атаксия, 4 - тяжелая атаксия: падение) [8]. Физиологические показатели оценивались следующим образом: 3 – отклонений нет, 2 - незначительные отклонения, 1 – значительные отклонения.

Классические учебники по ветеринарной анестезии (Lumb & Jones, 1984; Miller, 1986; Muir & Habbel, 1989) подробно раскрывают технику и фармакологию эпидуральной анестезии у крупных животных, включая выбор анестетиков, дозировки и возможные осложнения.

Лочкарев в своей статье указывает на то, что при применении раствора новокаина 1,5 - 2% «при передозировке анестетика, а иногда и при небольшой дозе корова падает не вниз, а на бок, причем с размахом, что может привести к травме» [7].

Каждый из этих критериев оценивается по определённой шкале, которая позволяет присвоить каждому критерию определённый балл. Общая эффективность эпидуральной анестезии определяется путём суммирования баллов по всем критериям.

Для сравнительной характеристики были выбраны 15 голов крупного рогатого скота чёрно-пестрой голштинизированной породы, которым проводилась низкая сакральная эпидуральная анестезия (СЭА) и вводилось по 7 мл анестетика.

Использование смеси раствора новокаина 2 % с раствором адреналина 0,1 % обусловлена тем, что адреналин оказывает сосудосуживающее действие, тем самым продлевая и усиливая эффект анестетика.

При проведении низкой сакральной эпидуральной анестезии (СЭА) раствором новокаина 2 % эффективность оценивалась каждые 5 минут, тогда как при использовании смеси новокаина с адреналином (100:1) — каждые 10 минут, учитывая более длительное действие этой смеси.

Максимальный обезболивающий эффект при применении новокаина достигался в среднем через 30 мин после введения, в то время как для смеси новокаина с адреналином этот показатель составлял 40 – 55 мин. Новокаин начинал действовать через 3 – 5 мин (в среднем 3 мин 42 с), продолжительность анестезии варьировала от 57 до 88 мин (в среднем 75 мин 32 с). Смесь же начинала действовать позже - от 5 до 8 мин (в среднем 6 мин 36 с), но обеспечивала более длительный эффект - от 126 до 173 мин (в среднем 153 мин 13 с).

Смесь новокаина с адреналином показала более высокую эффективность по сравнению с однокомпонентным раствором. При использовании новокаина у коров наблюдались слабые реакции на раздражители в виде незначительных движений ногами, в то время как при применении смеси эти реакции были менее выраженными.

Влияние на тонус хвоста препараты оказывали одинаковое, вызывая полный парез хвоста, тогда как на тонус ануса сильнее воздействовала смесь, вызывая от умеренного расслабления ануса до полной отсутствия реакции.

Раствор новокаина 2 % вызывал лёгкую атаксию, тогда как у животных, получавших смесь новокаина с адреналином, она была умеренной и в некоторых случаях (у 6 коров) приводила к сильной атаксии вплоть до падения.

Во время действия СЭА проводились измерения частоты дыхательных движений и частоты сердечных сокращений. При введении новокаина 2 % отклонения были в пределах референсных значений, тогда как при введении смеси новокаина с адреналином отмечалось учащение сердцебиения (рис.1 – 2)

В ходе эксперимента были получены важные данные, позволяющие провести сравнительный анализ двух растворов для эпидуральной анестезии у коров: новокаин начинал действовать через 3 - 5 минут (среднее 3 мин 42 с), длительность от 57 мин до 88 мин (среднее 75 мин 32 с). Новокаин с добавлением раствора



адреналина 0,1 % начинал работать позже от 5 до 8 мин (среднее 6 мин 36 с), но его действие длилось дольше от 126 до 173 мин (среднее 153 мин 13 с).

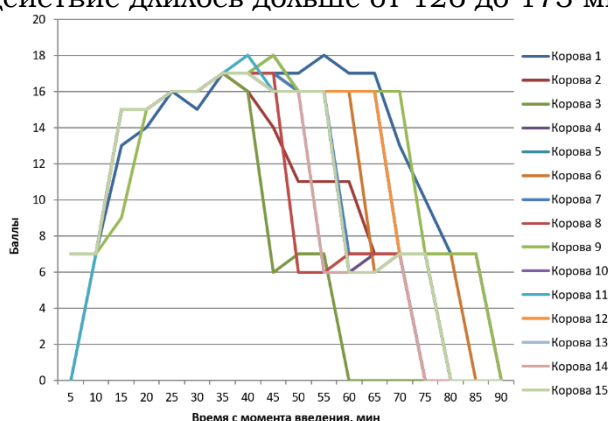


Рис. 1 СЭА раствором новокаина 2 %

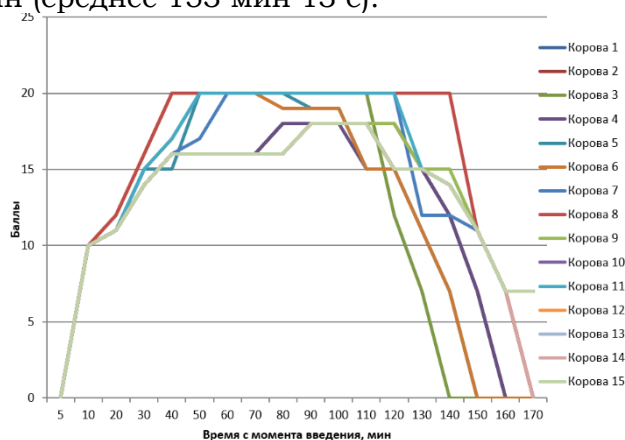


Рис. 2 СЭА раствором новокаина 2 %
с раствором адреналина 0,1 % (100:1)

Смесь раствора новокаина 2 % и раствора адреналина 0,1 % (100:1) показала лучший результат в сравнении с 2 % раствором новокаина. Реакция на раздражения у коров при использовании новокаина проявлялась слабыми движениями с пинками, тогда как при новокаине с раствором адреналина реакции была менее выраженной.

Оба раствора вызвали легкую атксию, но у коров, получивших новокаин в смеси с адреналином, она была сильнее, а в некоторых случаях (6 коров) вызывало сильную атксию, вплоть до падения животного.

Необходимо отметить, что реакция на препараты могла отличаться у разных животных. Так, при одинаковом количестве вводимого раствора, наблюдалась разная эффективность сакральной эпидуральной анестезии, начиная от разности, в продолжительности заканчивая интенсивностью воздействия.

Также стоит отметить, что при введении адреналина в эпидуральное пространство необходимо тщательнее производить мониторинг физиологических показателей животных.

Исследование показало, что эпидуральная анестезия с использованием раствора новокаина 2 % и его комбинации с адреналином 0,1 % является эффективным методом обезболивания у крупного рогатого скота. Сравнительный анализ выявил, что добавление адреналина способствует увеличению продолжительности анестезии и глубины аналгезии, что особенно важно при проведении длительных и сложных хирургических вмешательств.

При этом раствор новокаина без адреналина обеспечивает быстрое начало действия и адекватный уровень обезболивания, что подходит для коротких и несложных процедур.

Предложенная балльная система оценки эффективно отражает различные аспекты качества анестезии, включая болевой порог, двигательную активность, поведение и физиологические показатели, позволяя объективно сравнивать препараты и выбирать оптимальный вариант для каждой конкретной клинической ситуации.

Таким образом, выбор между раствором новокаина 2 % и его комбинацией с адреналином 0,1 % должен базироваться на специфике операции и состоянии животного, с учётом преимуществ и ограничений каждого варианта для повышения безопасности и эффективности эпидуральной анестезии у коров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rioja E, Rubio-Martínez LM, Monteith G, Kerr CL. Analgesic and motor effects of a high-volume intercoccygeal epidural injection of 0.125% or 0.0625% bupivacaine in adult cows. Can J Vet Res. 2013 Oct;77(4):273-80. PMID: 24124269; PMCID: PMC3788658.
2. Hiraoka M, Miyagawa T, Kobayashi H, et al. Successful introduction of modified dorsolumbar epidural anesthesia in a bovine referral center. Journal of Veterinary



Science. 2007 Jun;8(2):181-184. DOI: 10.4142/jvs.2007.8.2.181. PMID: 17519573; PMCID: PMC2872718.

3. Lumb W.V., Jones E. Veterinary Anesthesia/lea & Febiger, Philadelphia, 1984 - 325 p.

4. Miller R.D. (Hrsg.) Anesthesia/Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London, 1986 - 412 p.

5. Muir W.W. and JAE. Habbel. Handbook of veterinary anesthesia/ Mosby Company, St. Louis, Washington, Toronto, 1989 - 386 p.

6. Бетшарт-Вольфенсбергер Р., Стекольников А.А., Нечаев А.Ю. Ветеринарная анестезиология /. - Санкт-Петербург: СпецЛит, 2010. - 272 с. ISBN: 978-5-299-00446-5

7. Лочкарев В.А. Эпидуральная анестезия при акушерских операциях у крупного рогатого скота // Вестник ветеринарии. - 2002. - № 1(22). - С. 61-63.

8. Макаров А.М. Оценка эффективности эпидуральной анестезии у коров // Ма-тер. 79-й междунар. науч. конф. молодых ученых и студентов СПбГУВМ. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной меди-цины, 2025. - С. 144-146.

9. Мирон Н.И., Семенов Б.С., Виденин В.Н. Термины и операции в ветеринарной хирургии - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 840 с. - ISBN 978-5-507-44620-9. // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/260672>

10. Семенов Б.С., Виденин В.Н., Нечаев А.Ю. [и др.] Оперативная хирургия у животных: уч. для вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2025. - 704 с. - ISBN 978-5-507-50618-7. // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/449936>

REFERENCES

1. Rioja E, Rubio-Martínez LM, Monteith G, Kerr CL. Analgesic and motor ef-fects of a high-volume intercocygeal epidural injection of 0.125% or 0.0625% bupi-vacaine in adult cows. Can J Vet Res. 2013 Oct;77(4):273-80. PMID: 24124269; PMCID: PMC3788658.

2. Hiraoka M, Miyagawa T, Kobayashi H, et al. Successful introduction of modi-fied dorsolumbar epidural anesthesia in a bovine referral center. Journal of Veterinary Science. 2007 Jun;8(2):181-184. DOI: 10.4142/jvs.2007.8.2.181. PMID: 17519573; PMCID: PMC2872718.

3. Lumb W.V., Jones E. Veterinary Anesthesia/lea & Febiger, Philadelphia, 1984 - 325 p.

4. Miller R.D. (Hrsg.) Anesthesia/Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, Lon-don, 1986 - 412 p.

5. Muir W.W. and J.A.E. Habbel. Handbook of veterinary anesthesia/Mosby Com-pany, St. Louis, Washington, Toronto, 1989 - 386 p.

6. Betschart-Wolfensberger R., Stekolnikov A.A., Nechaev A.Yu. Veterinary anesthe-siology /. - St. Petersburg: SpetsLit, 2010. - 272 p. ISBN: 978-5-299-00446-5

7. Lochkarev V.A. Epidural anesthesia in obstetric operations in cattle // Veterinary Bulletin. - 2002. - No. 1 (22). - pp. 61-63.

8. Makarov A.M. Evaluation of the effectiveness of epidural anesthesia in cows // Proceedings of the 79th international. scientific. conf. of young scientists and students of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2025. - pp. 144-146.

9. Miron N.I., Semenov B.S., Videnin V.N. Terms and Operations in Veterinary Sur-gery - St. Petersburg: Lan, 2022. - 840 p. - ISBN 978-5-507-44620-9. // Lan: electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/book/260672>

10. Semenov B.S., Videnin V.N., Nechaev A.Yu. [et al.] Operative Surgery in Animals: teaching aid for universities. - St. Petersburg: Lan, 2025. - 704 p. - ISBN 978-5-507-50618-7. // Lan: electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/book/449936>



Изучение стабильности кормовой добавки при хранении

Studying the stability of a feed additive during storage

Аспирант Д.М. Автономов, аспирант С.А. Куцев, профессор И.В. Черемушкина, доцент О.В. Осенева, доцент Слепокурова Ю.И.

Воронежский государственный университет инженерных технологий, кафедра торгового дела и товароведения, тел. 8-910-749-89-96

irinacher2010@yandex.ru.

Postgraduate student D.M. Avtonomov, postgraduate student S.A. Kutsev, Professor I.V. Cheremushkina, Associate Professor O.V. Oseneva, Associate Professor Y.I. Slepokurova

Voronezh State University of Engineering Technologies, chair of Trade and Commodity Science, tel. 8-910-749-89-96

irinacher2010@yandex.ru.

Аннотация. Повышение стресс-чувствительности и снижение иммунитета в условиях промышленных комплексов требуют новых подходов к кормлению. Для снижения риск-факторов и повышения сохранности поголовья перспективным направлением является использование иммуномодулирующих кормовых добавок. В работе изучена принципиально важная для практического применения характеристика хранимоспособность комбинированной кормовой добавки с пробиотическим комплексом в составе премикса. На основании доказанной стабильности делается вывод о возможности и целесообразности её интеграции в рационы питания.

Abstract. Increased stress sensitivity and reduced immunity in industrial complexes require new approaches to feeding. To mitigate these risks and improve the survival rate of livestock, the use of immunomodulatory feed additives is a promising approach. This study examines a crucial characteristic for practical application: the shelf life of a new combined additive with a probiotic complex in the premix. Based on the proven stability, it is concluded that it is possible and advisable to integrate this additive into the feeding rations.

Ключевые слова: кормовая добавка, премикс, рационы питания, сохранность, качество.

Keywords: feed additive, premix, feeding rations, safety, quality.

Для достижения устойчивого инновационного развития АПК региона необходимо: повышение конкурентоспособности продукции и стабильности функционирования агропромышленного комплекса; обеспечение производства экологически чистой продукции с применением политики «зеленого мышления» и «здорового питания» населения; создание условий для развития базовых и перспективных отраслей сельского хозяйства в долгосрочном периоде; создание предпосылок для формирования «точек роста» и агропромышленного кластера; дальнейшего развития вертикально интегрированных структур, агрохолдинговых компаний и агломераций; эффективное использование земель сельскохозяйственного назначения, как основного производственного ресурса; создание условий для развития перерабатывающей промышленности; закрепления организаций комбикормовой и пищевой промышленности области на межрегиональных рынках; развитие регионального маркетинга для повышения инвестиционной привлекательности агропромышленного комплекса области; формирование кадрового потенциала АПК, обладающего инновационным мышлением и способного обеспечить эффективное функционирование отрасли в рыночных условиях; формирование и развитие ре-



гиональной инфраструктуры обеспечения инновационного развития отраслей АПК [3]. Включение в рацион питания комплексных кормовых добавок, повышающих иммунологическую резистентность организма, позволяет использовать более экономически выгодные кормовые компоненты. Все это позволяет не жертвовать питательной ценностью корма и устраняет негативный эффект антипитательных факторов, влияющих на абсорбцию и использование питательных веществ [4, 5, 6, 7].

Для использования в рационах кормления компоненты должны характеризоваться как объекты хранения и переработки.

Изменение показателей качества кормовой добавки при хранении в лабораторных условиях представлено в таблице 1.

Таблица 1

**Изменение показателей качества добавки
при хранении в лабораторных условиях**

Срок хранения, мес.	Влажность, %	Угол естественного откоса, град.	Объемная масса, кг/м ³	Распыляемость, %
Лабораторные условия: температура воздуха - 20°C, влажность- 70%				
0	7,1	39	490	4,6
1	7,3	39	480	4,5
2	7,2	38	480	4,6
3	7,4	38	480	4,8
4	7,2	40	480	4,6
5	8,0	39	480	4,8
6	8,0	40	490	4,8
Лабораторные условия : температура воздуха +20°C, влажность- 70%				
0	7,1	39	490	4,6
1	7,3	39	480	4,5
2	7,6	38	470	4,6
3	7,9	38	480	4,8
4	8,2	40	470	4,6
5	8,6	39	490	4,8
6	9,1	40	490	4,8

Полученные результаты свидетельствуют об изменении влажности опытного образца на 1,1% при повышении температуры до 20 °C и увеличении влажности воздуха на складе до 70 %. Изменение условий хранения кормовой добавки не оказали отрицательного влияния на угол естественного откоса и не вызвали снижения сыпучести образца.

В ходе опыта в добавке контролировали изменение значений активной и общей кислотности. Они изменились в ходе опыта незначительно и находились в пределах, свидетельствующих о хорошей сохранности продукции и низкой скорости протекающих в ней гидролитических процессов. Значения pH в опытных вариантах колебались от 6,5 до 7,1. Общая кислотность составила 10,9-12,4 град.

Условия хранения в складе отражены на рисунках 1 и 2. Опыт проводили в осенне-летний период года, длительность которого составила 6 месяцев.

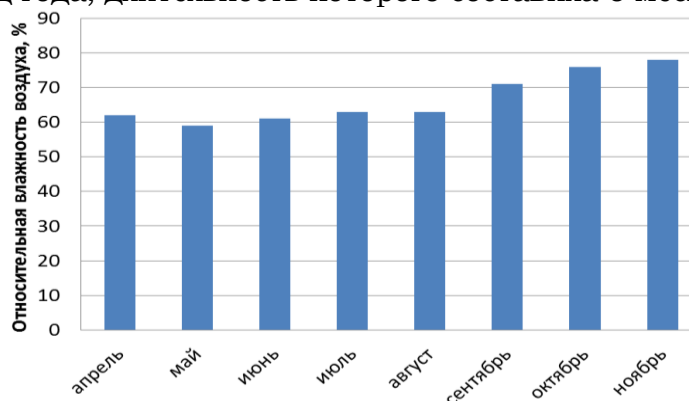


Рис. 1. Динамика изменения относительной влажности воздуха при хранении добавки

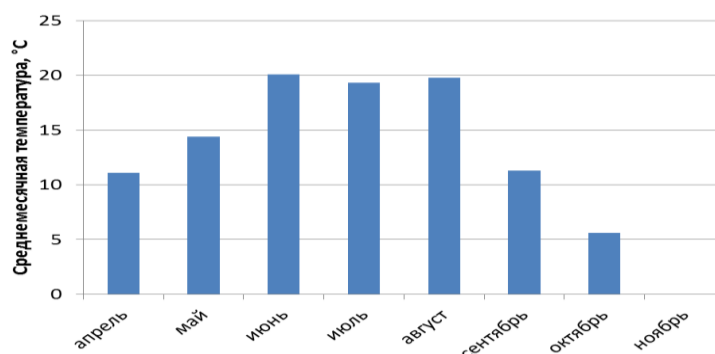


Рис. 2. Динамика изменения среднемесячной температуры воздуха при хранении

Изменение показателей качества добавки при хранении в складских условиях представлено в таблице 2.

Таблица 2

Изменение показателей качества добавки при хранении в складе

Срок хранения, мес.	Влажность, %	Угол естественного откоса, град.	Объемная масса, кг/м ³	Распыляемость, %
0	7,1	39	490	4,6
1	7,3	39	480	4,5
2	7,2	38	470	4,6
3	7,4	38	490	4,7
4	8,2	40	470	4,6
5	8,2	40	490	4,9
6	8,5	41	490	4,8

Полученные данные свидетельствуют о росте влажности образца на 1,4 %. Не изменились значения естественного откоса, объемной массы и распыляемости.

Активная и общая кислотность находилась в исходных пределах. Таким образом, качество добавки через 6 месяцев хранения в лабораторных и складских условиях не изменилось. В ходе исследований проведено сравнительное изучение влияния добавки на качество премиксов от 10 до 75 суток при хранении в лабораторных и складских условиях. Содержание добавки в продукции составило 0,1 кг/т (табл. 3).

Таблица 3

Состав премиксов рецепта

Компоненты	Единица измерения	На 1 т премикса		
		контрольный	опытный	
Витамины:				
А	млн. М.Е.	20000		
Д ₃		4000	20000	
Е		2000	4000	
В ₁		г	3000	2000
В ₂		г	10000	3000
В ₃		г	20000	10000
В ₅		г	10000	20000
В ₁₂		г	20000	10000
Микроэлементы:				
марганец	мг		20000	
железо		г	50000	
цинк		г	25000	50000
медь		г	40000	25000
йод		г	5000	40000
кобальт		г	1500	5000
селен		г	2,500	1500
магний		г	200	2,500
магний		г	15000	200
сера		г	100000	15000
добавка		г	-	100000
Наполнитель			до 1000 кг	до 1000 кг



В табл. 4 представлены изменение температуры и относительной влажности воздуха в ходе напольного хранения на складе с апреля по сентябрь 2025 года премикса с кормовой добавкой.

Таблица 4

Динамика температуры и относительной влажности воздуха при хранении

Наименование показателей	Месяцы					
	Ап- рель	Май	Июнь	Июль	Ав- густ	Сен- тябрь
Среднемесячная температура, °С	15,2	21,5	22,0	22,8	21,5	17,9
Среднемесячная относительная влажность воздуха %	51,0	44,5	52,0	58,1	64,1	59,1

Исследовали сохранность витаминов в 2 вариантах премиксов: без добавки -1 с вводом добавки-2.

Опытные партии премикса с кормовой добавкой хранили в контролируемых условиях ($t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $W = 90\%$). В табл. 5 представлены результаты качества премиксов с кормовой добавкой.

Таблица 5

Изменение показателей качества премиксов при хранении

Вариант	Исходное значение	Срок хранения, дни		
		15	30	45
Влажность, %				
1	9,5	16,0	18,0	20,6
2	9,3	15,1	16,7	18,1
Кислотность, град.				
1	4,3	6,1	6,2	6,4
2	4,3	6,0	6,0	6,3
pH				
1	4,11	5,10	4,93	5,00
2	4,11	5,13	5,10	5,10
	млн.МЕ/т	Витамин А, % к исходному		
1	20000,0	96,7	93,0	90,4
2	20000,0	93,8	92,5	91,2
	кг/т	Витамин В ₁ , % к исходному		
1	3,0	91,4	88,5	85,4
2	3,0	93,3	89,6	84,8
	кг/т	Витамин В ₂ , % к исходному		
1	111,3	94,6	92,3	83,4
2	191,4	95,9	98,1	86,4
	гр	Витамин Е, % к исходному		
1	2000,0	95,6	90,0	84,1
2	2000,0	97,4	93,6	85,5

В конце срока хранения, через 5 месяцев, влажность образцов выросла на 8,8 % и 11,1 % от исходных значений - 9,3 и 9,5 %. Конечное значение составило 18,1 и 20,6 % в контрольном и опытном образцах. Активная кислотность оставалась без изменений, pH оставалось в диапазоне 4,11-5,13.

В табл. 6 представлены данные изменения витаминов в течении 5 месяцев хранения опытных образцов.

К концу срока хранения, как в контрольном, так и в опытном образцах, наблюдалось значительное снижение содержания витаминов А и Е. Снижение активности витамина А в контрольном и опытном образцах снизилось соответственно на 10,3 % и 13,6 %, витамина Е – на 7,5 % и 8,4 %.

Активности витаминов В₁, В₂, Д₃ в течении первых 3 месяцев хранения менялась незначительно и снизилась в опытных вариантах на 2,1 %, 3,0 % и 3,7 % соответственно.



Таблица 6

Сравнительное изменение активности витаминов

Варианты премиксов	Срок хранения, мес.				
	1	2	3	4	5
Витамин А,					
1	96,3	93,6	91,6	84,9	80,6
2	96,8	94,0	91,5	87,2	83,2
Витамин Е, г/т					
1	95,7	95,3	94,6	90,5	88,2
2	98,4	97,9	96,2	93,0	90,0
Витамин В ₁ , г/т					
1	99,7	98,1	97,6	94,6	90,1
2	99,5	97,3	94,2	91,6	89,8
Витамин В ₂ , г/т					
1	99,6	97,1	96,6	94,2	92,4
2	98,7	98,3	97,2	95,5	92,5
Витамин Д ₃					
1	97,5	95,3	93,8	84,8	74,7
2	98,1	95,8	93,6	85,1	75,3

Таким образом, ввод добавки в предусмотренных количествах, не оказал отрицательного влияния на качество продукции при хранении. Изменение технологических свойств премиксов при хранении в складских условиях представлено в табл. 7.

Таблица 7

**Изменение технологических свойств премиксов
ПКР-1 при хранении в складских условиях**

Наименование премикса	Срок хранения, мес	Угол естеств. откоса, град	Объемная масса, кг/м ³	Крупность, остаток на сите с сеткой 1,2, %	Распыляемость, %
Премикс для молодняка КРС с добавкой (опытная партия)	0	42	403	0,0	8,0
	1	42	401		8,2
	2	43	405		7,0
	3	42	400		7,8
	4	42	397		7,3
	5	43	407		7,8
Премикс для молодняка КРС (контрольная партия)	6	42	405	0,0	7,7
	0	42	400	0,0	8,2
	1	42	402		7,8
	2	43	400		7,5
	3	43	405		7,9
	4	42	410		8,3
	5	42	407		8,0
	6	43	403	0,0	8,1

В ходе опыта не установлено изменений показателей распыляемости, угла естественного откоса, объемной массы. Крупность, характеризующаяся остатком на сите с сеткой № 1, 2 до конца опыта отсутствовала, что свидетельствовало об отсутствии слеживания продукции.

Полученные данные свидетельствуют, что ввод добавки в состав премикса, не оказал отрицательного влияния на качество продукции при хранении. Таким образом, кормовая добавка может быть рекомендована для рационов питания животных и аквакультуры.



ЛИТЕРАТУРА

1. Rioja E, Rubio-Martínez LM, Monteith G, Kerr CL. Analgesic and motor effects of a high-volume intercoccygeal epidural injection of 0.125% or 0.0625% bupivacaine in adult cows. *Can J Vet Res.* 2013 Oct;77(4):273-80. PMID: 24124269; PMCID: PMC3788658.
2. Hiraoka M, Miyagawa T, Kobayashi H, et al. Successful introduction of modified dorsolumbar epidural anesthesia in a bovine referral center. *Journal of Veterinary Science.* 2007 Jun;8(2):181-184. DOI: 10.4142/jvs.2007.8.2.181. PMID: 17519573; PMCID: PMC2872718.
3. Lumb W.V., Jones E. *Veterinary Anesthesia*/Ile & Febiger, Philadelphia, 1984 - 325 p.
4. Miller R.D. (Hrsg.) *Anesthesia*/Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London, 1986 - 412 p.
5. Muir W.W. and JAE. Habbel. *Handbook of veterinary anesthesia*/ Mosby Company, St. Louis, Washington, Toronto, 1989 - 386 p.
6. Бетшарт-Вольфенсбергер Р., Стекольников А.А., Нечаев А.Ю. *Ветеринарная анестезиология* /. - Санкт-Петербург: СпецЛит, 2010. - 272 с. ISBN: 978-5-299-00446-5
7. Лочкарев В.А. Эпидуральная анестезия при акушерских операциях у крупного рогатого скота // *Вестник ветеринарии*. - 2002. - № 1(22). - С. 61-63.
8. Макаров А.М. Оценка эффективности эпидуральной анестезии у коров // *Матер. 79-й междунар. науч. конф. молодых ученых и студентов СПбГУВМ*. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2025. - С. 144-146.
9. Мирон Н.И., Семенов Б.С., Виденин В.Н. *Термины и операции в ветеринарной хирургии* - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 840 с. - ISBN 978-5-507-44620-9. // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/260672>
10. Семенов Б.С., Виденин В.Н., Нечаев А.Ю. [и др.] *Оперативная хирургия у животных: уч. для вузов*. - Санкт-Петербург: Лань, 2025. - 704 с. - ISBN 978-5-507-50618-7. // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/449936>

REFERENCES

1. Rioja E, Rubio-Martínez LM, Monteith G, Kerr CL. Analgesic and motor effects of a high-volume intercoccygeal epidural injection of 0.125% or 0.0625% bupivacaine in adult cows. *Can J Vet Res.* 2013 Oct;77(4):273-80. PMID: 24124269; PMCID: PMC3788658.
2. Hiraoka M, Miyagawa T, Kobayashi H, et al. Successful introduction of modified dorsolumbar epidural anesthesia in a bovine referral center. *Journal of Veterinary Science.* 2007 Jun;8(2):181-184. DOI: 10.4142/jvs.2007.8.2.181. PMID: 17519573; PMCID: PMC2872718.
3. Lumb W.V., Jones E. *Veterinary Anesthesia*/Ile & Febiger, Philadelphia, 1984 - 325 p.
4. Miller R.D. (Hrsg.) *Anesthesia*/Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London, 1986 - 412 p.
5. Muir W.W. and J.A.E. Habbel. *Handbook of veterinary anesthesia*/Mosby Company, St. Louis, Washington, Toronto, 1989 - 386 p.
6. Betschart-Wolfensberger R., Stekolnikov A.A., Nechaev A.Yu. *Veterinary anesthesiology* /. - St. Petersburg: SpetsLit, 2010. - 272 p. ISBN: 978-5-299-00446-5
7. Lochkarev V.A. Epidural anesthesia in obstetric operations in cattle // *Veterinary Bulletin*. - 2002. - No. 1 (22). - pp. 61-63.
8. Makarov A.M. Evaluation of the effectiveness of epidural anesthesia in cows // *Proceedings of the 79th international. scientific. conf. of young scientists and students of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine*. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2025. - pp. 144-146.
9. Miron N.I., Semenov B.S., Videnin V.N. *Terms and Operations in Veterinary Surgery* - St. Petersburg: Lan, 2022. - 840 p. - ISBN 978-5-507-44620-9. // Lan: electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/book/260672>
10. Semenov B.S., Videnin V.N., Nechaev A.Yu. [et al.] *Operative Surgery in Animals: teaching aid for universities*. - St. Petersburg: Lan, 2025. - 704 p. - ISBN 978-5-507-50618-7. // Lan: electronic library system. - URL: <https://e.lanbook.com/book/449936>



МАШИНОСТРОЕНИЕ В АПК

УДК 631.316.022

DOI 10.24412/2311-6447-2025-4-236-241

Повышение эффективности работы стрелчатых лап культиваторов путем модификации их конструктивного исполнения

Improving the efficiency of cultivator tines by modifying their design

Доцент, к.т.н. А.В. Шовкопляс

ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова», кафедра «Технический сервис в АПК», тел. +7-959-129-07-78
silkdance@yandex.ru

Associate Professor, PhD in Engineering A.V. Shovkoplyas

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Luhansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov," chair of Technical Services in the Agro-Industrial Complex, tel. +7-959-129-07-78
silkdance@yandex.ru

Аннотация. Обработка почвы культиватором – неотъемлемая часть классической агротехники при обработке почвы, в частности перед посевом. Этот процесс важен для формирования оптимальной плотности почвы, что создает благоприятную среду для всходов и дальнейшего развития культур. Эту задачу выполняют различные по форме и конструктивному исполнению рабочие органы культиваторов. Предлагается применять стрелчатые лапы с зубцами, сформированными за счет различных углов раствора, чем предотвращается обволакивание лезвия растительными и пожнивными остатками и, как следствие, уменьшает энергозатраты при культивации.

Abstract. Tillage with a cultivator is an integral part of classical agricultural techniques in tillage, in particular before sowing. This process is important for the formation of optimal soil density, which creates a favorable environment for germination and further crop development. This task is performed by various cultivators' working bodies in terms of shape and design. It is proposed to use pointed paws with teeth formed due to different angles of the solution, which prevents the blade from enveloping with plant and crop residues and, as a result, reduces energy consumption during cultivation.

Ключевые слова: культиватор, стрелчатая лапа, угол раствора, лезвие, обволакивание, подрезание, колебание.

Keywords: cultivator, pointed paw, angle of solution, blade, enveloping, pruning, oscillation.

Механическая обработка почвы остается ключевым методом для обеспечения оптимальных условий для выращивания сельскохозяйственных культур. Эффективность механизированной обработки почвы определяется множеством переменных факторов, включая физические и механические характеристики, технологические параметры почвы, уровень влажности, предшествующую культуру, наличие сорняков, подверженность эрозии, а также особенности рельефа местности. Важным показателем качества обработки является гранулометрический состав почвы. Степень измельченности почвы оказывает значительное влияние на площадь поверхности почвенных частиц, что, в свою очередь, активизирует физико-химические и микробиологические процессы, способствуя увеличению урожайности [1, 2, 3].

Система обработки почвы формируется путем последовательного применения различных методов. Современные подходы к обработке направлены на борьбу с



эрозией, поддержание и повышение почвенного плодородия при одновременном снижении энергозатрат [4 - 7].

Культиваторы используются для поверхностного рыхления почвы без поворота пласта и вынесения нижних влажных слоев на поверхность, а также для уничтожения нежелательной растительности. Эти инструменты, название которых происходит от латинского слова «cultivo», означающего «возделываю», также применяются при внесении минеральных удобрений, прореживании посевов и формировании поливных борозд [8, 9].

Рабочими элементами культиваторов являются лапы различной конструкции, которые крепятся к раме посредством жестких или пружинных стоек.

Обычно для изготовления культиваторных лап применяют стали марок 65Г и 70Г, допустимо также использование стали Ст6. Готовые рабочие органы подвергают местной закалке с использованием токов высокой частоты до получения твердости в диапазоне HRC 38-52 [3]. Испанская фирма «Bellota» производит лапы для культиваторов из стали 28MnB8 с добавлением бора (согласно EN), которые, благодаря специализированной термообработке, приобретают твердость HRC 48-52. Такая высокая твердость гарантирует требуемые значения упругости и прочности, позволяя лапам выдерживать ударные нагрузки без возникновения деформаций и разрушений [10, 11].

Цель исследований улучшение рабочих характеристик стрелчатых лап, что достигается путем изменения их конструкции, использования более износостойких материалов, как при изготовлении, так и при восстановлении, применения упрочняющих технологий и установки предохранительных механизмов, срабатывающих при превышении нагрузок в процессе эксплуатации.

Для гарантии стабильной работы культиваторов необходимо соблюдать оптимальные характеристики их рабочих органов. Геометрические параметры лап культиваторов определяются углами раствора 2γ и крошения β , шириной захвата b и конфигурацией передней части (формой груди). Величина угла раствора лап 2γ должна обеспечивать подрезание сорных растений методом резания со скольжением, при этом перерезанные стебли и корни должны безостановочно скользить вдоль режущей кромки. Если же указанное требование не выполняется, то не перерезанные части растений – стебли и корни будут обволакивать лезвие, что ухудшит качество работы лапы [9, 12].

При работе с тяжелыми глинистыми почвами оптимально использование культиваторных лап с углом раствора лезвий от 50 до 58 градусов. Для почв средней плотности рекомендуется диапазон 60-78 градусов, а для песчаных почв – 70 - 80 градусов [9].

У стрелчатой лапы предлагаемой конструкции угол раствора изменяется по длине режущей кромки. У носка лапы его значение составляет 60° . По длине лезвия лапы предусматриваются зубчатые элементы с изменяющимися углами раствора, указанными на рисунке 1 как $2\gamma'$ и $2\gamma''$. Благодаря этому, при функционировании лапы ее зубцы будут эффективно воздействовать на находящуюся вокруг лезвия почву, растительные и пожнивные остатки, встряхивая их, снижая тем самым вероятность налипания почвы и обволакивание лезвия. Заточка режущих кромок производится с плавным уменьшением угла от носка к краям.

Углы заточки зубцов также выполнены убывающими к периферии. Между соседними зубцами для снижения концентрации напряжений, предусмотрены переходы с плавными сопряжениями.

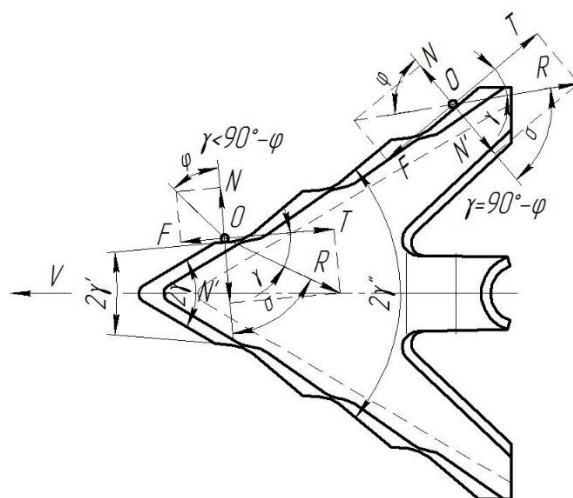


Рис. 1. Эскиз предлагаемой лапы и обоснование величины угла раствора γ зубцов лапы

Движущееся со скоростью V и расположенное под углом γ лезвие лапы контактирует со стеблем сорного растения O (рис. 1). Возникающая при этом сила сопротивления R складывается из двух составляющих: направленную вдоль лезвия касательную $T=R \cdot \cos \gamma$, и направленную перпендикулярно – нормальную $N'=R \cdot \sin \gamma$.

Касательная составляющая T способствует перемещению стебля сорняка вдоль поверхности лезвия, а сила трения $F=f \cdot N$ – препятствует этому.

Взаимодействие лезвия и стебля сорного растения характеризуется равенством сил: нормального давления N' , с которой стебель давит на лезвие, уравновешивается силой N , с которой лезвие воздействует на стебель.

Для касательной силы T , приводящей стебель сорняка в движение, возможно два варианта по отношению к силе трения F : T меньше F ($T < F$) или T больше или равна F ($T \geq F$). Когда движущая сила T не превышает силу трения F , стебель остается неподвижным относительно лезвия. В другом случае, при касательной силе T больше или равной силе трения F , стебель смещается по направлению к задней части лапы культиватора (см. рис. 1). Если перерезание стебля не произошло, он соскальзывает с режущей кромки лапы, предотвращая обволакивание лезвия.

Для эффективного перемещения (скольжения) стебля по поверхности лезвия необходимо соблюдение определенного соотношения между углами γ и φ .

$$\gamma \leq \frac{\pi}{2} - \varphi. \quad (1)$$

При выходе силы сопротивления R за пределы конуса трения $\sigma > \varphi$, растение соскальзывает по поверхности рабочего органа (рис. 1). При критическом соотношении углов, когда $\gamma = \pi/2 - \varphi$, возможно возникновение ситуации, когда у движущихся вдоль лезвия лапы стеблей или корней сорняков коэффициенты трения покоя и скольжения равны [13]

$$2\gamma \cong \frac{\pi}{2}. \quad (2)$$

Для выполнения условия (2) требуется, чтобы движение лапы культиватора осуществлялось беспрепятственно и без налипания. Налипание почвы к лезвию лапы препятствует свободному движению стеблей сорных растений вдоль режущей кромки.

Предлагается применение стрельчатой лапы с несимметричным зубчатым контуром и переменным углом раствора вдоль всей длины режущего лезвия. Несимметричное размещение зубцов на режущих кромках приводит к возникновению циклических нагрузок, ориентированных под меняющимся углом перпендикулярно направлению движения лапы. Интенсивность динамического давления почвы на



режущую поверхность кромки лезвия изменяется в каждой точке и определяется величиной текущего угла φ и ускорением, которое передается частицам почвы каждой из точек зубчатой поверхности режущего клина.

Благодаря регулярным воздействиям, стрелчатая лапа предлагаемой конструкции, закрепленная на стандартной (штатной) стойке, станет перемещаться горизонтально, улучшая свою функциональность, в частности, удаляя сорную растительность и предотвращая налипание почвы на режущей кромке (см. рис. 2а). Рабочий орган с несимметричной зубчатой формой профиля, установленный на торсионной стойке, будет совершать угловые колебательные движения, поворачиваясь на определенный угол, определяемый упругостью стойки (см. рис. 2б). Причиной этому служит изменение величины тягового сопротивления силы сопротивления, оказываемой на крылья стрелчатой лапы.

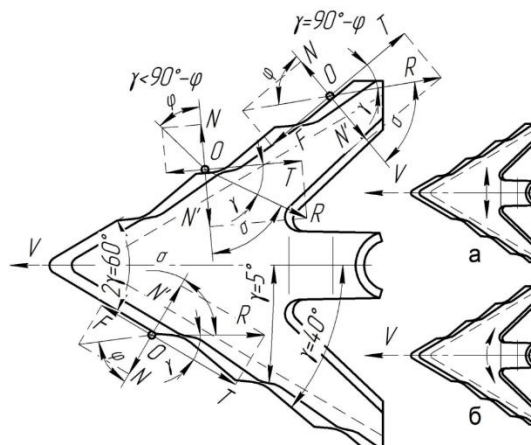


Рис. 2. Схема предлагаемой лапы с действующими силами в зависимости от угла раствора γ зубцов лапы: а – колебательные движения лапы при штатном креплении; б – угловые перемещения лапы, установленной на торсионной стойке

Культиватор КАП-30, созданный О. В. Верняевым, функционировал по схожему принципу. Его рабочие органы, оснащенные закругленным носком, совершали вращательное движение в горизонтальной плоскости вокруг вертикальных осей. Стойки лап, имеющие круглое сечение, располагались на раме культиватора в два ряда. Движение каждого ряда рабочих органов обеспечивалось валом отбора мощности трактора через кривошипно-шатунный механизм, который преобразовывал вращательное движение вала в возвратно-поступательные движения кривошипов стоек [14].

Силу продольной реакции тягового сопротивления, оказываемую лапой предложенной конструкцией, можно вычислить

$$P_X = R_{Л.К} + R_{П.К} + R_C, \quad (3)$$

где $R_{Л.К}$, $R_{П.К}$, R_C – сопротивления почвы перемещению левого и правого крыльев лапы и стойки.

Определить величину P_X конкретного крыла лапы, исходя из определенных параметров и соотношений, можно по формуле, предложенной Г. Н. Синеоковым

$$P_X = R_{ВХ} + R_{КХ} + R_{ГХ} + R_{ФХ}, \quad (4)$$

где $R_{ВХ}$ – сопротивление почвы внедрению лезвия; $R_{КХ}$ – сопротивление почвы деформации; $R_{ГХ}$ – сопротивление трехгранного клина, вызванное массой пласта; $R_{ФХ}$ – сопротивление трехгранного клина, обусловленное инерцией пласта.

Когда режущая часть инструмента резко ударяет по корню сорного растения, процесс его перерезания облегчается. Как утверждает Тимошенко, мгновенное приложение динамической силы $U_{дин}$ к сорняку вызывает деформацию, которая значительно – вдвое превосходит, ту, что возникает при медленном и постоянном приложении статической силы $U_{ст}$.



$$U_{\text{дин}} = 2U_{\text{ст.}} \quad (5)$$

А. А. Дубровский и И. И. Артоболевский указывали на перспективность применения вибрационных методов для улучшения функционирования сельскохозяйственной техники, особенно используемой для обработки почвы. Так как свыше 70 % всего энергопотребления в сельском хозяйстве приходится на данные агрегаты, увеличение их эффективности играет определяющую роль для всего сельскохозяйственного сектора.

Исследования акцентируют внимание на том, что применение рабочих органов, совершающих горизонтальные угловые колебания, предоставляет особые преимущества в аридных почвенных условиях, так как способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных культур благодаря более результативной обработке, полному уничтожению сорняков и удержанию влаги в нижних почвенных горизонтах. Эксперименты О. В. Верняева с применением рентгенографии показали, что такие рабочие элементы увеличивают устойчивость почвы к эрозии.

Преимущество упругих стоек заключается в возможности эффективного использования автоколебаний на частотах, близких к собственным частотам системы «почва-рабочий орган-упругая стойка».

Применение упругих стоек приводит к существенному уменьшению потребления энергии по сравнению с жестким креплением рабочего органа. Снижение затрат энергии колеблется в пределах 25-30 %, и данный показатель возрастает с повышением скорости движения агрегата до значений критической скорости $V_{\text{кр}}$, после чего качество обработки почвы ухудшается.

В связи с этим, при обработке влажных грунтов целесообразно применять лапы с углом раствора 2γ , который существенно меньше значения, указанного в уравнении (2). Тем не менее, чрезмерное уменьшение угла 2γ может привести к тому, что культиваторная лапа будет оставлять значительное количество неподрезанных сорняков. Следовательно, для эффективного контроля над сорной растительностью не рекомендуется существенно уменьшать угол раствора 2γ .

В результате проведенного исследования установили, что использование предлагаемой стрелчатой лапы с асимметричным зубчатым профилем позволит уменьшить энергозатраты на культивацию, повысить эффективность уничтожения сорняков, сохранить почвенную влагу и предотвратить эрозию; функциональность почвообрабатывающих агрегатов, оснащенных стрелчатыми лапами, и их способность эффективно использовать энергию определяются конструктивными параметрами и технологическими особенностями, как рабочих органов в отдельности, так и в целом орудия.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев А.С., Огородников Д. Д., Юдаев И. В. Энергосбережение в сельском хозяйстве. СПб.: Лань, 2014., 400 с.
2. Заленский В.А. Обработка почвы и плодородие. Минск: Беларусь, 2004., 542 с.
3. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв. К.: Феникс, 2008., 266 с.
4. Архипов А.Г., Горбачев М.И., Косогор С.Н. Моторин О.А., Суворов Г.А., Труфляк Е.В. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019., 80 с.
5. Субаева А.К. Техническая и технологическая модернизация сельского хозяйства в условиях цифровой экономики: Монография: Казанский ГАУ, 2023., 308 с.
6. Нуруллин Э.Г. Тенденции развития техники в растениеводстве / Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности // Научные труды междунар. науч.-практ. конф.. Научное издание. Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2021. С. 387-396.
7. Старовойтов С.И., Ценч Ю.С., Коротченя В.М., Личман Г.И. Технические системы цифрового контроля качества обработки почвы // Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2020. - 14(1). - С. 16-21.



8. Лобачевский Я.П. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин. М.: Росинформагротех, 2005. 116 с.
9. Трубилин Е.И., Абликов В.А., Соломатина Л.П., Лютый А.Н. Сельскохозяйственные машины (конструкция, теория и расчет). Часть I: Уч. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. Краснодар: КГАУ, 2008. 200 с.
10. Адашкин А.М., Седов Ю.Е., Онегина А.К., Климов В.Н. Материаловедение в машиностроении. В 2 ч. Учеб. для вузов. М.: Юрайт, 2022. Часть 1-я. 258 с. Часть 2-я. 292 с.
11. Ковшов А.Н. Технология машиностроения. СПб.: Лань, 2008. 320 с.
12. Капустин А.Н. Основы теории и расчета машин для основной и поверхностной обработки почв. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 134 с.
13. Кобяков И.Д. Исследование процесса резания почвы // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 9. – С. 30-32.
14. Ксенович И.П., Варламов Г.П., Колчин Н.Н. и др. Машиностроение. Энциклопедия. Сельскохозяйственные машины и оборудование Т. IV-16. Под ред. И. П. Ксеновича. М.: Машиностроение, 2002. 720 с.

REFERENTS

1. Gordeev A.S., Ogorodnikov D. D., Yudaev I. V. Energy Saving in Agriculture. St. Petersburg: Lan', 2014, 400 p.
2. Zalensky V. A. Soil Cultivation and Fertility. Minsk: Belarus, 2004, 542 p.
3. Panov I.M., Vetokhin V.I. Physical Foundations of Soil Mechanics. Kiev: Feniks, 2008, 266 p.
4. Arkhipov A.G., Gorbachev M.I., Kosogor S.N., Motorin O.A., Suvorov G.A., Truflyak E.V. Digital Transformation of Russian Agriculture: official pub. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution "Rosinformagrotech", 2019, 80 p.
5. Subaeva A.K. Technical and Technological Modernization of Agriculture in the Context of the Digital Economy: Monograph: Kazan State Agrarian University, 2023, 308 p.
6. Nurullin E.G. Trends in the Development of Technology in Crop Production / Global Challenges for Food Security: Risks and Opportunities // Scientific Works of the International Scientific and Practical Conf. Scientific Publication. Kazan: Kazan State Agrarian University Publishing House, 2021, pp. 387-396.
7. Starovoytov S.I., Tsench Yu.S., Korotchenya V.M., Lichman G.I. Technical Systems for Digital Quality Control of Soil Tillage // Agricultural Machinery and Technologies. – 2020. – 14(1). – pp. 16-21.
8. Lobachevsky Ya.P. Current status and development trends of tillage machines. Moscow: Rosinformagrotekh, 2005. 116 p.
9. Trubilin E.I., Ablikov V.A., Solomatina L.P., Lyuty A.N. Agricultural machinery (design, theory and calculation). Part I: Textbook. – 2nd ed., revised and enlarged. Krasnodar: KGAU, 2008. 200 p.
10. Adashkin A.M., Sedov Yu.E., Onegina A.K., Klimov V.N. Materials science in mechanical engineering. In 2 parts. Textbook for universities. Moscow: Yurait, 2022. Part 1. 258 p. Part 2. 292 p.
11. Kovshov A. N. Technology of Mechanical Engineering. St. Petersburg: Lan, 2008. 320 p.
12. Kapustin A. N. Fundamentals of Theory and Calculation of Machines for Primary and Surface Tillage. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2013. 134 p.
13. Kobyakov I. D. Study of the Soil Cutting Process // Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex. – 2007. – No. 9. – pp. 30-32.
14. Ksenovich I. P., Varlamov G. P., Kolchin N. N., et al. Mechanical Engineering. Encyclopedia. Agricultural Machinery and Equipment, Vol. IV-16. Ed. by I. P. Ksenovich. M.: Mechanical Engineering, 2002. 720 p.



**Влияние способа сушки на химический состав
и антиоксидантные свойства виноградных
и яблочных выжимок**

**Effect of drying method on chemical composition
and antioxidant properties of grape and apple pomace**

Заведующий кафедрой, д.т.н. Х.Р. Сиюхов,
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», кафедра технологий, машин и оборудования пищевых производств, тел. 8928668922
siukhov@mail.ru
директор, д.т.н. А.В. Журавлев (ORCID ID 0000-0001-9272-939X),
Ассоциация «ТППП АПК»
alexjav2@mail.ru
доцент, к.т.н. Л.П. Неровных, доцент, к.т.н. О.В. Мариненко, студент М.М. Бат
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», кафедра технологий, машин и оборудования пищевых производств, тел. 89298482736,
tyapin.mihail@yandex.ru

Head of Department, Doctor of Engineering Kh.R. Siyukhov,
Maikop State Technological University, chair of Food Production Technology, Machinery, and Equipment, tel. 8928668922
siukhov@mail.ru
Director, Doctor of Engineering A.V. Zhuravlev (ORCID ID 0000-0001-9272-939X),
Association "TPPP APK"
alexjav2@mail.ru
Associate Professor, Candidate of Engineering L.P. Nerovnykh, Associate Professor, Candidate of Engineering O.V. Marinenko, Student M.M. Bat
Maikop State Technological University, chair of Food Production Technology, Machinery, and Equipment, tel. 89298482736,
tyapin.mihail@yandex.ru

Аннотация. Яблочные и виноградные выжимки являются вторичным сырьем сокового и винодельческого производств, которое остается после отделения сока от яблочной или виноградной мезги.

Выжимки по своему химическому составу близки, а по некоторым показателям и превосходят исходное сырье. Химический состав фруктовых выжимок делает их перспективным сырьем для использования как в качестве натуральной пищевой добавки для улучшения технолого-гических показателей пищевой продукции, так и источника ценных биологически активных веществ при разработке функциональных продуктов питания, а также для извлечения биологически активных веществ, входящих в состав выжимок, в частности, фенольных, пектино-вых веществ, каротиноидов и т.д.

Антиоксидантные свойства продукта зависят не только от исходного сырья, но и от технологии производства. В связи с этим возникает необходимость подобрать такую технологию сушки, при которой содержание антиоксидантов и их активность в конечном продукте будут не только сохранены наилучшим образом, но и повысятся по сравнению с исходным сырьем. Анализ литературных источников показал, что способ сушки оказывает значительное влияние на химический состав выжимок, вместе с тем недостаточно изучен вопрос влияния способа сушки на содержание веществ антиокислителей.

В исследованиях использовали выжимки, полученные от переработки яблок сорта Айдо-ред и от переработки винограда смеси красных сортов, произрастающих в предгорной зоне Кавказа на территории Республики Адыгея. Среди способов сушки выбраны конвекционный, инфракрасный и вакуумный.

В статье представлены экспериментальные данные по химическому составу виноградных и яблочных выжимок, влиянию способа сушки на изменения сахаристости и кислотности виноградных и яблочных выжимок, фенольных соединений и антиокислительной активности. Установлено, что способ



сушки выжимок оказывает существенное влияние на сохранность биологически активных веществ фенольного комплекса, в том числе флавоноидов, а также на показатели, определяющие антиоксидантную активность продукта.

Annotation. Apple and grape pomace are secondary raw materials in juice and wine production, which remain after separating juice from apple or grape pulp.

The pomace is close in chemical composition to, and in some respects even surpasses, the original raw material. The chemical composition of fruit pomace makes it a promising raw material for use both as a natural food additive to improve the technological properties of food products and as a source of valuable biologically active substances in the development of functional foods, as well as for the extraction of biologically active substances included in the pomace, in particular, phenolic, pectin substances, carotenoids, etc.

The antioxidant properties of the product depend not only on the original raw material, but also on the production technology. In this regard, it is necessary to select a drying technology in which the content of antioxidants and their activity in the final product will not only be preserved in the best possible way, but will also increase compared to the original raw material. An analysis of literary sources showed that the drying method has a significant effect on the chemical composition of the pomace, however, the effect of the drying method on the content of antioxidant substances has not been sufficiently studied.

The studies used pomace obtained from processing apples of the Aydores variety and from processing grapes of a mixture of red varieties growing in the foothill zone of the Caucasus in the Republic of Adygea. Convective, infrared and vacuum drying methods were selected among the drying methods.

The article presents experimental data on the chemical composition of grape and apple pomace, the effect of the drying method on changes in the sugar content and acidity of grape and apple pomace, phenolic compounds and antioxidant activity. It was found that the drying method of the pomace has a significant effect on the preservation of biologically active substances of the phenolic complex, including flavonoids, as well as on the indicators determining the antioxidant activity of the product.

Ключевые слова: яблочные и виноградные выжимки, сушка конвективная, инфракрасная, вакуумная, антиоксидантное действие, восстанавливающая способность.

Keywords: apple and grape pomace, convective, infrared, vacuum drying, antioxidant action, restorative capacity.

Яблочные и виноградные выжимки - вторичное сырье сокового и винодельческого производств, остающиеся после отделения сока. По химическому составу данные отходы идентичны исходному сырью, а по некоторым показателям превосходят его. В этой связи яблочные и виноградные выжимки можно рассматривать в качестве вторичных материальных ресурсов с целью получения натуральных пищевых добавок после предварительной обработки.

В условиях растущего интереса к здоровому образу жизни (ЗОЖ) рациональная и эффективная переработка отходов сокового и винодельческого производств открывает возможность их использования в производстве функциональных пищевых продуктов, с повышенным содержанием фенольных, пектиновых веществ, каротиноидов и т.д.

Данные решения перспективны не только для создания функциональных пищевых продуктов, но и представляет собой экономически эффективный метод утилизации отходов сокового и винодельческого производства. Более того, внедрение данного подхода способствует повышению эффективности производственных процессов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

На основании проведенного комплекса научных исследований [1 - 3], установлено, что фруктовые выжимки обладают высокими антиоксидантными свойствами по сравнению с исходным сырьем.

Антиоксидантная активность продуктов определяется не только характеристиками исходного сырья, немаловажную роль играют технологические параметры производства. В связи с этим разработка оптимальной технологии сушки фруктовых выжимок представляет собой ключевую задачу, направленную на максимальное сохранение и даже возможность повышения содержания и активности антиоксидантов в конечном продукте по сравнению с исходным сырьем.

Одной из основных проблем, связанных с переработкой и использованием фруктовых выжимок, является их короткий срок хранения,



который составляет всего несколько часов.

Вследствие этого необходимо применить либо метод заморозки с последующим хранением в морозильных камерах, либо удалять влагу из выжимок, для снижения риска микробиологической порчи.

Заморозка требует значительных энергозатрат не только на сам процесс замораживания, но и на последующее хранение, а также данное сырье занимает значительное пространство в холодильных камерах.

В тоже время метод удаления влаги, предполагает наличие на предприятии линии сушки выжимок, что также сопряжено с определенными финансовыми трудностями. Однако единовременные энергозатраты на тепло, связанные с сушкой, компенсируют расходы на хранение, поскольку сушеные выжимки могут быть надежно сохранены в герметичной упаковке при температуре 18...20°C в складских помещениях, что исключает наличие специализированного оборудования для их хранения.

Оценка способов обезвоживания пищевых продуктов показала, что конвекционная сушка занимает одну из лидирующих позиций. Этот способ базируется на передаче тепловой энергии высушиваемому продукту посредством нагретого теплового агента, чаще всего воздуха или пара-газовой смеси с определенными термодинамическими характеристиками. При этом температура сушильного агента выше температуры высушиваемого материала.

Вакуумная сушка представляет собой альтернативный подход к процессам дегидратации, при котором удаление влаги из высушиваемого материала происходит в условиях пониженного атмосферного давления. Ключевое преимущество данного способа - минимизация содержания воздуха в герметичной рабочей камере, путем эффективного откачивания его специализированными вакуумными насосами. В ходе процесса вакуумной сушки создается замкнутая система с минимальной конвекцией воздуха, что значительно снижает вероятность окислительных реакций и соответственно подавляет рост микроорганизмов. Таким образом, вакуумная сушка позволяет получать высококачественные пищевые продукты длительного срока хранения.

Инфракрасная сушка продуктов - это процесс быстрого удаления влаги, основанный на воздействии инфракрасного излучения. При данном способе, излучение проникает в исходное сырье, вызывая тепловое движение молекул и атомов, приводя к его нагреву. В результате энергия передается от объекта с высоким потенциалом теплопередачи к объекту с более низким потенциалом теплопередачи. В результате влага, содержащаяся в продукте, активно поглощается инфракрасным излучением, проникающим на глубину до 12 миллиметров. В отличие от конвективного способа сушки, где значительному термическому воздействию подвергается поверхность сырья, при ИК излучении слой, расположенный в 6 - 7 мм от поверхности материала, нагревается значительно сильнее. Инфракрасное излучение позволяет удалять влагу при невысокой температуре (40 – 60 °C), что способствует сохранности биологически активных соединений, в том числе витаминов, естественного цвета, вкусовых и ароматических особенностей продуктов, подвергающихся сушке [5].

Анализ литературных источников показал, что способ сушки оказывает значительное влияние на химический состав выжимок, вместе с тем недостаточно изучен вопрос влияния способа сушки на содержание веществ антиоксидантов.

Настоящее исследование было направлено на изучение влияния различных способов сушки фруктовых выжимок (виноградных и яблочных), позволяющих сохранить антиоксидантные свойства данного сырья.

Для достижения данной цели были проведены комплексные эксперименты, в которых использовались выжимки, полученные в результате переработки яблок сорта Айдаред и от переработки винограда смеси красных сортов, произрастающих в предгорной зоне Кавказа на территории Республики Адыгея. Выбор данных сортов и



типов выжимок обусловлен высоким содержанием в них биологически активных веществ (БАВ), включая полифенолы, флавоноиды и антиоксиданты, которые играют важную роль в поддержании здоровья и профилактике хронических заболеваний. Среди способов сушки выбраны конвекционный, инфракрасный и вакуумный. Сушку проводили при 60 °С, с использованием сушильного лабораторного шкафа ПЭ-4610 для конвекционной сушки, инфракрасного сушильного шкафа «Универсал-УНИК-1» для ИК-сушки и лабораторной вакуумной сушильной установки для вакуумной сушки, которую проводили при остаточном давлении 6 - 7 кПа, плотности теплового потока 5,5 кВт/м². Сушка выжимок производилась по достижении исследуемыми образцами постоянной влажности. До и после сушки выжимок определяли сахаристость фотоколориметрическим методом, содержание титруемых кислот визуальным методом, фенольных веществ и флавоноидов фотоколориметрическим методом. Для оценки антиоксидантной способности определяли восстанавливающую силу по методу FRAP, антиоксидантную активность по ингибированию окисления линолевой кислоты, антиоксидантную активность по методу DPPH с использованием фотоколориметрического метода.

После высушивания выжимки перемещали на белую поверхность и при достаточном освещении проводили сенсорный анализ путем оценивания внешнего вида, цвета, консистенции, аромата и вкуса, в том числе их чистоту, интенсивность, а также отсутствие посторонних привкусов и запахов. А также путем сравнения органолептических показателей исходного и высушенного продукта.

Экспериментальные данные биохимического состава яблочных выжимок представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав яблочных выжимок

Показатели на 100г свежих яблочных выжимок	Яблочные выжимки
Сухие вещества, г	18,5
Сахара, г, в т.ч.:	9,0
редуцирующие	7,5
сахроза	1,5
Органические кислоты (в пересчете на яблочную кислоту), г	0,9
Клетчатка, г	1,9
Пектиновые вещества, г, в т.ч.:	2,6
водорастворимые	0,6
водонерастворимые	2,0
Жиры, г	1,2
Белки, г	0,8
Зольные элементы, г	0,5
Водорастворимые антиоксиданты (в пересчете на кверцетин), мг	30,5
Аскорбиновая кислота (витамин С), мг	23,0
Р-активные вещества, мг, в т.ч.:	65,0
катехины	15,5
антоцианы	3,6
флавонолы	45,0
Макроэлементы, мг:	
Ca	24,5
K	49,1
Mg	22,7
P	21,8
Микроэлементы, мг: Fe	0,57

Проведенный анализ показал, что сухие вещества в яблочных выжимках составляют 18,5 %. Из них половина приходится на моно- и дисахариды, большинство из которых являются восстанавливающими углеводами, что свидетельствует о высокой



биологической ценности данного пищевого сырья.

Яблочные выжимки обладают значительным потенциалом, как источник пищевых волокон, включая целлюлозу и разнообразные пектиновые вещества, которые играют важную роль в поддержании здоровья пищеварительного тракта, а также в улучшении метаболизма и снижения уровня липопротеинов низкой плотности (ЛПНП). Растительные волокна являются балластными веществами, входя в состав пищевых продуктов, способствуют перистальтике кишечника, проявляют свойства сорбента. Содержание в исследуемом образце пектиновых веществ достаточно высокое, причем на долю водорастворимого пектина приходится 0,6 %, что составляет 23 % от общего количества пектиновых веществ.

Среди минеральных веществ в яблочных выжимках в наибольшем количестве представлены Ca^{2+} , Mg^{2+} и фосфором, который содержится в основном в виде фосфатов. В яблочных выжимках достаточно высокое количество микроэлемента железа, входящего в состав гемоглобина и участвующего тем самым в кроветворении и газообмене.

Количество зольных элементов в виноградных выжимках составляет 2,5 - 2,8 %, среди которых в основном присутствуют калий и фосфор, находящийся обычно в составе фосфатов. Сахаристость виноградной выжимки, не прошедшей брожение, находится в пределах 5 - 10 %. Количество тартратов - 0,5 - 2,0 % причем на долю свободной винной кислоты и кислого виннокислого калия приходится большая часть 40 % и 10 - 12 % соответственно. Не прошедшая брожение виноградная выжимка, полученная при переработке винограда технической зрелости богата яблочной кислотой, причем содержание малатов в ней достигает уровня винной кислоты. Кроме того, в выжимках присутствуют пентозаны (1,0 - 4,5 %), пектиновые (0,5 - 3,8 %), минеральные (1,2 - 3,6 %) и фенольные (до 11 %) вещества. В таблице 2 показан усредненный количественный состав особенно ценных компонентов виноградной выжимки.

Таблица 2

Химический состав виноградной выжимки

Компоненты, г/100 г сухого препарата	Содержание в сортах винограда	
	белых	красных
Полисахариды (по сумме мономерных составляющих) в том числе L-целлюлоза	42-44 24-25	41-45 24-25
Фенольные и лигниноподобные вещества	36-38	37-39
Азотистые вещества (по азоту)	1,4-1,6	1,5-1,8
Зольный остаток	2,5-2,7	2,6-2,8

Органолептические характеристики выжимок представлены в таблице 3.

Таблица 3

Органолептические показатели яблочных и виноградных выжимок

Показатель	Яблочные выжимки	Виноградные выжимки
внешний вид	однородный, с эластичной и клейкой структурой	неоднородный
консистенция	эластичная, клейкая, слегка влажная	
цвет	желтовато-оранжевый, характерный для яблок	насыщенный красный
вкус	сладковато-кислый, с выраженным яблочным вкусом, усиленный после сушки	терпкий и вяжущий, наличие сладковатого привкуса
запах	яркий аромат яблок, усиленный после сушки	винный, соответствующий сорту винограда с присутствием ноток фруктов, цветов и пряностей

Анализ цвета высушенных яблочных выжимок, показал, что образцы, полученные методом ИК – сушки и вакуумной обработки имели более светлую окраску по сравнению с выжимками, полученными конвекционной сушкой. В тоже время, виноградные выжимки независимо от метода сушки значительных различий в цвете не имели, что свидетельствует о высокой стабильности их пигментов к различным видам термической обработки.

Общее время сушки виноградных выжимок с использованием инфракрасного метода и вакуума составило 360 мин, тогда как при конвекционной методе этот



процесс занял 480 мин. Полученные данные показывают, что инфракрасная сушка и сушка в вакууме протекают быстрее. Основываясь на результатах исследования, можно отметить, что использование инфракрасного метода и вакуума позволяет получить высушенную яблочную выжимку с более светлыми оттенками. С химической точки зрения, данное явление можно объяснить пониженным воздействием данных видов сушки на окислительные процессы в фенольных соединениях. В отличие от конвекционного метода, где используется горячий воздух в качестве сушильного агента, реакция окисления протекает с образованием большего количества окисленных молекул хинона, которые и придают темную окраску яблочным выжимкам.

Данные физико-химического анализа свежих и высушенных яблочных и виноградных выжимок представлены на рисунках 1 - 6.

В процессе сушки влажность продуктов существенно снизилась, что привело к увеличению показателей сахаристости и кислотности, вместе с тем способ сушки повлиял на конечные значения. Так при конвекционной сушке кислотность образцов имела наибольшие показатели 2,18 % и 2,9 % у яблочных и виноградных выжимок соответственно, а образцы, полученные, при вакуумной сушке отличались наименьшим значением титруемой кислотности - 1,75 % и 2,35 %. В отношении изменения концентраций сахаров при разных видах сушки наблюдалась обратная тенденция, она возрастала при вакуумной и ИК-сушке в сравнении с конвекционным способом. Данный результат обусловлен процессом не полной деградации сахаров, в результате которого образуются ди- и трикарбоновые кислоты. В тоже время высокотемпературные режимы сушки и кислая среда запускают реакцию Майера, которая обусловлена взаимодействием восстанавливающих сахаров с аминокислотами, а также реакцию карамелизации.

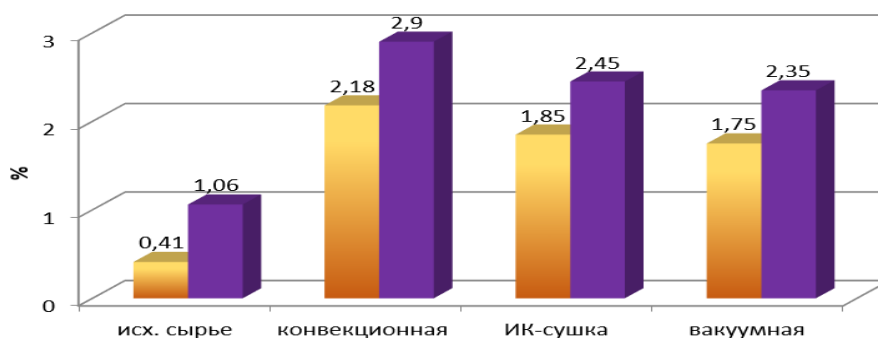


Рис. 1 Массовая доли титруемых кислот выжимок до и после сушки

Таким образом, продолжительность процесса сушки фруктовых выжимок оказывает значительное влияние на концентрацию сахаров и титруемой кислотности в конечном продукте. В ходе конвекционного способа сушки, характеризующейся более длительной экспозицией, наблюдается некоторое снижение содержание сахаров выжимках, однако уровень титруемой кислотности продукта значительно возрастает по сравнению вакуумным и инфракрасным методами.

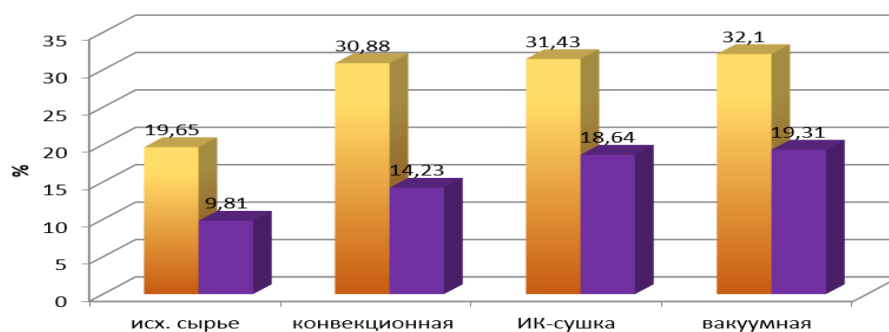


Рис. 2 Массовая доли сахаров в выжимках до и после сушки

Существенное снижение влажности продукта в процессе сушки привело к

увеличению концентрации фенольных веществ и флавоноидов. Фенольные вещества – это обширный класс природных соединений, особенно богаты которыми виноградные выжимки. Фенольные соединения действуют как мощные антиоксиданты, защищая организм от окислительного стресса, вызываемого свободными радикалами. Их антиоксидантные свойства зависят от структурного строения, химической формы присутствия в организме, количества, а также от вида растения. Помимо антиоксидантного, фенольные соединения оказывают противовоспалительное, противоопухолевое и капилляроукрепляющее действия. Они легко окисляются кислородом воздуха, с образованием хинонов, а присутствие катионов железа катализирует этот процесс, поэтому яблочные выжимки, высушенные конвекционным способом, имели более темный цвет.

Флавоноиды – это природные пигменты, которые придают растениям разнообразную окраску (например, антоцианы – красный, синий, флавоны и халконы – желтый) и обладают антиоксидантными, противомикробными и сосудукрепляющими свойствами, кроме того, они улучшают текучесть желчи, способствуют выведению азотистых метаболитов из организма, защищают печень и слизистую желудка. А в последнее время ученые все больше говорят о противоопухолевой активности этих веществ.



Рис. 3. Содержание фенольных соединений в выжимках до и после сушки

Вакуумная сушка способствовала в большей степени сохранению веществ фенольной природы, в том числе флавоноидов в связи с меньшей интенсивностью окислительных процессов ввиду ограничения доступа воздуха. Восстанавливающую силу определяют по методу FRAP [6].

Проведенный анализ показал, что высушенные яблочные выжимки обладают значительно более высокой восстанавливающей способностью по сравнению с исходным сырьем. При этом метод сушки оказывает существенное влияние на данный показатель. Наилучшие результаты были достигнуты при использовании вакуумной и инфракрасной сушки. Вероятно, это связано с тем, что продолжительность сушки негативно сказывается на качественных характеристиках продукта.

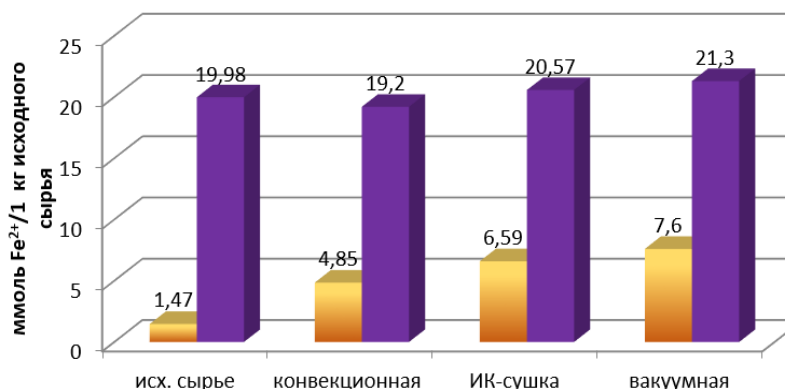


Рис. 4. Восстанавливающая сила выжимок до и после сушки

Линолевая кислота относится к ряду полиеновых жирных кислот, имеет две



кратные связи.

При окислении образуются органические перекиси, которые окисляют Fe^{2+} , создавая тиоционат - комплексы и повышая степень поглощения смеси. При этом степень поглощения прямо пропорциональна содержанию перекисей и обратно пропорциональна антиоксидантной активности. Полученные данные показали, что этот показатель значительно ниже в выжимках высушенных ИК-сушкой, по сравнению с остальными способами, что связано с частичным разрушением под действием инфракрасного излучения веществ, способных ингибировать этот процесс. Кроме того, возможен незначительный перегрев верхних слоев продукта в процессе сушки.

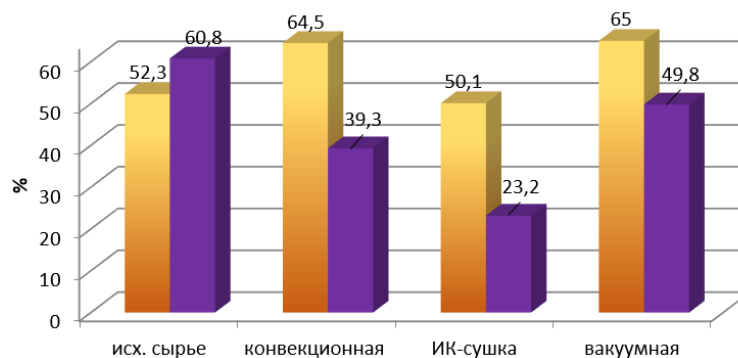


Рис. 5 Показатель ингибирования окисления лимонной кислоты выжимок до и после сушки

Колориметрия свободных радикалов позволяет количественно оценить антиоксидантную активность различных веществ и экстрактов, а также определить их способность ингибировать радикальное окисление. Для характеристики антиоксидантной активности пользуются показателем E – это та концентрация экстракта, при которой происходит 50%-ное ингибирование радикала DPPH антиоксидантом экстракта. При этом чем быстрее торможение реакций окислительного распада и больше антиоксидантная активность, тем, меньше значение показатель E [6].

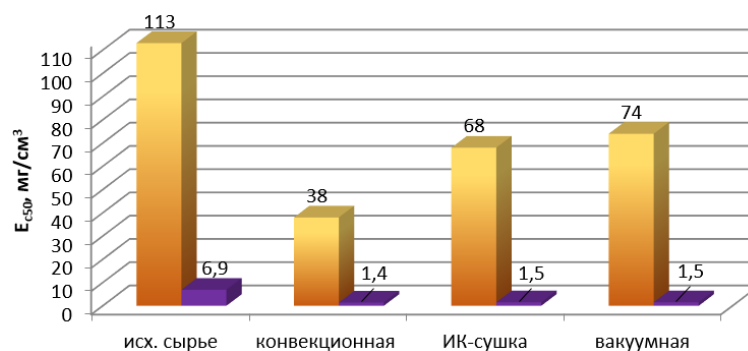


Рис. 6 Оценка антиоксидантной активности колориметрией свободных радикалов (метод DPPH)

Анализ результатов исследований показал, что после сушки антиоксидантная активность как виноградных, так и яблочных выжимок заметно увеличилась. При этом в процессе сушки яблочных выжимок наилучшим результатом отмечен образец, высушенный конвекционной сушкой. Значение этого показателя после сушки виноградных выжимок возросло в 4,6 раза в сравнении с начальным уровнем и имело схожие значения вне зависимости от способа сушки. По всей видимости, как и в случае с ингибированием окисления линолевой кислоты, полученный результат объясняется деструкцией части биологически активных соединений и, как следствие, снижением антиоксидантной способности продукта при воздействии инфракрасного излучения.

Среди рассмотренных способов сушки яблочных выжимок вакуумная и ИК-сушка в большей степени способствуют сохранению биологически активных веществ, обладающих антиоксидантным действием по сравнению конвекционным способом. Инфракрасная сушка приводит к снижению антиоксидантных свойств исследуемого продукта, несмотря на уменьшение факторов (например время сушки),



влияющих на разрушение антиоксидантов. Таким образом, инфракрасная и вакуумная сушка - наиболее приемлемые способы получения высушенных яблочных выжимок, обладающих наилучшими антиоксидантными показателями; для виноградных выжимок - классическая конвекционная и вакуумная сушка позволяют сохранить антиокислительные свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оганнесян Ф.А., Зыкин К.А., Басковцева А.С., Баракова Н.В., Афанасенко А.Е., Самоделкин Е.А., Туралин Д.О. Влияние ферментативной обработки мезги и способа сушки выжимок на время сушки, гранулометрический состав и растворимость яблочных и морковных выжимок. // Научный журнал НИУ ИТ-МО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2025. – № 1. – С. 34-43.
2. Перфилова О.В. Яблочные выжимки как источник биологически активных веществ в технологии продуктов питания // Новые технологии. – 2021. – Т. 17. № 4. – С. 33-41.
3. Быкова Т.О., Макарова Н.В., Шевченко А.Ф. Влияние технологии сушки на химический состав и антиоксидантные свойства фруктовых выжимок. // Пищевая промышленность. – 2015. – № 12. – С. 68-70.
4. Мусифуллина Э.В., Макарова Н.В. Влияние технологии сушки на химический состав и антиоксидантную активность яблочных чипсов. // Пищевая промышленность. – 2013. – № 3. – С. 36-38.
5. Хатко З.Н., Бегеретова Д.М., Белявцева Т.А. Исследование показателей качества виноградных выжимок белых и красных сортов винограда как пектино-содержащего сырья, используемого при конструировании безалкогольных напитков функционального назначения. // Новые технологии. – 2023. – Т. 19. 4. – С. 176-182.
6. Короткий И.А., Расщепкин А.Н., Федоров Д.Е. Анализ влияния температуры нагрева на эффективность вакуумной сушки плодов и ягод. // Вестник КрасГАУ. – 2016. – №1. – С. 47-52.

REFERENCES

1. Oganesyanyan F.A., Zykin K.A., Baskovtseva A.S., Barakova N.V., Afanasenko A.E., Samodelkin E.A., Turalin D.O. Influence of enzymatic treatment of pulp and drying method of pomace on drying time, particle size distribution and solubility of apple and carrot pomace. // Scientific journal of NRU IT-MO. Series "Processes and equipment for food production". - 2025. - No. 1. - pp. 34-43.
2. Perfilova O.V. Apple pomace as a source of biologically active substances in food technology // New technologies. - 2021. - Vol. 17. No. 4. - pp. 33-41.
3. Bykova T.O., Makarova N.V., Shevchenko A.F. Influence of drying technology on the chemical composition and antioxidant properties of fruit pomace. // Food industry. - 2015. - No. 12. - pp. 68-70.
4. Musifullina E.V., Makarova N.V. Influence of drying technology on the chemical composition and antioxidant activity of apple chips. // Food industry. - 2013. - No. 3. - pp. 36-38.
5. Khatko Z.N., Begeretova D.M., Belyavtseva T.A. Study of quality indicators of grape pomace of white and red grape varieties as pectin-containing raw materials used in the design of soft drinks for functional purposes. // New technologies. – 2023. – V. 19. 4. – pp. 176-182.
6. Korotkiy I.A., Raschepkin A.N., Fedorov D.E. Analysis of the influence of heating temperature on the efficiency of vacuum drying of fruits and berries. // Bulletin of KrasSAU. – 2016. - No. 1. – pp. 47-52.



Влияние технико-технологических факторов процесса перегрузки на работоспособность и потребляемую мощность подбункерных средств механизации сыпучих грузов

The influence of technical and technological factors of the handling process on the performance and power consumption of sub-bunker means of bulk cargo mechanization

Доцент В.Н. Туркин,

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, кафедра технологии общественного питания и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. 89537417911

turckin.vladimir@yandex.ru

профессор А.В. Шемякин,

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, кафедра организации транспортных процессов и безопасности жизнедеятельности, тел. 89206332157,

shem.alex62@yandex.ru

профессор Ф.А. Мусаев,

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, кафедра технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, тел. 8-910-642-59-73

musaev@rgatu.ru

профессор К.А. Манаенков,

Мичуринский государственный аграрный университет, кафедра стандартизации, метрологии и технического сервиса, тел. 8 (47545) 3-88-15

ingfak@mgau.ru

доцент Ю.В. Гурьянова

Мичуринский государственный аграрный университет, кафедра садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур, тел. 8 (47545) 3-88-15

guryanova_70@mail.ru

Associate Professor V.N. Turkin,

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Department of Technology of Public Catering and Processing of Agricultural Products, tel. 89209537417911,

turckin.vladimir@yandex.ru

Professor Shemyakin A.V.,

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, rector of RSATU, department of organization of transport processes and life safety, tel. 89206332157,

shem.alex62@yandex.ru

Professor Musaev F.A.,

Ryazan State Agrotechnological University Named After P.A. Kostychev, Agricultural production and processing technologies, tel. 89106425973,

musaev@rgatu.ru

Professor K.A. Manaenkov,

Michurinsk State Agrarian University, chair of standardization, metrology and technical service, tel. 8(47545) 3-88-15

ingfak@mgau.ru

Associate Professor Yu.V. Guryanova



Michurinsk State Agrarian University, department of horticulture, biotechnology and crop breeding, tel. 8(47545) 3-88-15
guryanova_70@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования потребляемой мощности и работоспособности предлагаемого подбункерного средства механизации (устройства перегрузки), имеющего научную новизну, в зависимости от его технико-технологических факторов работы: вертикального давления столба мелкокристаллического хлористого калия и гранулированной азофоски на загрузочную камеру устройства, скорости рабочих органов (цепи со скребками) устройства, пространственного положения разгрузочной горки (рассекателя) и длины загрузочной камеры устройства. Объектами исследования выступили: разработанное устройство перегрузки, мелкокристаллический хлористый калий и гранулированная азофоска, потребляемая мощность и работоспособность устройства, а также технико-технологические факторы процесса перегрузки. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при росте давления до 19 кПа удобрений в камере длиной 400 мм без рассекателя, затраты потребляемой мощности устройства растут для мелкокристаллического хлористого калия: при скорости цепи 0,09 м/с – с 1150 до 1840 Вт, при скорости 0,1 м/с – с 1270 до 2020 Вт, а для гранулированной азофоски: при скорости цепи 0,09 м/с – с 1120 до 1740 Вт, при скорости 0,1 м/с – с 1240 до 1920 Вт. При этом, с установкой рассекателя, при давлении удобрений в камере 23,1 кПа, скорости цепи 0,1 м/с, с увеличением длины загрузочной камеры от 40 до 160 мм и высоты расположения рассекателя от 155 до 195 мм, потребляемая мощность устройства растет незначительно и существенно меньше, чем без рассекателя: для хлористого калия – с 1230 Вт до 1280 Вт, и для азофоски – с 1172 Вт до 1260 Вт.

Annotation. The article presents the results of a study of the power consumption and operability of the proposed podbunker mechanization device (overload device), which has a scientific novelty, depending on its technical and technological factors of operation: the vertical pressure of a column of fine-crystalline potassium chloride and granular nitrogen strip on the loading chamber of the device, the speed of the working bodies (chains with scrapers) of the device, the spatial position of the unloading slide (divider) and the length of the device's loading chamber. The objects of the study were: the developed overload device, fine-crystalline potassium chloride and granular nitrogen strip, power consumption and operability of the device, as well as technical and technological factors of the overload process. The results obtained indicate that with an increase in pressure up to 19 kPa of fertilizers in a 400 mm long chamber without a divider, the cost of power consumption of the device increases for fine-crystalline potassium chloride: at a chain speed of 0,09 m/s – from 1150 to 1840 W, at a speed of 0,1 m/s – from 1270 to 2020 W, and for granular nitrogen strip: at a circuit speed of 0,09 m/s – from 1120 to 1740 W, at a speed of 0.1 m/s – from 1240 to 1920 W.

At the same time, with the installation of a divider, with a fertilizer pressure in the chamber of 23.1 kPa, a chain speed of 0.1 m/s, with an increase in the length of the loading chamber from 40 to 160 mm and the height of the divider from 155 to 195 mm, the power consumption of the device increases slightly and significantly less than without a divider: for potassium chloride – from 1230 W to 1280 W, and for azofoska – from 1172 W to 1260 W.

Ключевые слова: потребляемая мощность, работоспособность (средств механизации), минеральные удобрения, туки, подбункерные средства механизации, устройство перегрузки.

Keywords: power consumption, efficiency (of means of mechanization), mineral fertilizers, tuks, podbunker means of mechanization, overload device.

В современных экономических условиях, важнейшими аспектами повышения эффективности средств механизации АПК, является уменьшение эксплуатационных энергозатрат, обеспечение их работоспособности при меняющихся параметрах работы, наличие широкого функционала: возможности дозирования и пр. [1, 2, 3].

Данные аспекты в полной мере относятся к агрохимической службе АПК, в которой работают энергонасыщенные машины, участвующие в энергоемких процессах перегрузки сыпучих минеральных удобрений, тукосмесей, биологизированных туков и т.п. В данных системах перегрузки, работа подбункерных средств механизации осложняется негативным воздействием давления столба сыпучего материала в бункере на рабочие органы подбункерной машины, что приводит к высокому энергопотреблению машины и даже выходу ее из строя. При чем в данных системах используются бункера значительной высоты (порядка 6...12 метров), которые, вследствие этого, характеризуются значительным давлением столба материала до 23,1 кПа и даже более [1, 2, 4].



Целью работы исследование влияния на потребляемую мощность и работоспособность разработанного устройства перегрузки его технико-технологических факторов работы: давления столба мелкокристаллического хлористого калия и гранулированной азофоски в загрузочной камере устройства, скорости рабочих органов, пространственного положения рассекателя и длины камеры устройства.

Объектами исследования выступили: разработанное устройство перегрузки, мелкокристаллический хлористый калий и гранулированная азофоска, потребляемая мощность и работоспособность устройства, а также технико-технологические факторы процесса перегрузки.

Для целей энергоэффективной перегрузки сыпучих грузов из бункерных систем на последующее технологическое звено было разработано и изготовлено подбункерное устройство перегрузки, выполненное на базе трубчато-скребкового конвейера в виде бункероразгрузчика-дозатора (рисунок 1) [4, 5].

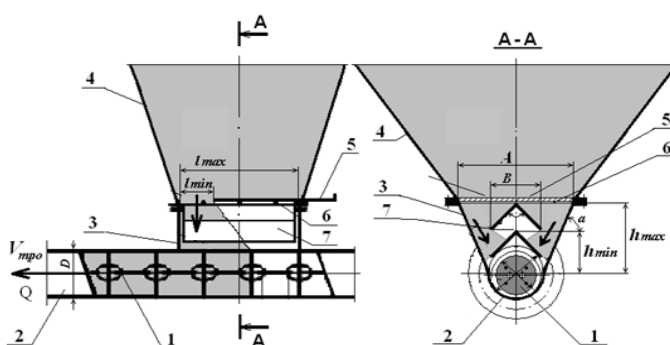


Рис. 1. Схема устройства перегрузки сыпучего материала: 1 – тягово-рабочие органы; 2 – труба; 3 – загрузочная камера; 4 – бункер; 5 – шиберная заслонка; 6 – предохранительные прутки; 7 – разгрузочная горка (рассекатель); $V_{тро}$ – скорость тягово-рабочих органов; l_{max} и l_{min} – максимальная и минимальная длина загрузки в камере, соответственно; h_{max} и h_{min} – максимальная и минимальная высота установки рассекателя, соответственно; D – диаметр трубы; Q – производительность устройства

Конвейер устройства имеет две ветви: холостую и рабочую (перемещает сыпучий груз), выполненные в виде труб 2, соединённых натяжной и приводной станцией. Тягово-рабочие органы 1 конвейера представляют собой цепь с дисковыми скребками. На рабочей ветви размещена загрузочная камера 3, на которую устанавливается бункер 4. Камера оснащена заслонкой-шибером 5, предохранительными прутками 6 и разгрузочной горкой (рассекателем) 7 с углом раскрытия 80° . Шибер 5 и рассекатель 7 позволяют дозировать сыпучий груз из бункера в конвейер. Данное устройство имеет научную новизну и описано ранее в следующих источниках [6, 7, 8].

С целью выяснения работоспособности и исследования потребляемой мощности устройства перегрузки в зависимости от его технико-технологических факторов работы: вертикального давления столба минеральных удобрений на загрузочную камеру, скорости рабочих органов (цепи со скребками), пространственного положения разгрузочной горки (рассекателя) и длины загрузочной камеры устройства были проведены лабораторно-производственные испытания на промышленном предприятии по производству трубчато-скребковых конвейеров ОАО «Техноприбор» (г. Чебоксары).

Этапы исследования:

1 – Определение потребляемой мощности и работоспособности устройства перегрузки без рассекателя при различном давлении сыпучего груза в камере длиной 400 мм.

2 – Определение потребляемой мощности устройства перегрузки при давлении сыпучего груза в камере 23,1 кПа при различном пространственном положении рассекателя - от 120 мм (h_{min}) до 190 мм (h_{max}) в камере длиной 400 мм.



3 – Определение совместного влияния длины загрузочной камеры 1 от 20 до 180 мм и пространственного положения рассекателя (высоты установки) h от 155 до 195 мм на потребляемую мощность устройства при скорости цепи 0,1 м/с и давлении сыпучего груза в камере 23,1 кПа.

Для проведения опытов были выбраны наиболее востребованные в сельском хозяйстве минеральные удобрения разного вида: мелкокристаллическое, простое - хлористый калий и сложное, гранулированное - азофоска.

Материалы и инструменты для проведения опытов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Материалы и инструменты для подготовки и проведения опытов

Перегружаемый материал	Номер ГОСТа и ТУ
Мелкокристаллический хлористый калий	ГОСТ 4568-95
Гранулированная азофоска	ТУ 1113-03-466-91
Применяемые инструменты, приборы	Измеряемые показатели
Секундомер типа СДПр-1-3-010 ГОСТ	Время движения тягово-рабочих органов конвейера
Рулетка типа ОПК2-3АНТ-10, транспортир, линейка ГОСТ	Геометрические размеры устройства перегрузки
Набор сменных грузов общей массой до 250 кг	Давление удобрений на тягово-рабочие органы конвейера в загрузочной камере
Универсальный электроизмерительный прибор Ц 4505 М ТУ 25-7540 010-86	Энергетические показатели работы конвейера

Нормальное давление (P , кПа) сыпучего груза из бункерных систем на загрузочную камеру устройства перегрузки имитировалось и ступенчато варьировалось на уровнях: 0 кПа; 3,8 кПа; 7,7 кПа; 11,5 кПа; 15,4 кПа; 19,2 кПа; 23,1 кПа. Эти уровни создавались набором сменных грузов, размещенных на металлической пластине в загрузочной камере, лежащей строго горизонтально на удобрениях в данной камере. Линейная скорость цепи трубчато-скребкового конвейера устройства составляла 0,09 м/с и 0,1 м/с за счет изменения частоты вращения привода конвейера.

После включения привода конвейера, открывался шибер на необходимую величину и проводились замеры потребляемой мощности устройства.

По результатам исследований получены графические и математические зависимости потребляемой мощности устройства от нормального давления удобрений в его загрузочной камере, не оснащенной рассекателем, длиной 400 мм и линейной скорости цепи 0,09 и 0,1 м/с (рис. 1).

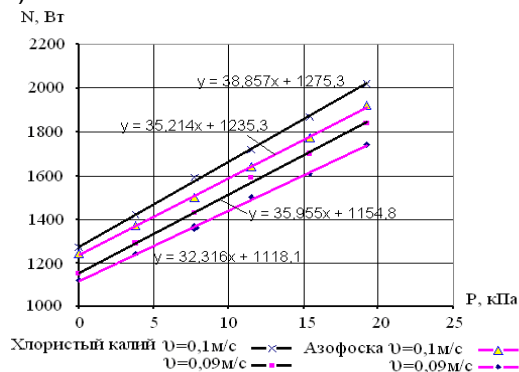


Рис. 2. Графические и математические зависимости потребляемой мощности устройства перегрузки от нормального давления удобрений в его загрузочной камере длиной 400 мм и скорости цепи.

Важнейшим фактом исследования является то обстоятельство, что при повышении давления в загрузочной камере свыше 18 - 19 кПа, для всех видов минеральных



удобрений, наблюдалась крайне неустойчивая работа устройства перегрузки, сопровождаемая вибрацией устройства, прерывистым движением цепи и повышением силы тока привода устройства более 5 А.

При дальнейшем повышении давления свыше 19 - 21 кПа, такой режим работы протекает очень непродолжительное время и, в конечном итоге, наблюдается остановка работы устройства. Это происходит вследствие того, что мощность, требуемая на перемещение тягово-рабочих органов устройства, становится больше мощности, развиваемой ее приводом, в результате чего происходит срабатывание системы защиты электропривода.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в данных условиях экспериментов, повышение давления столба удобрений в загрузочной камере свыше 19 кПа приводит к нарушению работоспособности и отказу работы устройства перегрузки.

Из графических зависимостей, приведенных на рисунке 2 видно, что при увеличении давления минеральных удобрений с 0 до 19 кПа и поступательной скорости цепи с 0,09 до 0,1 м/с затраты потребляемой мощности устройства повышаются, что связано с возрастанием силы трения поверхности сдвига удобрений рабочими органами устройства. При этом затраты мощности больше для хлорида калия: при скорости цепи 0,09 м/с - 1150-1840 Вт, при скорости 0,1 м/с - 1270-2020 Вт, чем для азофоски: при скорости цепи 0,09 м/с - 1120-1740 Вт, при скорости 0,1 м/с - 1240-1920 Вт, что связано с тем, что у хлорида калия значения объемной массы, коэффициентов внешнего и внутреннего трения выше, чем у азофоски.

Результаты предыдущего этапа экспериментов ясно говорят о невозможности работы устройства перегрузки при давлении столба удобрений на его рабочие органы свыше 19 – 21 кПа. С целью восстановления работоспособности устройства, в его загрузочной камере, был установлен рассекаТЕЛЬ, позволяющий снять вертикальную составляющую данного давления.

Результаты исследования потребляемой мощности устройства перегрузки при давлении материала 23,1 кПа в камере длиной 400 мм от различного пространственного положения рассекаателя - от 120 мм ($h_{\min}$) до 190 мм ($h_{\max}$) и скорости цепи показаны на рисунке 3.

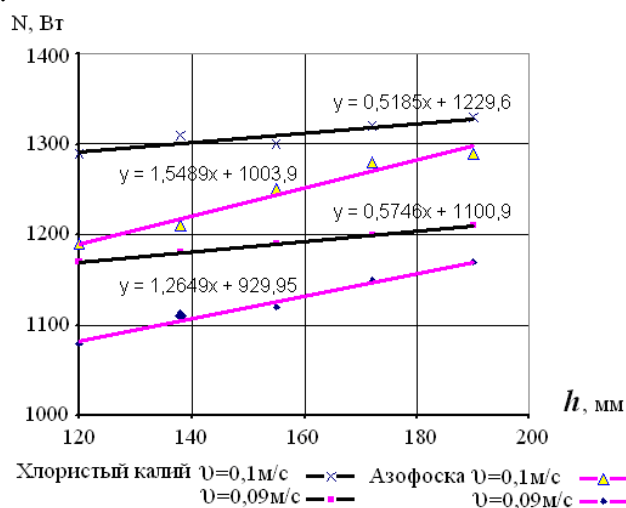


Рис. 3. Графические и математические зависимости потребляемой мощности устройства перегрузки от скорости цепи и высоты установки рассекаателя при длине камеры 400 мм и давлении удобрений в камере 23,1 кПа

Данные экспериментов, показанные на рисунке 3, показывают, что даже при значительном давлении материала в камере величиной 23,1 кПа, размещение рассекаателя над рабочими органами устройства перегрузки полностью восстановило и обеспечило работоспособность устройства. При этом существенным образом



снизилась потребляемая мощность устройства перегрузки: при различном положении рассекателя от $h_{\min}=120$ мм до $h_{\max}=190$ мм, этот показатель составил для хлористого калия при скорости цепи 0,09 м/с - 1170-1210 Вт, при скорости цепи 0,1 м/с - 1290-1330 Вт, для азофоски при скорости цепи 0,09 м/с - 1080-1170 Вт, при скорости цепи 0,1 м/с - 1190-1290 Вт.

В итоге, при постоянной скорости цепи, основными факторами, влияющими на потребляемую мощность предлагаемого устройства, будут являться длина загрузочной камеры l и пространственное положение рассекателя h . При этом скорость цепи 0,1 м/с будет обеспечивать большую производительность устройства, чем скорость 0,09 м/с, что лучше соответствует условиям бункерных систем агрохимической службы АПК, например, в тукосмесительных линиях [9, 10, 11].

Для определения совместного влияния длины загрузочной камеры и высоты расположения рассекателя на потребляемую мощность устройства перегрузки было решено провести серию многофакторных экспериментов.

Факторы варьировали с учетом достаточного и полного заполнения рабочих органов устройства перегрузки и минимальной энергоемкости процесса: длины загрузочной камеры l от 40 до 160 мм и высоты расположения разгрузочной горки h от 155 до 195 мм [12]. Потребляемую мощность устройства измеряли при давлении сыпучего материала 23,1 кПа в камере. Опыты проводились с трехкратной повторностью в каждой точке эксперимента, с занесением в таблицу среднего значения измеряемой мощности (табл. 2).

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований влияния высоты установки рассекателя (h , мм) и длины загрузочной камеры (l , мм) на потребляемую мощность N устройства перегрузки при скорости цепи 0,1 м/с и давлении удобрений в камере 23,1 кПа

№ оп.	№ рандомизации	h , мм	l , мм	хлористый калий	азофоска
				N , Вт	N , Вт
1	3	155	40	1230	1172
2	1	155	100	1236	1190
3	8	155	160	1250	1210
4	7	175	40	1245	1205
5	2	175	100	1255	1220
6	6	175	160	1265	1235
7	9	195	40	1263	1240
8	5	195	100	1275	1250
9	4	195	160	1280	1260

По результатам опытов построены графические зависимости (поверхности отклика) потребляемой мощности N устройства перегрузки для хлористого калия и азофоски от длины загрузочной камеры l и высоты расположения рассекателя h при скорости цепи 0,1 м/с и давлении удобрений 23,1 кПа в камере (рис. 4).

Найдены уравнения регрессии, описывающие данные процессы перегрузки сыпучих материалов при нахождении потребляемой мощности разработанным устройством:

$$N_{\text{хк}} = 1237,333 + 18,50 \cdot h + 10,50 \cdot l + 11,5 \cdot h^2 + 0,50 \cdot l^2 + 1,250 \cdot h \cdot l, \quad (1)$$

$$N_{\text{аз}} = 1190,0 + 35,0 \cdot h + 16,667 \cdot l + 25,0 \cdot h^2 - 5,0 \cdot h \cdot l, \quad (2)$$

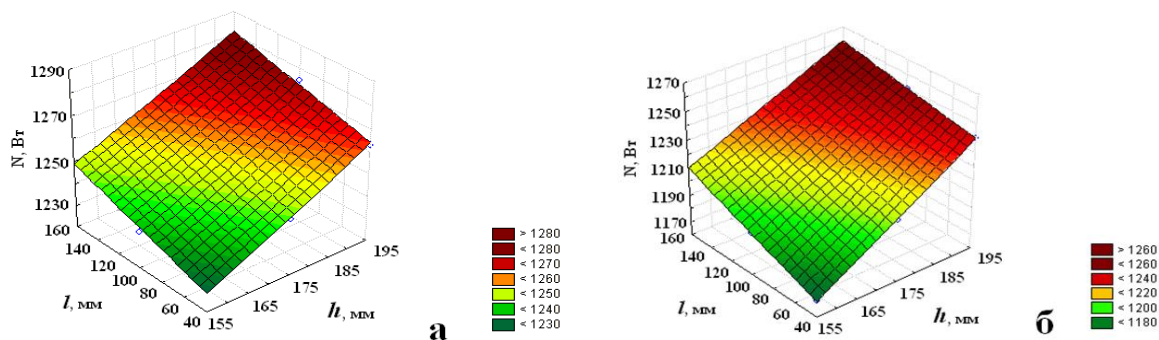
После проверки полученных математических моделей-регрессий (1) и (2) на воспроизводимость, определения значимости коэффициентов регрессии и оценку адекватности по критерию Фишера, было установлено, что данные модели адекватно описывают исследуемые процессы - с вероятностью более 85 %.

При этом значение коэффициентов математических моделей (1) и (2) дают возможность оценить степень влияния варьируемых факторов: длины загрузочной



камеры l и высоты расположения рассекателя h на величину потребляемой мощности устройства перегрузки.

Анализ таблицы 2 и установленных графических зависимостей на рисунке 4 показывает, что потребляемая мощность N устройства перегрузки при скорости цепи 0,1 м/с и давлении удобрений 23,1 кПа в камере с увеличением длины загрузочной камеры l от 40 до 160 мм и высоты расположения разгрузочной горки h от 155 до 195 мм растет для мелкокристаллического хлористого калия с 1230 Вт до 1280 Вт, для гранулированной азофоски с 1172 Вт до 1260 Вт.



а - хлористый калий; б - азофоска.

Рис. 4. Графические зависимости (поверхности отклика) потребляемой мощности устройства перегрузки от длины загрузочной камеры l и положения рассекателя h при скорости цепи 0,1 м/с и давлении сыпучего материала на загрузочную камеру 23,1 кПа

Таким образом, установлено, что работа устройства перегрузки без специальных конструктивных элементов (например, рассекателя), позволяющих эффективно снижать давление материала на его рабочие органы в своей загрузочной камере ниже 19 кПа затруднительна, энергоемка и даже невозможна.

При росте давления до 19 кПа минеральных удобрений в камере длиной 400 мм без рассекателя, затраты потребляемой мощности устройства перегрузки растут пропорционально по выявленным законам, для мелкокристаллического хлористого калия: при скорости цепи 0,09 м/с – с 1150 до 1840 Вт, при скорости 0,1 м/с – с 1270 до 2020 Вт, а для гранулированной азофоски: при скорости цепи 0,09 м/с – с 1120 до 1740 Вт, при скорости 0,1 м/с – с 1240 до 1920 Вт, с учетом того, что у хлорида калия значения объемной массы, коэффициентов внешнего и внутреннего трения выше аналогичных показателей азофоски.

При максимальном давлении удобрений в камере 23,1 кПа, скорости цепи 0,1 м/с, с увеличением длины загрузочной камеры от 40 до 160 мм и высоты расположения рассекателя от 155 до 195 мм, потребляемая мощность устройства растет незначительно и имеет существенно меньшее значение, чем без рассекателя: для хлористого калия - с 1230 Вт до 1280 Вт, и для азофоски - с 1172 Вт до 1260 Вт.

В итоге, размещение рассекателя в загрузочной камере устройства перегрузки над его тягово-рабочими органами позволяет существенно снизить потребляемую мощность и восстановить работоспособность устройства, что связано со снижением силы трения поверхности сдвига удобрений в камере.

Результаты данного исследования очень важны для систем складской грузопереработки, тукосмесительных дозирующих линий, различных агромашин, которые характеризуются наличием бункеров значительной высоты и, соответственно, значительным давлением сыпучего груза на подбункерное средство механизации, высокой энергоемкостью, потребляемой мощностью и отказами в работе [13, 14, 15].

* Исследования выполнены на промышленном предприятии по серийному производству трубо-скребковых конвейеров ОАО «Техноприбор» (город Чебоксары).

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрашевич В.Ф., Туркин В.Н., Синяков А.Г. Технология и средства для перегрузки сыпучих материалов из вагонов в прирельсовый склад // Техника в сельском хозяйстве. - 2009. - №1. - С. 9-10.



2. Рычков В.А., Васильев С.С., Туркин В.Н. О механизации приготовления тукосмесей и биологизированных минеральных удобрений // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства. Рязань: ГНУ ВНИМС. - 2014. - №6. - С. 27-32.
3. Туркин В.Н., Баранова Д.Э. Инновации в АПК и животноводстве Нидерландов // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: материалы 72-й междунар. науч.-практ. конф. Рязань: РГАТУ, 2021. С. 86-90.
4. Туркин В.Н. Устройство для перегрузки сыпучих минеральных удобрений // Интеграция науки с сельскохозяйственным производством: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Рязань: РГАТУ, 2011. С. 96-98.
5. Некрашевич В.Ф., Туркин В.Н. Бункерное устройство для дозированного поступления сыпучих материалов в средства механизации // Инновации молодых ученых и специалистов - национальному проекту «Развитие АПК»: материалы Междунар. науч.-практ. конф.. Рязань: РГСХА, 2006. С. 388-391.
6. Патент на полезную модель № 48 949 Российская Федерация, МПК В65D90/54. Бункерное устройство/ Некрашевич В.Ф., Туркин В.Н.
7. Патент на полезную модель № 85 423 Российская Федерация, МПК В65D90/54. Бункерное устройство/ Некрашевич В.Ф., Туркин В.Н.
8. Туркин В.Н. Технология и устройство для перегрузки сыпучих минеральных удобрений [Текст] : автореф. дис. ... канд-та техн. наук : спец. 05.20.01 / В.Н. Туркин; РГСХА им. П.А. Костычева. Рязань, 2009. 20 с.
9. Туркин В.Н., Комягин А.С. Оптимизация применения минеральных и биологизированных удобрений с использованием тукосмесительных машин нового поколения // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: материалы 68-ой Междунар. науч.-практ. конф.. Рязань: РГАТУ, 2017. С. 350-354.
10. Туркин В.Н. Инновационный технический комплекс грузопереработки и затаривания новых удобрительных материалов для агрокультур // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академик МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. Рязань, 2024. С. 295-297.
11. Туркин В.Н. Методика расчета линии тукосмешивания при выращивании картофеля // Сб.: Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Рязань: РГАТУ, 2015. С. 417-420.
12. Туркин В.Н. Теоретическое обоснование длины загрузки бункерных устройств с разгрузочными горками // Вестник РГАТУ им. П.А. Костычева, - 2009. - № 3. - С. 62-63.
13. Туркин В.Н. Расчет тукосмесительной линии яровой пшеницы с учетом влагообеспеченности почвы в засушливые и влажные годовые периоды // Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России: материалы Национал. науч.-практ. конф., посвящённой памяти доктора технических наук, профессора Леонида Михайловича Максимова. Ижевск, 2022. С. 125-131.
14. Туркин В.Н. Расчет универсальной линии тукосмешивания для получения тукосмесей под масличные культуры // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных и эфиромасличных культур: материалы Междунар. науч.-практ. конф.. Рязань: РГАТУ, 2016. С. 275-278.
15. Ke J., Sun J., Chen T., Tao S., Zhu T., Yin C., He H., You C., Wu L., Guo S. Effects of mixed fertilizers formed by the compounding of two targeted controlled-release nitrogen fertilizers on yield, nitrogen use efficiency, and ammonia volatilization in double-cropping rice. The Crop Journal, 2022. DOI: 10.1016/j.cj, 2022.09.011.

REFERENCES

1. Nekrashevich V.F., Turkin V.N., Sinyakov A.G. Technology and means for transshipment of bulk materials from wagons to a rail warehouse // Technology in agriculture, 2009. No. 1. pp. 9-10.



2. Rychkov V.A., Vasilyev S.S., Turkin V.N. On the mechanization of the preparation of fertilizer mixtures and biologized mineral fertilizers // Problems of mechanization of agrochemical maintenance of agriculture. Ryazan: GNU VNIMS, 2014. No. 6. pp. 27-32.
3. Turkin V.N., Baranova D.E. Innovations in the agro-industrial complex and livestock farming of the Netherlands // Advanced technologies in the modern agro-industrial complex of Russia: traditions and innovations: materials of the 72nd international scientific and practical conference. Ryazan: RSATU, 2021. pp. 86-90.
4. Turkin V.N. Device for reloading bulk mineral fertilizers // Integration of science with agricultural production: materials of the International scientific and practical conference. Ryazan: RGATU, 2011. pp. 96-98.
5. Nekrashevich V.F., Turkin V.N. Bunker device for dosed flow of bulk materials into mechanization equipment // Innovations of young scientists and specialists - to the national project "Development of the Agro-Industrial Complex": materials of the International Scientific and Practical Conference. Ryazan: Russian State Agricultural Academy, 2006. pp. 388-391.
6. Utility model patent No. 48 949 Russian Federation, IPC B65D90/54. Bunker device / Nekrashevich V.F., Turkin V.N.
7. Utility model patent No. 85 423 Russian Federation, IPC B65D90/54. Bunker device / Nekrashevich V.F., Turkin V.N.
8. Turkin V.N. Technology and device for reloading bulk mineral fertilizers [Text]: author's abstract. dis. ... candidate of technical sciences Sciences: spec. 05.20.01 / V.N. Turkin; RGSNA named after. P.A. Kostycheva. Ryazan, 2009. 20 p.
9. Turkin V.N., Komyagin A.S. Optimization of the use of mineral and biologized fertilizers using new generation fertilizer mixing machines // Principles and technologies for greening production in agriculture, forestry and fisheries: materials of the 68th International Scientific and Practical Conference. Ryazan: RGATU, 2017. pp. 350-354.
10. Turkin V.N. Innovative technical complex of cargo processing and packaging of new fertilizer materials for agricultural crops // Integrated approach to scientific and technical support of agriculture: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the memory of corresponding member of the Russian Academy of Agricultural Sciences and National Academy of Sciences, academician of MAEP and RAVN Bochkarev Ya.V. Ryazan, 2024. pp. 295-297.
11. Turkin V.N. Methodology for calculating the fertilizer mixing line when growing potatoes // Collection: Scientific and practical aspects of innovative technologies for cultivating and processing potatoes: materials of the International scientific and practical conference. Ryazan: RGATU, 2015. pp. 417-420.
12. Turkin V.N. Theoretical justification of the loading length of bunker devices with unloading slides // Bulletin of the Russian State Aviation Technical University named after. P.A. Kostycheva, 2009. - No. 3. - pp. 62-63.
13. Turkin V.N. Calculation of the fertilizer mixing line for spring wheat, taking into account the moisture supply of the soil in dry and wet annual periods // Innovative development of the modern agro-industrial complex of Russia: materials of the National scientific and practical conference dedicated to the memory of Doctor of Technical Sciences, Professor Leonid Mikhailovich Maksimov. Izhevsk, 2022. pp. 125-14.
14. Turkin V.N. Calculation of a universal fertilizer mixing line for producing fertilizer mixtures for oilseeds // Scientific and practical aspects of technologies for cultivating and processing oilseeds and essential oil crops: materials of the International Scientific and Practical Conference. Ryazan: RGATU, 2016. pp. 275-278.
15. Ke J., Sun J., Chen T., Tao S., Zhu T., Yin C., He H., You C., Wu L., Guo S. Effects of mixed fertilizers formed by the compounding of two targeted controlled-release nitrogen fertilizers on yield, nitrogen use efficiency, and ammonia volatilization in double-cropping rice. The Crop Journal, 2022. DOI: 10.1016/j.cj, 2022.09.011.



Диффузионное отделение сахарного завода с интегрированным тепловым насосом

Diffusion department of a sugar factory with an integrated heat pump

Аспирант М.А. Печерица, доцент, д.т.н. А.В. Гукасян, доцент, к.т.н.
Е.Г. Степанова

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», кафедра техно-
логического оборудования и систем жизнеобеспечения, тел. (861) 275-22-79
map2000@internet.ru

Postgraduate student M.A. Pecheritsa, associate professor, Doctor of Engineering
Sciences A.V. Gukasyan, associate professor, PhD in Engineering Sciences
E.G. Stepanova

Kuban State Technological University, Department of Technological Equipment and Life Sup-
port Systems, tel. (861) 275-22-79
map2000@internet.ru

Аннотация. В работе предложена принципиальная конструктивно-гидравлическая схема диффузионного отделения сахарного завода, в котором для утилизации вторичной теплоты используется тепловой насос парокомпрессионного типа. Приведено описание работы предложенной схемы. В отличие от традиционного способа получения диффузионного сока авторы приняли к рассмотрению диффузионный пульсационный аппарат оригинальной конструкции с расширенным диапазоном изменения технологических параметров экстрагирования. В данной схеме для генерации пара впервые применен струйный паровоздушный эжектор и предложена термодинамическая схема теплового насоса. С помощью $\lg p-h$ – диаграммы для хладагента R113 построен цикл работы теплового насоса и произведен расчет его одноименных параметров. Расчет выполнен для суточной производительности завода 5,0 тыс. т свеклы. Трансформированное в тепловом насосе тепло применяется для подогрева экстрагента – барометрической и жомопрессовой вод. Термодинамическим расчетом получен коэффициент преобразования теплоты 2,5, что свидетельствует об энергетической эффективности применения теплового насоса. Утилизация теплоты от нагретых тепловых аппаратов дает возможность снизить температуру в помещении диффузионного отделения до нормативных показателей.

Annotation. In this paper, a basic structural and hydraulic scheme of the diffusion department of a sugar factory is proposed, in which a vapor-compression type heat pump is used to recover secondary heat. The paper provides a description of the proposed scheme. Unlike the traditional method of obtaining diffusion juice, the authors have considered a diffusion pulsation apparatus of an original design with an extended range of extraction parameters. In this scheme, a jet vapor-air ejector is used for the first time to generate steam, and a thermodynamic scheme of a heat pump is proposed. Using the $\lg p-h$ diagram for the refrigerant R113, the operation cycle of the heat pump was constructed, and its parameters were calculated. The calculation was performed for a daily production capacity of 5,000 tons of beetroot. The heat transformed in the heat pump is used to heat the extractant, which consists of barometric and pomace water. Thermodynamic calculation obtained a heat conversion factor of 2.5, which indicates the energy efficiency of the use of a heat pump. The utilization of heat from heated thermal devices makes it possible to reduce the temperature in the diffusion department to the standard indicators.

Ключевые слова: экстрагирование сахара, диффузионное отделение, парокомпрессионный тепловой насос, струйный эжектор, хладагент.

Keywords: sugar extraction, diffusion compartment, vapor-compression heat pump, jet ejector, and refrigerant.



При переработке растительных материалов важное значение имеет процесс экстрагирования, влияющий на выход целевого компонента [1]. Среди пищевых отраслей, перерабатывающих растительное сырье, по объемам переработки, расходам вспомогательных материалов, воды на технологические нужды и суммарной мощности установленного оборудования ведущее место принадлежит сахарной промышленности [2]. Эффективность проведения экстрагирования сахара зависит от способов подготовки стружки, обработки экстрагента, а также от технологических параметров извлечения сахара. Ежегодно отечественные сахарные заводы наращивают производственные мощности, чем вызывают необходимость поиска и внедрения инновационных технологий и оборудования, интенсифицирующих производственный процесс [3, 4]. Одним из указанных методов интенсификации экстрагирования сахара из свекловичной стружки является пульсационный метод [5], реализованной в конструкции диффузионного пульсационного аппарата (ДПА), разработанного Российской компанией ИВЦ «Инжехим» (г. Казань) на базе известной установки двухколонного диффузионного аппарата типа J, имеющего U-образный корпус. Предложенный авторами [6] ПДА не имеет механических подвижных транспортирующих устройств. Транспортирование свекловичной стружки производится путем чередования подачи и сброса импульса давления, создаваемого внешней пульсационной подсистемой. Полученный в ДПА диффузионный сок обладает более высокими технологическими параметрами по сравнению с традиционным способом экстрагирования.

Цель работы реконструкция диффузионного отделения с ПДА, оснащенного пароконпресссионным тепловым насосом (ТН), утилизирующим бросовую теплоту для подготовки экстрагента.

Для реализации поставленной цели проведены технологические и тепловые расчеты и предложена схема диффузионного отделения сахарного завода производительностью 5,0 тыс. т свеклы в сутки, изображенная на рисунке 1.

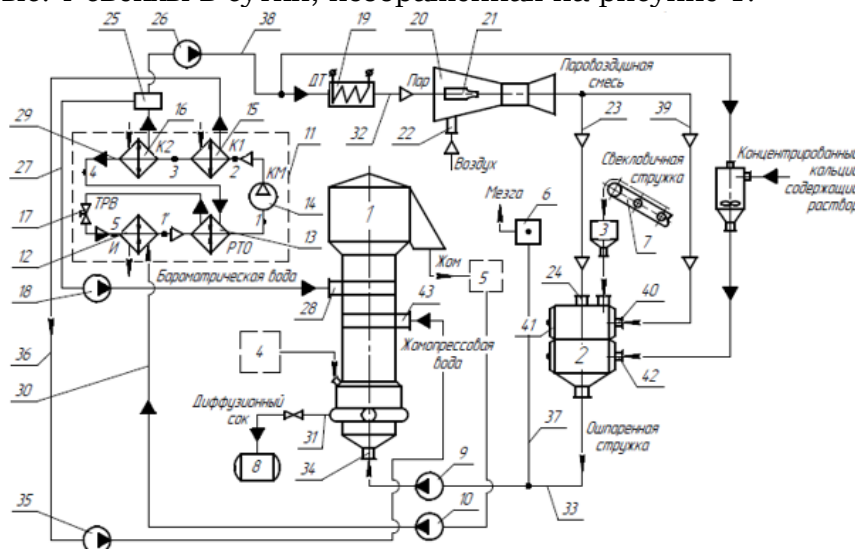


Рис. 1. Схема диффузионного отделения сахарного завода с ТНУ: 1 - ДПА; 2 - ошпариватель (ОС); 3 - подогреватель; 4 - пульсационная подсистема; 5 - жоюпрессовое отделение; 6 - мезголовушка; 7 - ленточный транспортер; 8 - накопитель сока; 9 - насос ОС; 10 - насос ЖПВ; 11 - ТН-установка; 12 - жидкостный испаритель (И); 13 - регенеративный теплообменник (РТО); 14 - компрессор (Км); 15 - форконденсатор (К1); 16 - основной конденсатор (К2); 17 - терморегулирующий вентиль (ТРВ); 18 - насос; 19 - догревающий теплообменник (ДТ); 20 - струйный эжектор (СЭ); 21 - сопло для подачи парового потока; 22 - патрубок для всасывания воздушного потока; 23 - паропровод для подачи паровоздушной смеси; 24 - патрубок ОС; 25 - сборник барометрической воды (БВ); 26 - насос для подачи нагретой БВ; 27 - трубопровод БВ; 28 - патрубок ввода БВ; 29 - трубопровод хладагента (ХА); 30 - трубопровод для подачи ЖПВ; 31 - трубопровод для откачивания диффузионного сока в накопитель сока; 32 - паропровод для подачи острого пара в СЭ; 33 - трубопровод для подачи стружки в ДПА; 34 - патрубок подвода ошпаренной стружки; 35 - насос для подачи нагретой ЖПВ из К1; 36 - трубопровод ЖПВ; 37 - трубопровод сырого свекловичного сока; 38 - трубопровод нагретой БВ; 39 - паропровод паровоздушной смеси; 40 - верхний патрубок; 41 - пароводяная рубашка; 42 - нижний патрубок; 43 - патрубок ЖПВ

В работе [7] было предложено применить пароконпресссионную ТН-установку для генерирования пара в ошпаривателе стружки. В данной работе объектом



разработки принято диффузионное отделение сахарного завода, в котором ТН утилизирует внутренние источники бросовой теплоты для подготовки экстрагента.

Диффузионное отделение сахарного завода с интегрированным тепловым насосом работает следующим образом. Свекловичная стружка по ленточному транспортеру 7 загружается в подогреватель 3, в котором предварительно нагревается теплым воздухом от 15–18 °С до 35–40 °С. На выходе из подогревателя 2 частично нагретая стружка опускается в ОС 2. Мелкие частицы стружки (мезга) удаляются в мезгоотделителе 6, а освобожденный от мезги свекловичный сок самотеком сливается из мезгоотделителя 6 по трубопроводу 37, соединяется с ошпаренной стружкой и направляется на экстрагирование в патрубок 34 ДПА 1. Противоточное экстрагирование проводится в пульсирующем режиме, генерируемым пульсационной системой 4. В ошпаривателе 2 стружка обрабатывается паровоздушной смесью, подаваемой по трубопроводу 23 в патрубок 24. Паровоздушная смесь производится в струйном эжекторе 20 путем пропускания острого насыщенного пара с температурой 101 °С и давлением 105 кПа в сопло 21 эжектора 20 с одновременным всасыванием воздуха в патрубок 22 из помещения отделения с температурой 30–35 °С и относительной влажностью 68 %. При этом коэффициент эжекции, т.е. соотношение количества входящего в эжектор пара к воздуху составляет 2. Из струйного эжектора 20 паровоздушная смесь с температурой 82 °С нагнетается по паропроводу 23 в патрубок 24 ошпаривателя 2. Экстрагенты – барометрическая и ЖПВ нагреваются до требуемых температур в теплонасосной установке 11. В процессе экстрагирования образуется диффузионный сок и свекловичный жом. Диффузионный сок собирается в накопитель сока 8, откуда отправляется на дальнейшую переработку для получения сахара. Свекловичный жом подается в жомопрессовое отделение 5, в котором путем прессования получают ЖПВ, содержащую от 0,5 до 1,5 % сахара и имеющую температуру 35–40 °С. Для использования ЖПВ в качестве экстрагента в ДПА ее следует нагреть до 72–75 °С.

Нагрев БВ и ЖПВ производят в парокомпрессионной ТНУ 11, содержащей И 12, регенеративный теплообменник 13, Км 14, К1 15, К2 16 и ТРВ 17, соединенные между собой трубопроводом 29, по которому циркулирует ХА. Для этого ЖПВ в качестве низкотемпературного источника теплоты насосом 10 направляется в И 12, в котором кипит ХА при температуре 10 °С и отбирает теплоту от ЖПВ. Кипящий ХА перегревается на 3–5 °С в регенеративном теплообменнике 13. Далее перегретый ХА поступает в компрессор КМ 14 для сжатия паров. Затем полученный высокотемпературный хладагент с температурой 110 °С поступает последовательно на конденсацию – сначала в форконденсатор 15, а затем до равновесного состояния, при котором достигается полный фазовый переход парообразного ХА в жидкость. Из основного конденсатора 18 насосом 20 отбирается вода с температурой 75 °С и подается в догревающий теплообменник 19 для получения насыщенного пара с температурой 101 °С и давлением 105 кПа. Пар поступает в СЭ 20 через сопло 21 со скоростью 330–380 м/с. Во время работы в СЭ эжекторе образуется некоторое разрежение, позволяющее через патрубок 22 в него 20 всасывать воздух. Из эжектора 20 паровоздушная смесь нагнетается в патрубки 40 и 42 ошпаривателя 2. Выходящая из форконденсатора К1 15 нагретая до 68–70 °С ЖПВ насосом 35 подается в патрубок 43 ДПА 1. Отводящая из конденсатора К2 16 нагретая до 72–75 °С БВ насосом 18 по трубопроводу 27 подается в качестве экстрагента в патрубок 28 ДПА 1.

Общие затраты теплоты для завода с заданной выше производительности рассчитываются путем совместного решения уравнений материального и теплового балансов ДПА.

Для нагрева экстрагента - БВ и ЖПВ затраты теплоты $Q_{бв}$ и $Q_{жв}$ составят:

$$Q_{бв} = G_{бв} \cdot c_{бв} (t_{бв \text{ кон}} - t_{бв \text{ нач}}) = 36,46 \cdot 4200 \cdot (75 - 20) = 8,42 \text{ МДж/с} \quad (1)$$

$$Q_{жв} = G_{жв} \cdot c_{жв} (t_{жв \text{ кон}} - t_{жв \text{ нач}}) = 24,30 \cdot 4200 \cdot (70 - 20) = 5,10 \text{ МДж/с} \quad (2)$$



Здесь в формулах (1) и (2): $G_{бв}$, $G_{жв}$ – расходы БВ и ЖПВ, кг/с; $c_{бв}$, $c_{жв}$ – удельные теплоемкости БВ и ЖПВ, кДж/(кг·К); $t_{кон}$; $t_{нач}$ – конечные и начальные температуры соответствующих видов экстрагентов – БВ и ЖПВ, °С.

Значения $G_{бв}$, $G_{жв}$ подставлены, исходя из нормативных показателей расходов соответствующих видов [8].

Общие затраты тепла на нагрев экстрагента:

$$Q_m = Q_{бв} + Q_{жв} = 8,42 + 5,10 = 13,52 \text{ МДж/с} \quad (3)$$

В случае применения для нагрева экстрагента ТН общие затраты тепла складываются из количества тепла (Q_o), отбираемого из помещения жидкостным испарителем и тепла, эквивалентного затраченной работе компрессора (N_i):

$$Q_m = Q_o + N_i \quad (4)$$

Диаграмма расчета в координатах $lg p-h$ для хладагента R 113 процесса подготовки экстрагента в ТН показана на рис. 2. Расчетные параметры узловых точек приведены в таблице 1.

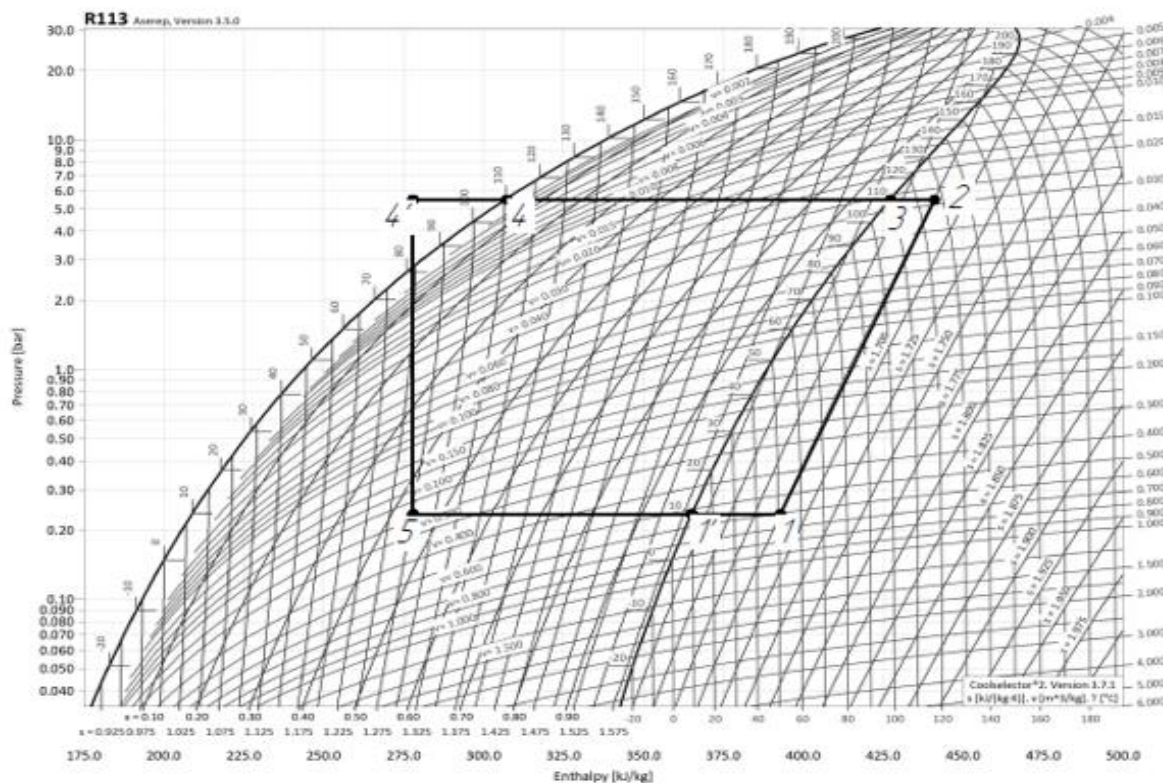


Рис. 2. Диаграмма расчета работы ТН для нагрева экстрагента

Таблица 1

Расчетные параметры термодинамического цикла ТН установки

№	P , Бар	t , °С	h , кДж/кг	v
1'	0,3	10	372	0,520
1	0,3	13	388	0,600
2	5,5	110	428	0,080
3	5,5	95	420	0,034
4	5,5	95	290	
4'	5,5	95	270	
5	0,3	10	270	



Работа сжатия в компрессоре

$$l_{сж} = h_2 - h_1 = 428 - 372 = 56,0 \text{ кДж/кг} \quad (5)$$

Удельная тепловая нагрузка в конденсаторах

$$q_k = h_2 - h_4 = 428 - 290 = 138,0 \text{ кДж/кг} \quad (6)$$

равна тепловой нагрузке ТН

$$q_k = q_0 = 138 \text{ кДж/кг.}$$

Массовый расход хладагента $G_{ха}$, кг/с, определяется по тепловой нагрузке установки Q_0 , равной количеству теплоты, получаемой горячим теплоносителем:

$$G_{ха} = Q_0 / q_0 = 13,17 / 138,0 = 95,43 \text{ кг/с} \quad (7)$$

Теоретическая мощность компрессора:

$$N_l = G_{ха} \times l_{сж} = 95,43 \times 56 = 5,34 \text{ МВт} \quad (8)$$

Полная тепловая нагрузка

$$Q_0 = G_{ха} \cdot q_k = 95,43 \cdot 138 = 13,17 \text{ МВт} \quad (9)$$

Установлено, что при утилизации бросового тепла на нагрев экстрагента значение потерь тепла по уравнению баланса (уравнение (3)) покрывается нагрузкой на конденсаторы.

Теплоэффективность использования ТН оценивается коэффициентом преобразования теплоты, которая определяется зависимостью:

$$\mu = q_0 / l_{сж} = 138 / 56 = 2,5 \quad (10)$$

что означает, что на 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос производит 2,5 кВт тепловой энергии.

Таким образом, включение в схему диффузионного отделения сахарного завода теплового насоса позволяет:

- сократить тепловые затраты на проведение диффузионного процесса за счет утилизации низкотемпературного тепла от нагретых аппаратов, установленных в диффузионном отделении;
- регулировать температуру подачи барометрической и жомопрессовой вод в ДПА в зависимости от качества перерабатываемой сахарной свеклы;
- за счет откачки нагретого воздуха из помещения в струйный эжектор снизить температуру воздуха до нормативных показателей микроклимата в производственном помещении отделения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абашкин И.А., Елеев Ю.А., Глухан Е.Н., Кучинский Е.В., Афанасьев В.В. Методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья (обзор) // Химия и технология органических веществ. - 2021. - № 2 (18). - С. 43-59.
2. Грачев Н.А., Зубко А.В., Мунассар Е.Х.А., Печерица М.А., Степанова Е.Г., Никонов О.И. Технические аспекты разработки оборудования при перевооружении сахарных заводов // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. - 2020. - Т. 29. - С. 26-32.
3. Корнеева О.С., Яковлева С.Ф., Матвиенко Н.А., Фролова Л.Н., Мотина Е.А., Шуваева Г.П. Перспективные методы интенсификации процесса экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2023. - Т. 85. - № 1. - С. 149-155. DOI: 10.20914/2310-1202-2023-1-149-155
4. Шодмонов Х.М., Акрамов Ш.Ш., Вахобова Ф.Б. Научно-инновационная технология извлечения сахарозы из сахарной свеклы в промышленных масштабах // Universum: технические науки. 2021. № 11(92).
5. Иовлев Д.П. [и др.] Оценка преимуществ применения диффузионного пульсационного аппарата для реконструкции диффузионного отделения сахарного завода // Новые технологии. - 2022. - Т. 18 - № 3. - С. 44-58.
6. Иовлев Д.П. [и др.] Модернизация действующих цикорных заводов с



применением пульсационных экстракторов непрерывного действия // Новые технологии. - 2022. - Т. 18. - № 1. - С. 40-52.

7. Печерица М.А., Гукасян А.В., Степанова Е.Г. Разработка ошпаривателя свекловичной стружки с теплонасосной установкой // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. - 2025. - № 2. - С. 187-192.

8. Семенихин С.О., Котляревская Н.И., Усманов М.М. Номограмма контроля и прогнозирования потерь сахара с жомом при переработке сахарной свеклы // Научные труды КубГТУ. - 2019. - № 7. - С. 362-369.

REFERENCES

1. Abashkin I.A., Eleev Yu.A., Glukhan E.N., Kuchinsky E.V., Afanasyev V.V. Methods of extraction of biologically active substances from plant raw materials (review) // Chemistry and technology of organic substances. - 2021. - No. 2 (18). - pp. 43-59.

2. Grachev N.A., Zubko A.V., Munassar E.Kh.A., Pecheritsa M.A., Stepanova E.G., Nikonov O.I. Technical aspects of equipment development for the re-equipment of sugar factories // Scientific works of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking. - 2020. - Vol. 29. - p. 26-32.

3. Korneeva O.S., Yakovleva S.F., Matvienko N.A., Frolova L.N., Motina E.A., Shuvaeva G.P. Promising methods for intensifying the process of sucrose extraction from sugar beet cobs // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2023. - Vol. 85. - No. 1. - pp. 149-155. DOI: 10.20914/2310-1202-2023-1-149-155

4. Shodmanov H.M., Akramov Sh.Sh., Vakhobova F.B. Scientific and innovative technology for extracting sucrose from sugar beet on an industrial scale // Universum: technical sciences. 2021. No. 11(92).

5. Iovlev D.P. [et al.] Evaluation of the advantages of using a diffusion pulsation apparatus for the reconstruction of the diffusion department of a sugar factory // New technologies. - 2022. - Vol. 18 - No. 3. - pp. 44-58.

6. Iovlev D.P. [et al.] Modernization of existing chicory plants using continuous pulsation extractors // New technologies. - 2022. - Vol. 18. - No. 1. - pp. 40-52.

7. Pecheritsa M.A., Gukasyan A.V., Stepanova E.G. Development of a sugar beet shavings scalding with a heat pump unit // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. - 2025. - No. 2. - pp. 187-192.

8. Semenikhin S.O., Kotlyarevskaya N.I., Usmanov M.M. Nomogram for monitoring and forecasting sugar losses with pulp during sugar beet processing // Scientific works of KubSTU. - 2019. - No. 7. - pp. 362-369.



Выбор и обоснование технологических параметров процесса мембранного разделения пива

Selection and justification of technological parameters of the beer membrane separation process

Профессор, д.т.н. А.И. Ключников,

Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), кафедра технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца, тел. 8(950) 755-83-62

a.klychnikov@mgutm.ru

профессор, д.т.н. В.Ю. Овсянников, доцент, к.т.н. А.И. Потапов,

Воронежский государственный университет инженерных технологий, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, тел. 8(910) 288-30-16

ows2003@mail.ru

доцент, к.т.н. Д.В. Ключникова

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, кафедра пищевых технологий и биоинженерии, тел. 8(951) 543-80-64

klyuchnikova.dv@rea.ru

Professor, doctor of technical sciences A.I. Klyuchnikov.

Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University, chair of Winemaking Technology, Fermentation Production and Chemistry named after G.G. Agabal'yants, tel. 8(950) 755-83-62

a.klychnikov@mgutm.ru

Professor, doctor of technical sciences V.Yu. Ovsyannikov, associate Professor, candidate of technical sciences A.I. Potapov.

Voronezh State University of Engineering Technologies, chair of Machines and Equipment for Food Production, tel. 8(910) 288-30-16

ows2003@mail.ru

Associate professor, candidate of technical sciences D.V. Klyuchnikova

Plekhanov Russian University of Economics, chair of Food Technologies and Bioengineering, tel. 8(951) 543-80-64

klyuchnikova.dv@rea.ru

Аннотация. Эффективность мембранного разделения продуктов пивоварения значительно зависит от правильного сочетания технологических параметров. Эти факторы определяют, насколько хорошо мембрана может пропустить целевой компонент, одновременно удерживая нежелательные примеси. Одна из основных технологических характеристик – удельная проницаемость мембраны. Кроме выбора самой мембраны, важную роль играют условия ее функционирования. Для улучшения эффективности мембранного процесса и предотвращения явления концентрационной поляризации часто применяются методы создания гидродинамических неустойчивостей в примембранном слое. К таким методам относятся установка турбулизирующих элементов в мембранный модуль, а также использование вибрационных и акустических полей, или иных специфических потоков, направленных на разрушение слоя высокой концентрации. Технологические параметры мембранного разделения составляют сложный набор факторов, включающий тип мембраны, трансмембранное давление, температуру, тангенциальную скорость разделяемого потока, алгоритмы управления гидродинамикой и системы контроля качества. Только при внимательном выборе и мониторинге всех этих факторов можно обеспечить высокую эффективность мембранного разделения и получить конечный продукт, соответствующий всем необходимым стандартам качества. В статье проанализированы технологические параметры процесса мембранного разделения напитков брожения (на примере нефилтрованного пива) и обосновано их использование в технологии производства пива с длительным



сроком хранения методом микрофльтрации в нестационарных гидродинамических условиях. Изучено влияние температуры на характер мембранного разделения, величины тангенциальной скорости потока жидкости над рабочей поверхностью мембраны и значения рабочего давления процесса на один из важнейших показателей эффективности реализации процесса – удельную производительность мембранной установки.

Annotation. The efficiency of membrane separation of brewing products significantly depends on the correct combination of technological parameters. These factors determine how well the membrane can pass through the target component while retaining unwanted impurities. One of the main technological characteristics is the specific permeability of the membrane. In addition to the choice of the membrane itself, the conditions of its functioning play an important role. To improve the efficiency of the membrane process and prevent the phenomenon of concentration polarization, methods of creating hydrodynamic instabilities in the primemembrane layer are often used. Such methods include the installation of turbulizing elements in a membrane module, as well as the use of vibration and acoustic fields, or other specific flows aimed at destroying a high-concentration layer. The technological parameters of membrane separation comprise a complex set of factors, including the type of membrane, transmembrane pressure, temperature, tangential velocity of the separated flow, hydrodynamic control algorithms, and quality control systems. Only with careful selection and monitoring of all these factors is it possible to ensure high efficiency of membrane separation and obtain a final product that meets all necessary quality standards. The article analyzes the process parameters of membrane separation of fermented beverages (using unfiltered beer as an example) and substantiates their use in the technology of producing beer with a long shelf life by microfiltration under non-stationary hydrodynamic conditions. The influence of temperature on the nature of membrane separation, the value of the tangential velocity of the liquid flow over the working surface of the membrane and the value of the working pressure of the process on one of the most important indicators of the efficiency of the process implementation - the specific productivity of the membrane unit - is studied.

Ключевые слова: мембрана, концентрационная поляризация, удельная проницаемость, технологические параметры, трубчатый мембранный модуль.

Key words: membrane, concentration polarization, specific permeability, technological parameters, tubular membrane module.

При рассмотрении технологических параметров следует отметить большое многообразие существующих материалов и методов производства пористых перегородок с различной структурой, пористостью, размером пор и их распределением, определение которых, как правило, осуществляют по методикам прикладного характера, апробированных на реальных растворах и зарекомендовавших себя как объективный и рабочий инструмент (метод электронной микроскопии, «точки пузырька», ртутная и проточная порометрия и т. д.). Представляют практический интерес такие параметры как селективность, проницаемость, химическая структура полимера и материал мембраны, размер пор, толщина, анизотропность, механическая прочность, задерживающая способность и др.

К числу технологических параметров, характеризующих мембранный процесс, следует отнести такие величины, как рабочее и осмотическое давление, скорость разделяемого потока на поверхности мембраны, температура, а также физические и физико-химические свойства разделяемого раствора, включая вязкость, концентрацию взвешенных частиц, молекулярный состав и другие показатели. Кроме того, можно выделить отдельную группу специфических технологических параметров, описывающих мембранный процесс разделения с точки зрения применяемых методов снижения концентрационной поляризации.

Конструктивные параметры отражают условия осуществления мембранного процесса разделения с учетом конструктивного оформления мембранного модуля и турбулизирующих устройств, а также геометрии межфазной границы в зависимости от необходимых гидродинамических условий. При этом следует отметить, что речь идет не только о конструкции мембранного модуля, но и о конструкции самой мембраны. Например, в случае с керамическими и металлокерамическими мембранами существует возможность практического применения пористых структур с произвольными геометрическими формами различной сложности.

Качественные характеристики конечного продукта отражают достижения,



достигнутые в результате применения конкретного мембранного процесса. Химический состав технологических жидкостей после мембранной обработки, наряду с другими свойствами, играет ключевую роль в выборе мембран с различным размером пор, режимов организации мембранного процесса и степени интенсивности создаваемых гидродинамических неустойчивостей.

Эксплуатационные параметры мембранных установок в значительной мере зависят от гидродинамических условий, создаваемых на поверхности мембраны. Характеристики мембран могут подвергаться изменению даже при длительном хранении. Следует также подчеркнуть, что мембранные технологии в ряде случаев могут быть автоматизированы, что снижает потребность в большом количестве обслуживающего персонала и, как следствие, эксплуатационные расходы.

С другой стороны, стоимость замены отдельных компонентов оборудования, таких как картриджи и мембранные элементы, может быть сравнительно высокой, поскольку эти элементы изготавливаются с учетом конкретных применений и решений для определенных задач разделения.

Цель работы выбор и обоснование технологических параметров процесса мембранного разделения напитков брожения (на примере нефильтрованного пива) для их использования в технологии получения пива с увеличенным сроком хранения с помощью микрофильтрации в нестационарных гидродинамических условиях.

В качестве объекта исследования использовалось нефильтрованное пиво с содержанием сухих веществ 11 и 12 %, произведенное по классической технологии в условии мини-пивоварни.

Используемое сырье: солод светлый «Pilsner» (ООО «Грейнрус Агро», Россия) категории «Премиум» цветностью 3,7 ЕВС; солод мюнхенский «Münich 15» (АО «Солодовенный завод Суффле Санкт-Петербург», Россия) цветностью 12 – 18 ЕВС, хмель горький «Nugget» Т90 (Германия), ароматный хмель «Saaz» (Чехия), сухие пивные дрожжи «Saflager» W34/70 (Бельгия).

Главное брожение – 7...10 сут. при температуре 8 – 10 °С, дображивание – 30...40 сут. при температуре 2...4 °С в зависимости от сорта пива.

Применялись общепринятые для пивоваренной отрасли методы анализа. Специальные методики были основаны на подготовке мембранной установки к проведению микрофильтрации нефильтрованного пива.

Экспериментальная установка (рис. 1, а, в) состояла из расходной емкости 1 с исходным продуктом, циркуляционного насоса 2, манометров 3 и 4, трубчатого мембранного модуля 5 с керамической мембраной, приемного мерного цилиндра 6 и электрической пусковой аппаратуры (на рис. не показана). Трубчатый мембранный модуль состоял из корпуса (рис. 1, г), крышек со штуцерами для подачи нефильтрованного пива и отвода концентрата, штуцеров для отвода пермеата, уплотнительных шайб, торцевых прокладок и стяжных болтов.

Приведем пример выбора и обоснования технологических параметров мембранного разделения нефильтрованного пива.

Температура процесса является очевидным, что в процессе мембранного разделения, осуществляемого в условиях рециркуляции, температура неизменно возрастает, что в свою очередь приводит к снижению концентрации растворенной углекислоты в обрабатываемом продукте. Чтобы избежать этого эффекта, следует применять охлаждающее устройство, например, пивной охладитель, который можно интегрировать в циркуляционный контур мембранной установки. Это позволит поддерживать температуру на уровне 4 – 5 °С, при котором физико-химические характеристики обрабатываемого продукта останутся неизменными.

Увеличение тангенциальной скорости нефильтрованного пива способствует повышению производительности по фильтрату, прежде всего, благодаря снижению уровня концентрационной поляризации.

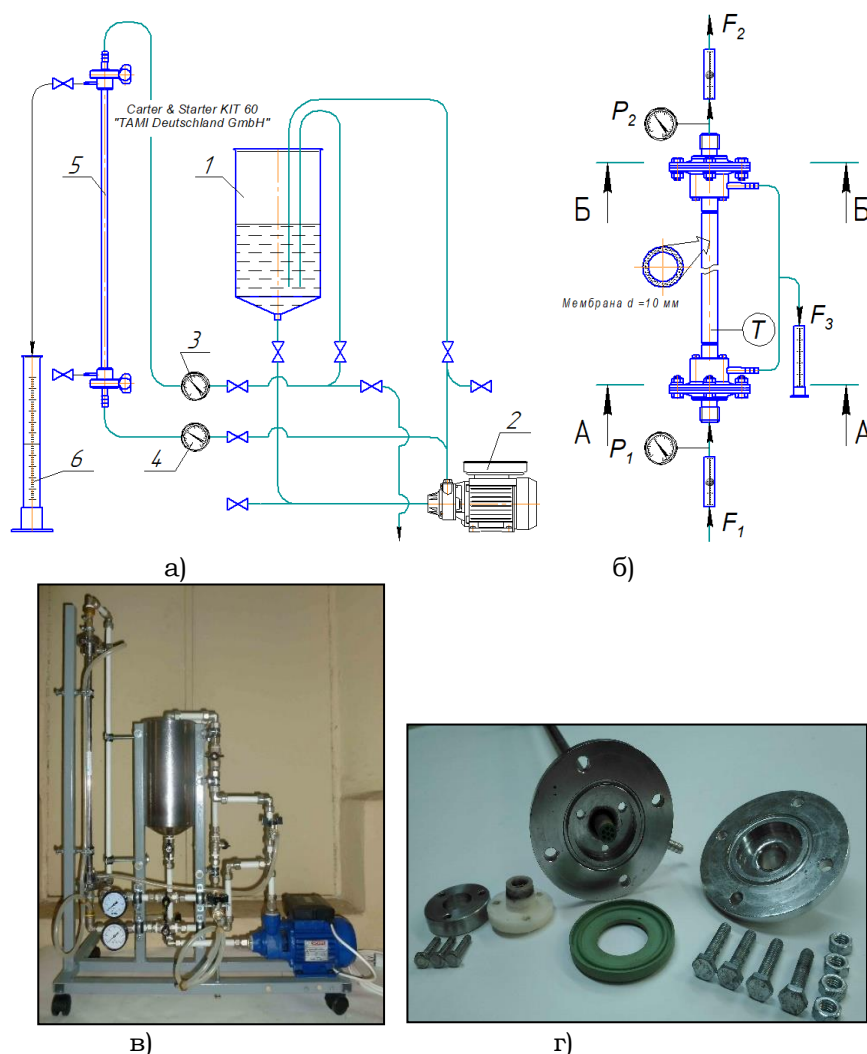


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования процесса микрофльтрации нефильтрованного пива: а) схема установки: 1 – емкость с продуктом; 2 – циркуляционный насос; 3, 4 – манометр; 5 – трубчатый мембранный модуль марки Carter & Starter KIT 60 фирмы «TAMI Deutschland GmbH» (Германия) с одноканальной керамической мембраной марки «INSIDE CéRAM» фирмы «TAMI Deutschland GmbH» (Германия) или марки КМФЭ – 1 фирмы ООО «Керамикфилтр» (Россия); 6 – мерный цилиндр для фильтрата; б) схема измерения технологических параметров процесса мембранного разделения: P_1 , P_2 – давление нефильтрованного пива и концентрата на входе и выходе из трубчатого мембранного модуля соответственно; F_1 , F_2 , F_3 – расход нефильтрованного пива на входе в трубчатый мембранный модуль, концентрата и фильтрата на выходе из него соответственно; T – температура нефильтрованного пива в трубчатом мембранном модуле; А-А, Б-Б – сечения трубчатого мембранного модуля для определения величин тангенциальной скорости нефильтрованного пива на входе и выходе из него; в) фотография установки микрофльтрации; г) фотография трубчатого мембранного модуля.

Схема для определения тангенциальной скорости нефильтрованного пива над поверхностью мембраны представлена на рис. 1, б.

Тангенциальная скорость нефильтрованного пива определялась по формуле, исходя из известных расходов концентрата F_2 и фильтрата F_3

$$F_1 = F_2 - F_3 \quad (1)$$

Скорость пивного концентрата и фильтрата в сечениях А – А и Б – Б трубчатого мембранного модуля, м/с

$$v_1 = \frac{F_1}{F_{\text{сеч}}}; v_2 = \frac{F_2}{F_{\text{сеч}}} \quad (2)$$

где $F_{\text{сеч}}$ – площадь сечения А – А и Б – Б трубчатого мембранного модуля, м².



Средняя тангенциальная скорость нефilterованного пива v_{cp} , м/с

$$v_{cp} = (v_1 + v_2) / 2. \quad (3)$$

С увеличением рабочего давления наблюдается рост производительности по фильтрату, однако при определенных условиях может быть зафиксирован и обратный эффект. Практическая значимость заключается в необходимости определения критического значения рабочего давления, превышение которого не приводит к качественному увеличению производительности по фильтрату. При этом следует учитывать характер используемых мембран и их прочностные характеристики, поскольку явление усадки может значительно повлиять на производительность по фильтрату в зависимости от количества циклов приложения распределенной нагрузки. Также важно иметь четкое представление о пределах рабочего давления, при которых происходит выраженное уплотнение отложений различной природы на мембранах, что, в свою очередь, может снизить эффективность большинства технических решений по интенсификации процессов.

Важным аспектом является выбор материала мембраны. Разные полимеры обладают уникальными свойствами, которые могут как улучшать, так и ухудшать фильтрационные характеристики в зависимости от условий эксплуатации.

Рабочее давление P_2 по формуле

$$P_2 = P_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + h_{\text{пот}} - \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}, \quad (4)$$

где P_1 – давление нефilterованного пива, МПа; ρ – плотность нефilterованного пива, кг/м³; $h_{\text{пот}}$ – потери давления, МПа.

Производительность по фильтрату является основным критерием, по которому оценивается эффективность технических приемов по снижению концентрационной поляризации на границе межфазной поверхности «мембрана-нефilterованное пиво», рассчитывали по формуле

$$V = \frac{Q}{S \cdot \tau}, \quad (5)$$

где Q – количество полученного фильтрата, м³; S – площадь фильтрации, м²; τ – длительность протекания процесса, с.

Учитывая практическую сложность точного определения уровня концентрационной поляризации, была поставлена задача оценить это явление, анализируя производительность по фильтрату в зависимости от выбранных методов изменения гидродинамических условий на границе «мембрана – нефilterованное пиво».

Зависимость производительности по фильтрату от длительности процесса (рис. 2) демонстрирует закономерное снижение пропускной способности мембран в ходе их эксплуатации. Для поддержания необходимой производительности по фильтрату логичным и оправданным техническим подходом является применение нескольких мембранных модулей, работающих параллельно. При значительном содержании взвешенных веществ в нефilterованном пиве формирование концентрированного слоя на поверхности мембран начинается уже в первые минуты мембранной фильтрации. Тем не менее, спустя 2,0 – 2,5 ч работы мембраны неизбежно требуют регенерации, выполняемой посредством обратной промывки фильтратом или деаэрированной водой, использования моющих и дезинфицирующих составов или ферментных средств. Для оценки эффективности методов и материалов, применяемых при восстановлении мембран, критически важно проводить проверку их изначальных фильтрационных характеристик.

В данном контексте вполне обосновано использование различных технических приемов для создания нестационарных гидродинамических условий на межфазной поверхности «мембрана-нефilterованное пиво». Это делается с целью увеличения срока службы мембран до момента их регенерации. Способы формирования



нестационарных гидродинамических условий, технические приемы их реализации и алгоритмы изменения технологических параметров будут зависеть не только от материала, геометрических размеров и конфигурации мембран, но и от физико-химических свойств обрабатываемого раствора. При этом важную роль играют качественные характеристики нефilterованного пива и их сохранность в условиях различного воздействия.

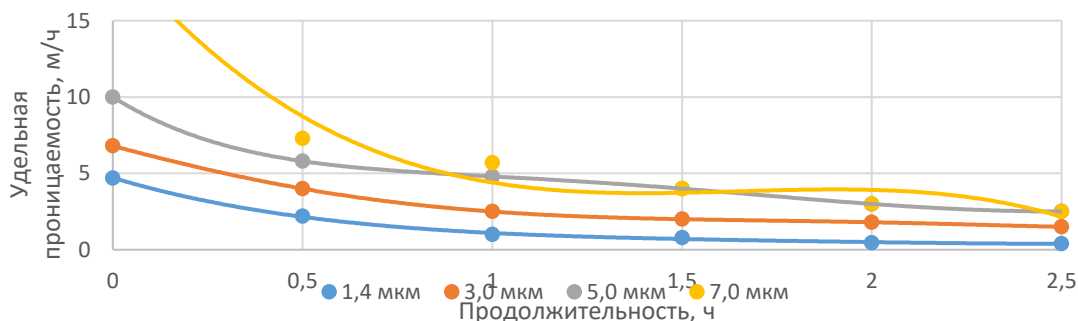


Рис. 2. Зависимость производительности по фильтрату мембран с различным размером пор от длительности процесса: 1 – 1,4; 2 – 3,0; 3 – 5,0; 4 – 7,0 мкм.

На рисунке 3 представлена зависимость производительности по фильтрату от величины избыточного давления. Эта зависимость подтверждает известное правило: по мере увеличения движущей силы процесса происходит рост производительности. Однако стоит отметить, что в мембранных процессах увеличение рабочего давления для повышения производительности дает, скорее, временный эффект. Изначально производительность повышается, но затем наблюдается резкое ее снижение. На межфазной границе «мембрана- нефilterованное пиво» образуется слой с высокой концентрацией, который значительно уплотняется и частично проникает в пористую структуру мембран. Без проведения регенерации с использованием обратного тока и последующей очистки с применением моющих растворов на основе поверхностно-активных веществ или ферментов восстановить первоначальную производительность практически невозможно.

Зависимость производительности по фильтрату от продолжительности процесса при различных значениях тангенциального потока показана на рисунке 4. Распространенный и общеизвестный метод уменьшения концентрационной поляризации на поверхности мембран заключается в применении высоких скоростей тангенциального потока (до 4 м/с и выше), что помогает смывать отложения, возникающие вследствие значительных касательных напряжений у межфазной границы «мембрана- нефilterованное пиво».

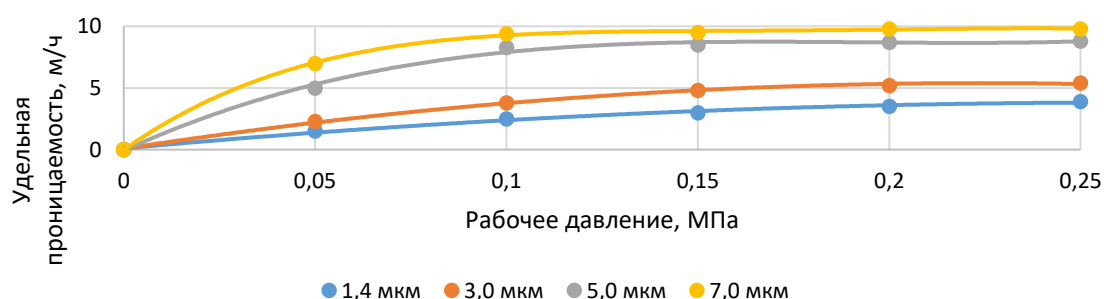


Рис. 3. Зависимость производительности по фильтрату от величины избыточного давления: 1 – 1,4; 2 – 3,0; 3 – 5,0; 4 – 7,0 мкм.

Этот технологический подход демонстрирует свою эффективность при определенных условиях и для некоторых объектов мембранной обработки, например, воды. Создание турбулизирующих сеток (спейсеров) в сочетании с высокими скоростями



тангенциального потока способствует эффективной борьбе с загрязнениями на поверхности мембраны.

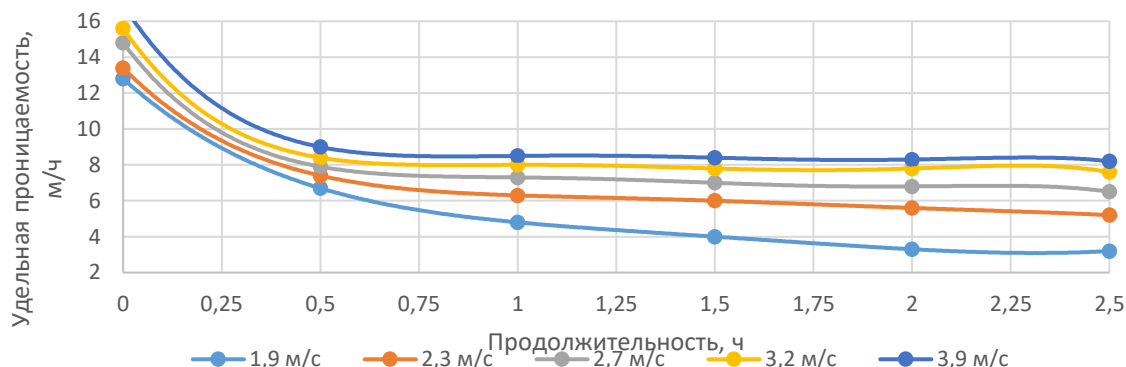


Рис. 4. Зависимость производительности по фильтрату для мембраны с размером пор 5,0 мкм от продолжительности процесса при различной тангенциальной скорости нефильтрованного пива: 1 – 1,9; 2 – 2,3; 3 – 2,7; 4 – 3,15; 5 – 3,85 м/с.

Однако, когда речь заходит о мембранной обработке продуктов микробиологического происхождения, в особенности, нефильтрованного пива, описанные подходы перестают показывать желаемые результаты. Это связано не только с влиянием касательных напряжений на коллоидное состояние нефильтрованного пива и изменением его структурно-механических характеристик, но и с резким увеличением объемов концентрата, который нужно многократно возвращать в циркуляционный контур мембранной установки. Такая ситуация может привести к тому, что использование мембранного процесса не дает никакого положительного эффекта, включая экономические выгоды, либо результаты оказываются настолько незначительными, что возникает необходимость искать более энергосберегающие технологии.

Зависимость производительности по фильтрату в условиях пульсационных полей представлена на рисунке 5. Важно отметить, что применение пульсационного поля в мембранных процессах требует учета динамических изменений гидродинамических параметров, исходя из свойств нефильтрованного пива. Это позволяет оптимизировать процесс инактивации микроорганизмов и структурных компонентов, предотвращая забивание мембраны и обеспечивая стабильность потока фильтрата.

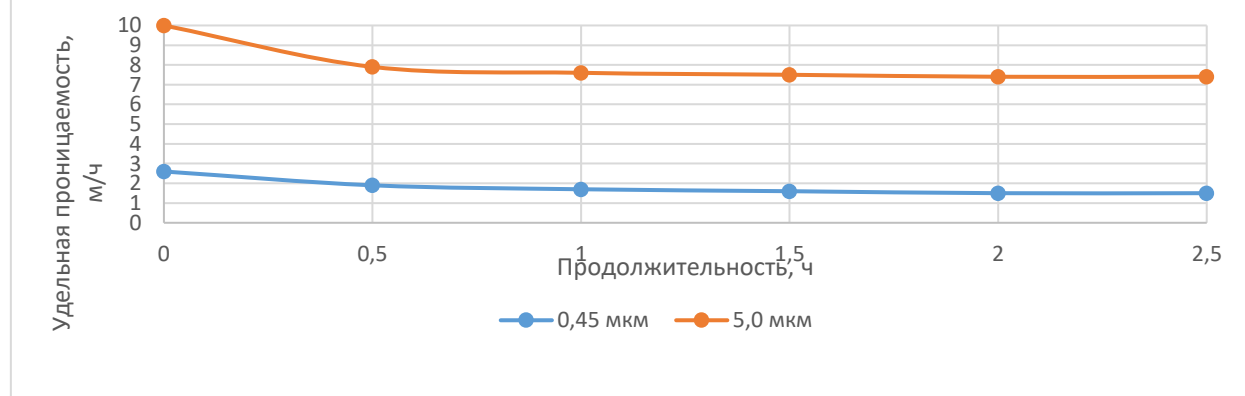


Рис. 5. Зависимость производительности по фильтрату при наложении пульсационного поля: 1 – 0,40 мкм; $\Delta P_b = 0,25$ МПа; $t_1 = 3$ с; $T = 600$ с; 2 – 5,0 мкм; $\Delta P_b = 0,10$ МПа; $t_1 = 5$ с; $T = 600$ с.

Исследованы также характеристики проницаемости трубчатых керамических мембран с размерами при наложении пульсационного поля. При этом производительность по фильтрату увеличивается в 1,5...2,5 раза по сравнению с условиями, где не применяются мероприятия для создания на межфазной поверхности «мембран-



нефильтрованное пиво» нестационарных гидродинамических условий различной интенсивности. Таким образом, внедрение метода интенсификации в мембранные процессы разделения нефильтрованного пива открывает новые перспективы для обработки жидкостей с микробиологическим происхождением, обеспечивая высокое качество очистки при меньших затратах на оборудование [11 – 12].

Оптимизация процесса мембранного разделения нефильтрованного пива требует внимательного учета множества технологических параметров, таких как состав исходного пива, температура и давление, а также его тангенциальная скорость.

Что касается пивоварения, для практического применения рекомендуется устанавливать скорости нефильтрованного пива в диапазоне 2...4 м/с. При такой скорости можно ожидать предотвращения оседания на мембране дрожжевых клеток и частиц белковой природы размером более 15...30 мкм (без предварительного осветления), а потери давления в проточном модуле составят около 0,25 МПа. Однако при увеличении тангенциальной скорости нефильтрованного пива до больших значений неизбежно приведет к потерям давления, достигнув 1,0...1,2 МПа. Кроме того, это приведет к увеличению объемов концентрата, который потребуется повторно регенерировать и возвращать в систему при рециркуляции, что может негативно сказаться на качестве осветляемого пива.

При использовании керамических мембран с размером пор 0,40 мкм $P_{\text{рац.}} = 1,6...2,0$ МПа, с размером пор 5,0 мкм – 1,5...2,2 МПа.

Таким образом, рациональные технологические параметры мембранного разделения нефильтрованного пива, оптимизированные с учетом всех вышеописанных факторов, обеспечивают стабильное качество и высокую конкурентоспособность конечного продукта на рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключников А. И. Развитие мембранной техники, реализующей гидродинамическую неустойчивость на межфазной границе «мембрана – исходный раствор» // Агропромышленные технологии Центральной России. – Вып. 3 (№ 29). – 2023. – С. 99 – 115.
2. Хачатрян А. Р., Котляров Р. В., Лобасенко Б. А. Исследование технологических режимов работы мембранного аппарата при концентрировании крахмального молока // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – №2 (37). – С. 61 – 66.
3. Тимофеев А. Е., Лобасенко Б. А., Котляров Р. В. Исследование конструктивных параметров мембранного аппарата с отводом диффузионного слоя // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – №4 (27). – С. 1 – 5.
4. Спичак В. В., Кудрявцев В. А., Ананьева П. А., Беляева Л. И., Холодова В. В., Кувардина Е. М. Гидродинамические аспекты ультрафильтрации диффузионного сока // Известия вузов. Пищевая технология. – 1999. – №5-6. – С. 78 – 80.
5. Мищенко В. Я., Кувардина Е. М. Применение вибрационного воздействия для интенсификации мембранных процессов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2010. – №1. – С. 110 – 112.
6. Усынина А. Э. Влияние модели движения потока жидкости через мембранный аппарат на эффективность его работы // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2015. – №3 (13). – С. 45 – 49.
7. Усынина А. Э., Боронина Л. В. Новый подход к изучению процесса ультрафильтрации с турбулентными пульсациями и переменным давлением // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. – 2015. – №4. – С. 50 – 58.
8. Шевцов А. А., Дерканосова А. А., Коротаева А. А., Тонких Н. В., Муравьев А. С. Влияние конструктивных особенностей турбулизатора мембранного аппарата на гидродинамику процесса ультрафильтрации // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия



«Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. №3.

9. Егорова О. С., Акбулатова Д. Р., Шилкин А. А. Факторы, влияющие на качество и сроки годности напитков брожения из плодового сырья: обзор предметного поля // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2023. - №2. - С. 14 – 32.

10. Дытнерский Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. – М.: Химия, 1986. (процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии.) 272 с.

11. Вопияшин О. Я. Микро- и ультрафильтрация на керамических мембранах при производстве соков // Пищевая промышленность. - 2004. - №7. - С. 60 – 61.

12. Кудряшов В. Л., Фурсова Н. А., Алексеев В. В., Лукин Н. Д. Основы создания малых пищевых предприятий с использованием мембранных установок в современных условиях // Пищевая промышленность. - 2018. - №3. - С. 36 – 43.

REFERENCES

1. Klyuchnikov A. I. Development of membrane technology implementing hydrodynamic instability at the membrane-initial solution interface // Agro-industrial technologies of Central Russia. – Issue 3 (No. 29). – 2023. – pp. 99 – 115.

2. Khachatryan L. R., Kotlyarov R. V., Lobasenko B. A. Study of technological modes of operation of a membrane apparatus during concentration of starch milk // Equipment and technology of food production. - 2015. - No. 2 (37). - pp. 61 – 66.

3. Timofeev A. E., Lobasenko B. A., Kotlyarov R. V. Study of design parameters of membrane apparatus with diffusion layer removal // Food production equipment and technology. - 2012. - No. 4 (27). - pp. 1 – 5.

4. Spichak V. V., Kudryavtsev V. A., Ananyeva P. A., Belyaeva L. I., Kholodova V. V., Kuvardina E. M. Hydrodynamic aspects of diffusion juice ultrafiltration // News of universities. Food technology. - 1999. - No. 5-6. - pp. 78 – 80.

5. Mishchenko V. Ya., Kuvardina E. M. Application of vibration effects to intensify membrane processes // News of universities. North Caucasian region. Series: Technical sciences. - 2010. - No. 1. -pp. - 110 – 112.

6. Usynina A. E. Influence of the model of liquid flow movement through the membrane device on the efficiency of its operation // Engineering and construction bulletin of the Caspian region. - 2015. - No. 3 (13). -pp. 45 – 49.

7. Usynina A. E., Boronina L. V. A new approach to the study of the ultrafiltration process with turbulent pulsations and variable pressure // Bulletin of RUDN. Series: Engineering research. - 2015. - No. 4. -pp. 50 – 58.

8. Shevtsov A. A., Derkanosova A. A., Korotaeva A. A., Tonkikh N. V., Muravyov A. S. Influence of design features of the membrane apparatus turbulator on the hydrodynamics of the ultrafiltration process // Scientific journal of NRU ITMO. Series «Processes and equipment for food production». 2015. No. 3.

9. Dytnerky Yu. I. Baromembrane processes. Theory and calculation. – М.: Chemistry, 1986. (processes and devices of chemical and petrochemical technology.) 272 p.

10. Egorova O. S., Akbulatova D. R., Shilkin A. A. Factors influencing the quality and shelf life of fermented beverages from fruit raw materials: a review of the subject field // Storage and processing of agricultural raw materials. - 2023. - No. 2. - pp. 14 – 32.

11. Vopiashin O. Ya. Micro- and ultrafiltration on ceramic membranes in juice production // Food industry. - 2004. - No. 7. - pp. 60 – 61.

Kudryashov V. L., Fursova N. A., Alekseev V. V., Lukin N. D. Basics of creating small food enterprises using membrane units in modern conditions // Food industry. - 2018. - No. 3. - pp. 36 – 43.



Стенд для диагностики гидросистем транспортных и самоходных машин

A diagnostic stand for hydraulic systems of transport and self-propelled vehicles

Аспирант М.Ю. Мещеряков,
ИШНПТ НИ ТПУ, тел. +79539283610
justbegold@outlook.com
к.т.н. Т.Е. Алушкин,
ВИША НИ ТГУ, тел. +7 952 802 7690
timofey.alushkin@gmail.com

Postgraduate student, M.Yu. Meshcheryakov,
ISNHPT NI TPU, tel. +79539283610
justbegold@outlook.com
PhD. T.E. Alushkin,
VISHA NI TSU, tel. +7 952 802 7690
timofey.alushkin@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается актуальность создания усовершенствованного испытательного оборудования для комплексной диагностики систем смазки силовых агрегатов. Описываются недостатки существующих стационарных стендов, не позволяющих в полной мере имитировать нагрузку и оценивать параметры работы комплексно. В качестве решения предлагается разработка мобильной установки с гидравлической системой в качестве нагружающего устройства. Подробно изложен принцип работы установки, перечень контролируемых параметров и её преимущества, включающие меньшие массогабаритные показатели, мобильность, плавное регулирование частоты вращения и возможность испытания различных агрегатов (двигателей, коробок передач, гидронасосов). Результаты моделирования работы гидронасосов серии НШ в среде Matlab – Simulink показали низкий объёмный КПД при относительно низких рабочих давлениях. Областью применения разработанного оборудования является комплексная диагностика, техническое обслуживание и испытания систем смазки и других ключевых узлов силовых агрегатов непосредственно на месте эксплуатации или в полевых условиях, обеспечивая высокую точность и оперативность оценки их работоспособности.

Annotation. This article examines the need for improved test equipment for the comprehensive diagnostics of powertrain lubrication systems. It describes the shortcomings of existing stationary test rigs, which do not allow for full load simulation and comprehensive evaluation of operating parameters. A proposed solution is the development of a mobile unit with a hydraulic system acting as a loading device. The operating principle of the unit, the list of monitored parameters, and its advantages, including smaller weight and dimensions, mobility, smooth speed control, and the ability to test various units (engines, gearboxes, hydraulic pumps), are described in detail. Results from modeling the operation of NSh series hydraulic pumps in the Matlab-Simulink environment revealed low volumetric efficiency at relatively low operating pressures. The developed equipment is suitable for comprehensive diagnostics, maintenance, and testing of lubrication systems and other key powertrain components directly at the operating site or in the field, ensuring highly accurate and rapid performance assessments.

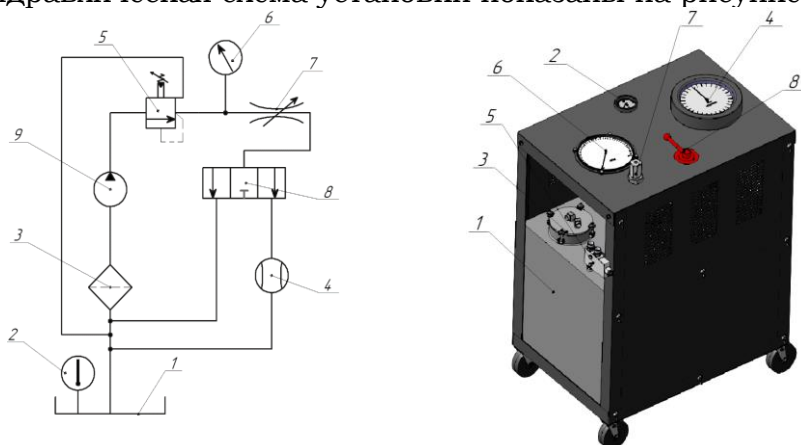
Ключевые слова: испытательное оборудование, диагностика, гидравлическая система, моделирование, гидронасосы.

Key words: test equipment, diagnostics, hydraulic system, modeling, hydraulic pumps.

Актуальными являются работы, направленные на совершенствование системы технического обслуживания путем создания испытательного оборудования, позволяющего проверять работоспособность систем смазки силовых агрегатов.

На сегодняшний день известно большое количество стендов для испытания и обкатки силовых агрегатов. Как правило, при диагностике такого оборудования показатели работы систем не оцениваются комплексно, не обеспечивается имитация нагрузки на агрегат, кроме того, такие стенды являются стационарными, используют электроприводы и для проведения работ требуют трехфазную электрическую сеть.

Для решения вышеуказанных проблем предлагается использовать установку, включающую гидравлическую систему в качестве нагружающего устройства. Общий вид и гидравлическая схема установки показаны на рисунке 1.



а)
Рис. 1. Схема стенда: а) гидравлическая схема стенда; б) общий вид модели.

Принцип работы установки. Гидравлическое масло из бака (1) очищается в полнопоточном фильтре (3), затем поступает в гидронасос (9), установленный на испытуемом агрегате. Изменяя подачу топлива двигателем внутреннего сгорания и положение регулируемого дросселя (7), устанавливаются характерные скоростные и нагрузочные режимы работы испытуемого агрегата. Контроль частоты вращения осуществляется с помощью штатных или переносных тахометров, давление масла измеряется с помощью манометра (6) на приборной панели агрегата. После установления характерного режима работы путем переключения рукоятки управления клапаном включения (8) поток масла направляется в расходомер объемного типа (4), показания которого необходимы для расчета параметров нагрузки на агрегат. После прохождения через расходомер масло возвращается в бак установки. Для предотвращения протечек трубопроводов перед регулируемым дросселем устанавливается блок клапанов с регулируемым предохранительным клапаном (5).

При испытаниях контролируются следующие параметры работы: давление в линии высокого давления; температура масла в гидробаке; расход масла за промежуток времени; частота вращения коленчатого вала (опционально).

Использование разработанной установки с гидравлическим приводом позволяет реализовать следующие преимущества: меньшие массогабаритные показатели; мобильность, так как разработанная установка размещается на тележке; обеспечение плавного регулирования частоты вращения; возможность испытания как двигателей, так и коробок передач благодаря относительно низким частотам вращения гидронасоса, а также диагностика рабочих параметров гидронасосов.

Моделирование работы гидронасоса проводилось с помощью программы инженерного расчета приложения Matlab – Simulink (рис. 2).

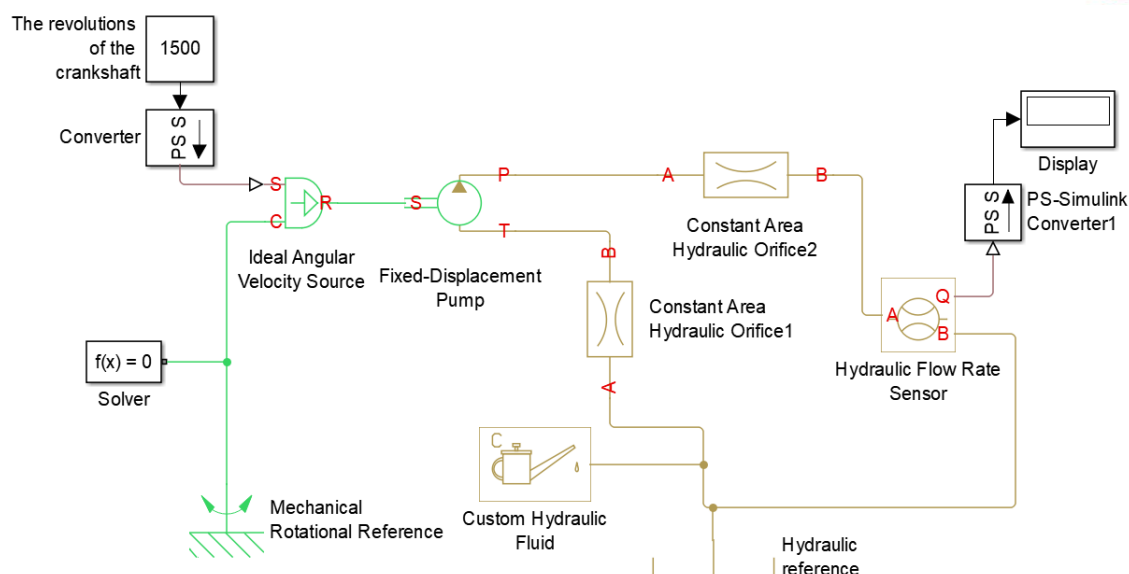


Рис. 2. Спроектированная схема в производственной среде Simulink

Для моделирования были взяты гидронасосы серии НШ производства компании «Гидросила», так как они широко применяются в транспортной и самоходной технике. Было проведено численное математическое моделирование работы насоса серии MASTER НШ-32 четвертого поколения и сравнение с заводскими параметрами насоса НШ-32М третьего поколения.

Исходные данные для моделирования: масло ВМГЗ, кинематическая вязкость $\eta = 0,75 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, механический КПД насоса 0,95. Частота вращения приводного вала 25 с^{-1} (1500 об/мин).

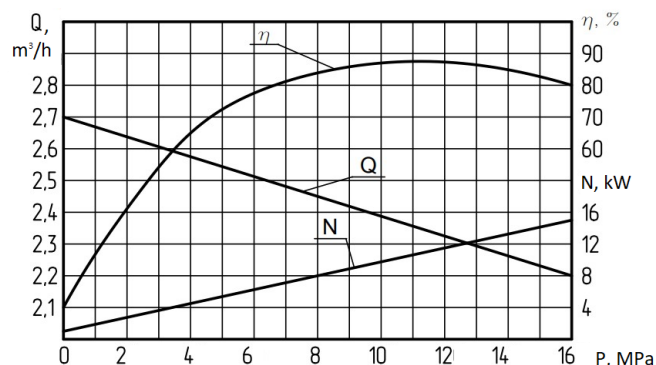


Рис. 3. Характеристики НШ-32 третьего поколения.

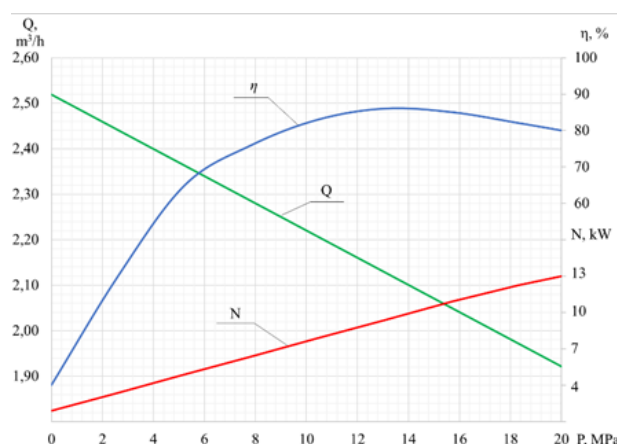


Рис. 4. Характеристики НШ-32 четвертого поколения.

Рисунки 3 и 4 показывают, что при относительно низких рабочих давлениях



рассматриваемые насосы имеют довольно низкий объемный КПД (кривая η).

Предлагаемая мобильная установка с гидравлической системой в качестве нагружающего устройства предлагает ряд существенных преимуществ. Во-первых, ее мобильность позволяет проводить диагностику и испытания непосредственно в полевых условиях или на производственной площадке, что значительно сокращает время на обслуживание и ремонт. Во-вторых, использование гидравлической системы для создания нагрузки обеспечивает плавное и точное регулирование частоты вращения и нагрузочных режимов, что критически важно для адекватной имитации условий эксплуатации.

Полученные в ходе моделирования работы гидронасосов серии ННШ в среде Matlab – Simulink результаты подчеркивают важность комплексной диагностики в различных режимах эксплуатации. Эти данные указывают на потенциальные потери мощности и снижение эффективности гидравлических систем именно в условиях частичных нагрузок, которые часто встречаются в реальной работе. Мобильная испытательная установка позволит экспериментально подтвердить эти теоретические выводы, проводя испытания в широком диапазоне давлений и частот вращения, тем самым предоставляя инженерам и специалистам по обслуживанию более полное понимание фактического состояния и производительности оборудования.

Таким образом, разработанное оборудование выступает не только как средство диагностики, но и как инструмент для верификации и дополнения теоретических моделей. Его способность к проведению комплексных испытаний различных типов агрегатов (двигателей внутреннего сгорания, коробок передач, гидронасосов) делает его универсальным решением для повышения надежности и долговечности эксплуатации силовых установок в самых разных отраслях, от сельского хозяйства до тяжелой промышленности. Внедрение данной установки позволит перейти от реактивного (поломка-ремонт) к проактивному (прогнозирование и предотвращение поломок) подходу в техническом обслуживании, что в конечном итоге приведет к снижению эксплуатационных затрат и повышению операционной эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носихин А. Модульный обкаточно-тормозной стенд для обкатки дизелей // Текст научной статьи по специальности "Механика и машиностроение" - 2012 - №4. - с. 59-62.
2. Петрищев Н.А., Саяпин С.Н., Данков А.А., Капусткин А.О. Универсальное контрольно-диагностическое сервисное оборудование для технического обслуживания и ремонта агрегатов гидропривода, трансмиссии МТП // Механизация строительства. - 2013. - № 1. - С. 5-10.
3. Капусткин А. Диагностика технического состояния центробежных фильтров очистки масла на стенде КИ-28256.01 // Труды ГОСНИТИ. - 2013 - №1. - с. 13-17.
4. Федотова М., Ковалев А., Кушель А. (и др.), 2017, Оценка машин и оборудования. Москва: ИНФРА-М.
5. Барыльникова Е.П., Гафиятуллин А.А., Кулаков О.А. Эксплуатации // Проблемы функционирования систем транспорта. Матер. Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Тюмень, 2015. С. 68-75.

REFERENCES

1. Nosikhin A. Modular running-brake rig for diesel engine running-in // Text of the scientific article in the specialty "Mechanics and Mechanical Engineering" - 2012) - No. 4. - pp. 59-62.
2. Petrishchev N. A., Sayapin S. N., Dankov A. A., Kapustkin A. O. Universal control and diagnostic service equipment for maintenance and repair of hydraulic drive units, MTP transmission // Mechanization of Construction. - 2013. - No. 1. - pp. 5-10.
3. Kapustkin A. Diagnostics of the technical condition of centrifugal oil filters on the KI-28256.01 rig // Proceedings of GOSNITI. - 2013 - No. 1. - pp. 13-17.
4. Fedotova M., Kovalev A., Kushel A. (et al.), 2017, Assessment of machines and equipment. Moscow: INFRA-M.
5. Barylnikova E.P., Gafiyatullin A.A., Kulakov O.A. Operations // Problems of functioning of transport systems. Proc. Int. scientific-practical. conf. of students, postgraduates and young scientists. - Tyumen, 2015. pp. 68-75.



Влияние способа обработки растительных материалов на изменение электрофизических свойств

The influence of the processing method of plant materials on the change in electrophysical properties

Аспирант М.А. Печерица, доцент, д.т.н. А.В. Гукасян, доцент, к.т.н.

Е.Г. Степанова

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», кафедра технологического оборудования и систем жизнеобеспечения, тел. (861) 275-22-79,
map2000@internet.ru

Postgraduate student M.A. Pecheritsa, associate professor, Doctor of Engineering Sciences A.V. Gukasyan, associate professor, PhD in Engineering Sciences E.G. Stepanova

Kuban State Technological University, chair of Technological Equipment and Life Support Systems, tel. (861) 275-22-79,
map2000@internet.ru

Аннотация. В работе приведены результаты экспериментальных сравнительных исследований электрофизических характеристик растительных материалов при их обработке тепловыми и нетермическими способами такими как электроплазмолиз, обработка СВЧ, электроактивированным экстрагентом, воздействие электромагнитного поля низкой частоты и крайне низкой частоты, электрогидравлическая, ультразвуковая и пульсационная обработка. Объектами исследований явились корнеплоды – картофель, морковь, столовая и сахарная свекла, а также плоды с прочной мякотью – айва, тыква и яблоко. Для определения электрофизических свойств измеряли электропроводность и электрическое сопротивление растительных материалов с помощью прецизионного измерителя Precision LCR Meter на частотах 1 и 10 кГц. Сравнительным испытаниям подвергались образцы в форме дисков, обработанные одним из перечисленных термических и электрофизических методов, а также свежие необработанные образцы растительного сырья. Оценка степени плазмолиза проводили по отношению удельных электрических сопротивлений двух рабочих частот. Установлено, что контрольные образцы имеют минимальную электропроводность. Обработка любым из исследованных способов, в т.ч. слабо концентрированным раствором сульфата алюминия повышает показатель плазмолиза. Наибольшие значения искомых коэффициентов достигнуты для ультразвуковой обработки солевого раствора для сахарной и столовой свеклы. Для всех видов образцов наибольший эффект плазмолиза получен для СВЧ обработки растительных материалов.

Annotation. The paper presents the results of experimental comparative studies of the electrophysical characteristics of plant materials during their processing by thermal and non-thermal methods such as electropasmolysis, microwave processing, electroactivated extraction, low-frequency and extremely low-frequency electromagnetic field exposure, electrohydraulic, ultrasonic, and pulsation processing. The objects of the studies were root vegetables such as potatoes, carrots, table and sugar beets, as well as fruits with firm flesh such as quince, pumpkin, and apples. To determine the electrophysical properties, the electrical conductivity and electrical resistance of plant materials were measured using a Precision LCR Meter at frequencies of 1 and 10 kHz. Comparative tests were performed on disk-shaped samples that were treated using one of the listed thermal and electrophysical methods, as well as on fresh, untreated samples of plant raw materials. The degree of plasmolysis was assessed based on the ratio of the specific electrical resistances of the two operating frequencies. It was found that the control samples had the lowest electrical conductivity. Treatment with any of the studied methods, including a low-concentration solution of aluminum sulfate, increased the plasmolysis index. The highest values of the sought-after coefficients were achieved for ultrasonic treatment of a salt solution for sugar and table beet. For all types of samples, the highest plasmolysis effect was observed for microwave treatment of plant materials.

Ключевые слова: растительные материалы, электрофизические свойства, электропроводность, электрическое сопротивление, показатель плазмолиза.



Key words: plant materials, electrophysical properties, electrical conductivity, electrical resistance, plasmolysis index.

В целях повышения выхода извлекаемых веществ перед прессованием, фильтрованием, центрифугированием или экстрагированием измельченный растительный материал следует плазмолизировать [1]. В различных пищевых отраслях денатурацию протоплазмы осуществляют путем термоплазмолиза в бланширователях, шпарителях или ошпаривателях [2]. Полная денатурация клеток возможна при использовании криоплазмолиза [3]. В зависимости от температуры и продолжительности процессов замораживания или нагревания достижение проницаемости клеток может сопровождаться миграцией пектиновых и красящих веществ, содержащихся в растительном сырье. В производственных условиях при переработке свекловичной стружки пониженного технологического достоинства (из вялой или подгнившей сахарной свеклы) затраты топлива, электроэнергии и вспомогательных материалов (известки и сатурационного газа) возрастают, а выход сахарозы за счет неучтенных потерь снижается. В целях повышения эффективности плазмолиза свекловичных клеток за последние годы разработаны и в разной степени апробированы такие инновационные технологии как термохимическая обработка стружки [4], электроплазмолиз [5], обработка СВЧ [6], электроактивированным экстрагентом [7], использование электромагнитного поля низкой частоты и крайне низкой частоты [8], электрогидравлическая [9], ультразвуковая [10] и пульсационная обработка [11]. Среди изученных способов, по мнению многих исследователей, наибольшей эффективностью обладает электроплазмолиз (электропорация), отличающийся кратковременным и низкотемпературным воздействием, простотой аппаратного оформления. Электропорация включает переход пектиновых веществ, интенсифицирует сокоотдачу и тепломассоперенос при экстрагировании или сушке. Вместе с тем, электропорация отличается избирательностью по отношению к отдельным видам растительных материалов, техническими ограничениями и требует значительных затрат электроэнергии.

Известно, что электропроводность растительных тканей тесно связана с ионным составом клеточного сока и степенью повреждения мембран: при разрушении мембран внутриклеточные электролиты выходят в межклеточное пространство, резко повышая электропроводность ткани и снижая её электрическое сопротивление. Таким образом, измерение импеданса и проводимости растительных тканей в широком диапазоне частот может служить объективным физико-химическим индикатором степени деструктурирования клеточного материала. Предел проводимости при максимальных частотах характеризует суммарное содержание свободных ионов в ткани при полностью «открытых» мембранах.

Цель исследования является экспериментальное определение электрофизических свойств различных видов растительного сырья после обработки термическим и нетепловыми способами.

Электрофизические свойства материалов определяли путем измерения электропроводности и электрического сопротивления. Для проведения экспериментов отобраны образцы корнеплодов (картофеля, моркови, сахарной и столовой свеклы) и плодов (айвы, яблок и тыквы). Выбор объектов обусловлен их различным химическим составом, содержанием пектиновых веществ, сахаров и структурой клеточных стенок, что позволяет выявить общие закономерности и различия в реакции тканей на тепловые и электрофизические воздействия. Регистрацию показаний проводили прецизионным измерителем Precision LCR Meter на различных частотах 1 и 10 кГц. По значению коэффициента электропроводности оценена степень повреждения клеток в образцах. Для исключения влияния анизотропности применялись поперечные срезы из центральной части корнеплодов и плодов в форме цилиндров с диаметром 15 мм и толщиной 7 мм. Для проведения электрохимической активации применяли диафрагменный электролизер с брезентовой перегородкой и нержавеющей электродами, в который заливали 0,02 %-раствор сульфата алюминия при температуре 20 °С. Через 1 минуту работы активатора католит и анолит сливали и в них определяли pH и температуру. Ультразвуковую (УЗ) обработку аналогичного солевого раствора осуществляли в ультразвуковой ванне YAXUN YX3030 (КНР), оснащенной пьезоэлектрическими преобразователями с частотой 40 кГц и потребляемой мощностью



30 Вт. рН₂₀ растворов для обработки растительного сырья определяли потенциометрическим методом настольным рН/ОВП-метром РН134, температуру сред замеряли ртутным лабораторным термометром ТЛ-2 с пределами допускаемых абсолютных погрешностей ± 1 °С. При воздействии электрического тока в исследуемых образцах наблюдались поляризационные явления, обусловленные состоянием растительных тканей. Каждый опыт проводили в двух повторностях. После чего результаты измерений обрабатывали известными статистическими методами с помощью MS Excel. Способы и режимы плазмолиза приведены в таблице 1. Время воздействия на образцы – 60 с. Температура измеряемых образцов – 20 °С.

Таблица 1

Способы и режимы плазмолиза растительных материалов

№ способа	Способ обработки образцов	Технологический режим		
		Температура, °С	рН ₂₀	Дополнительные параметры
1	Пар	100	7,2	Давление 0,101 МПа, 30 % к массе образца
2	Замораживание	- 5	-	Режим охлаждения 2 °С/мин.
3	СВЧ	48	-	450 Вт/дм ³
4	0,02%-раствор Al ₂ (SO ₄) ₃	40	4,60	30 % к массе образца
5	ЭВР -катодит 0,02%-раствора Al ₂ (SO ₄) ₃	45	5,93	30 % к массе образца
6	ЭВР -анодит 0,02%-раствор Al ₂ (SO ₄) ₃	43	4,28	30 % к массе образца
7	УЗ-раствора Al ₂ (SO ₄) ₃	40	4,42	30 % к массе образца
8	Без обработки (контроль)	20	-	

Коэффициент, численно равный отношению удельных электрических сопротивлений двух рабочих частот характеризует показатель плазмолиза растительной ткани:

$$K = \frac{\rho_1}{\rho_{10}} \quad (1)$$

где ρ_1 , ρ_{10} – удельное электрическое сопротивление на соответственных частотах 1 и 10 кГц, Ом·м.

Таблица 2

Удельное электросопротивление образцов при частотах измерений 1 и 10 кГц

Сырье, сорт	Удельное электрическое сопротивление при частотах измерений (1/10, кГц) (ρ_1 и ρ_{10} , Ом·м) для способа обработки образцов по таблице 1							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Морковь «Каратель»	3377	3380	3373	4007	4021	4017	3363	4020
	253	261	248	3962	3980	3962	242	3980
Картофель «Адретта»	3378	3383	3372	3989	4002	3989	3364	4012
	258	264	252	3957	3952	3942	241	3975
Гибрид сахарной свеклы «Брандон»	3378	3382	3371	4006	4002	4010	3323	4034
	251	256	246	3925	392	392	234	3944
Столовая свекла «Славянка»	3378	3384	3370	4013	4008	4016	3357	4031
	253	260	249	3928	3928	3928	2371	3946
Айва «Крымская ароматная»	3379	3381	3372	3969	3954	3961	3360	3988
	260	262	259	3757	3752	3750	249	3776
Тыква «Волжская»	3389	3392	3387	3673	3665	3668	3375	3685
	265	271	263	3477	3474	3471	250	3491
Яблоко «Голден Делишес»	3380	3385	3378	3870	3866	3868	3366	3886
	266	268	261	3491	3486	3488	250	3508

Результаты расчетов сведены в таблицу 3. Полученные результаты демонстрируют выраженную реакцию тканей на обработку. Все контрольные образцы имеют минимальную электропроводность. Коэффициент плазмолиза клеток растительной ткани при любом из представленных способов обработки повышается. В условиях проведенной серии опытов максимальные значения показателя плазмолиза достигнуты для ультразвуковой обработки слабо концентрированного раствора сульфата алюминия для сахарной и столовой свеклы – 14,20 и 14,16 соответственно. Высокие



значения плазмолиза имеют образцы, подвергнутые СВЧ-обработке и паровому ошпариванию. Критериями выбора способа плазмолиза для отдельных видов сырья должны стать удельные экономические затраты на плазмолиз, конструкция аппарата для проведения плазмолиза и стоимость его обслуживания, а также легкость встраивания плазмоллизатора в технологическую схему переработки растительных материалов.

Таблица 3

Расчетный показатель плазмолиза растительной ткани

Сырье	Показатель плазмолиза для способа обработки образцов растительной ткани							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Морковь «Каратель»	13,35	12,95	13,61	10,12	10,10	10,14	13,90	10,10
Картофель «Адретта»	13,09	12,81	13,38	10,09	10,11	10,12	13,96	10,08
Гибрид сахарной свеклы «Брандон»	13,46	13,21	13,70	10,22	10,16	10,23	14,20	10,21
Столовая свекла «Славянка»	13,51	13,35	13,53	10,21	10,20	10,22	14,16	10,21
Айва «Крымская ароматная»	12,99	13,00	13,02	10,584	10,52	10,56	13,49	10,55
Тыква «Волжская»	12,79	12,79	12,88	10,59	10,53	10,54	13,5	10,56
Яблоко «Голден Делишес»	12,71	12,63	12,94	11,09	11,11	11,10	13,46	11,07

Таким образом, предварительная УЗ- и СВЧ-обработка переводит растительные ткани в состояние максимальной электролитической проницаемости, что должно существенно интенсифицировать последующую экстракцию целевых растворимых веществ – сахара, пектинов, бетаина и др. Замораживание даёт умеренный эффект и может быть применен в случаях, когда требуется сохранить нативную структуру макромолекул. Количественное сравнение влияния различных способов обработки на электрофизические параметры растительных тканей позволяет установить корреляцию между изменением проводимости и ожидаемой эффективностью экстрагирования и сокоотдачи растительных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чучалин В.С., Келус Н.В. Технология получения экстракционных фитопрепаратов. –Томск: Изд-во СибГМУ, 2019. – 198 с.
2. Абашкин И.А., Елеев Ю.А., Глухан Е.Н., Кучинский Е.В., Афанасьев В.В. Методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья (обзор) // Химия и технология органических веществ. – 2021. – № 2 (18). – С. 43-59.
3. Керженцев В.А. Технологическое оборудование пищевых производств. Тепловое оборудование: конспект лекций –Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 56 с.
4. Печерица М.А., Шорсткий И.А., Мунассар Е.Х.А., Степанова Е.Г. Эффективность экстрагирования сахарозы из криоплазмолизованной свекловичной стружки // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2025. – № 2-3 (400). – С. 90-97.
5. Рубан Н.В., Кульнева Н.Г., Журавлев М.В. Обоснование энергетической эффективности технологии термохимической подготовки свекловичной стружки к экстрагированию сахарозы с помощью эксергетических методов анализа // Health Food & Biotechnology. –2019. – Т. 1. – Изд. 3. – С. 69-83.
6. Юдаев И.В., Кокурин Р.Г., Даус Ю.В. Электроимпульсный плазмолиз растительного сырья: изучение процесса и его техническое обеспечение // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2018. – № 3 (39). – С. 135-140.
7. Складаров С. П. Использование трёхфазных и бытовых электролизеров для электрохимической активации (ЭХА), отработка и оценка некоторых параметров их работы для получения оптимальных фракций ЭХА воды для санации и применения в



пищевой промышленности // Современная наука и инновации. 2019. – №1. – С. 175–183.

8. Городецкий В.О., Семенихин С.О., Даишева Н.М., Люсый И.Н., Котляревская Н.И., Усманов М.М. Отечественные и зарубежные исследования применения электрических и электромагнитных полей для интенсификации извлечения сахарозы из свекловичной стружки // Новые технологии. – 2018. – № 1. – С. 26–30.

9. Оценка преимуществ применения диффузионного пульсационного аппарата для реконструкции диффузионного отделения сахарного завода /Иовлев Д.П. [и др.] // Новые технологии. 2022. – Т. 18. – № 3. – С. 44–58.

10. Печерица М.А., Степанова Е.Г., Липай И.С. Возможности применения ультразвука при экстрагировании сахара // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2024. – № 4. – С. 250–256.

11. Корнеева О.С., Яковлева С.Ф., Матвиенко Н.А., Фролова Л.Н., Мотина Е.А., Шуваева Г.П. Перспективные методы интенсификации процесса экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2023. – Т. 85. – № 1. –С. 149–155.

REFERENCES

1. Chuchalin V.S., Kelus N.V. Technology for obtaining extraction phytopreparations. - Tomsk: Publishing house of Siberian State Medical University, 2019. - 198 p.

2. Abashkin I.A., Eleev Yu.A., Glukhan E.N., Kuchinsky E.V., Afanasyev V.V. Methods of extraction of biologically active substances from plant raw materials (review) // Chemistry and technology of organic substances. - 2021. - No. 2 (18). - pp. 43–59.

3. Kerzhentsev V.A. Technological equipment for food production. Thermal equipment: lecture notes - Novosibirsk: Publishing house of Novosibirsk State Technical University, 2008. - 56 p.

4. Pecheritsa M.A., Shorstkiy I.A., Munassar E.Kh.A., Stepanova E.G. Efficiency of sucrose extraction from cryoplasmolized sugar beet chips // News of higher educational institutions. Food technology. - 2025. - No. 2-3 (400). - pp. 90–97.

5. Ruban N.V., Kulneva N.G., Zhuravlev M.V. Justification of the energy efficiency of the technology of thermochemical preparation of sugar beet chips for sucrose extraction using exergy analysis methods // Health Food & Biotechnology. -2019. - Vol. 1. - Edition 3. - pp. 69–83.

6. Yudaev I.V., Kokurin R.G., Daus Yu.V. Electropulse plasmolysis of plant raw materials: study of the process and its technical support // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. - 2018. - No. 3 (39). - pp. 135–140.

7. Sklyarov S. P. Use of three-phase and household electrolyzers for electrochemical activation (ECA), development and evaluation of some parameters of their operation to obtain optimal fractions of ECA water for sanitation and use in the food industry // Modern Science and Innovation. 2019. - No. 1. - pp. 175–183.

8. Gorodetsky V. O., Semenikhin S. O., Daisheva N. M., Lyusy I. N., Kotlyarevskaya N. I., Usmanov M. M. Domestic and Foreign Studies on the Application of Electric and Electromagnetic Fields to Enhance Sucrose Extraction from Sugar Beet Chips // New Technologies. – 2018. – No. 1. – pp. 26–30.

9. Evaluation of the Advantages of Using a Diffusion Pulsation Apparatus for the Reconstruction of a Sugar Factory Diffusion Department / Iovlev D.P. [et al.] // New Technologies. – Vol. 18. – No. 3. – pp. 44–58.

10. Pecheritsa M.A., Stepanova E.G., Lipai I.S. Possibilities of Using Ultrasound in Sugar Extraction // Technologies of the Food and Processing Industry of the AIC – Healthy Food Products. – No. 4. – pp. 250–256.

11. Korneeva O.S., Yakovleva S.F., Matvienko N.A., Frolova L.N., Motina E.A., Shuvaeva G.P. Promising methods for intensifying the process of sucrose extraction from sugar beet chips // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2023. - Vol. 85. - No. 1. - pp. 149–155.



Компьютерное зрение как метод исследования дисперсности майонезной эмульсии

Computer vision as a method of studying the dispersion of mayonnaise emulsion

Профессор, д.т.н. С.А. Бредихин,
Российский государственный аграрный университет – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств, тел. +7(499) 977-92-73
sbredihin_kpia@rgau-msha.ru
преподаватель, к.т.н. В.Н. Андреев, аспирант В.В. Демичев,
Российский государственный аграрный университет – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Технологический колледж, тел. 8 (968) 68-68-333
v.andreev@rgau-msha.ru
доцент, к.ф.-м.н. В.А. Демичев,
Псковский государственный университет, кафедра прикладной информатики и моделирования, тел. +78112201699 доб. 521
demichev.va@pskgu.ru
директор, д.т.н. А.В. Журавлев
Ассоциация «ТППП АПК» (ORCID ID 0000-0001-9272-939X)
alexjav2@mail.ru

Professor, Dr. of Engineering S.A. Bredikhin,
Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, chair of Processes and Devices of Processing Industries, tel. +7(499) 977-92-73
sbredihin_kpia@rgau-msha.ru
Teacher, PhD V.N. Andreev, postgraduate V.V. Demichev,
Russian State Agrarian University – RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, Technology College, tel. 8 (968) 68-68-333
v.andreev@rgau-msha.ru
Associate Professor, PhD V.A. Demichev,
Pskov State University, Department of Applied Informatics and Modeling, tel.+78112201699ext. 521
demichev.va@pskgu.ru
Director, Dr. of Engineering A.V. Zhuravlev
Association "TPPP APK" (ORCID ID 0000-0001-9272-939X)
alexjav2@mail.ru

Аннотация. В статье предложены новые методы исследования дисперсности майонезной эмульсии с помощью компьютерного зрения. Одним из таких методов разработан на основе нейросети и библиотеки You Only Live Once (YOLO). Для реализации данного метода нами была разработана программа и получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Кроме того, для работы данного метода нами была обучена модель для работы нейросети. Для корректной работы метода использовалась предварительно обученная модель с сегментацией, позволяющая определить площадь искомых объектов с помощью метода палеток и наложения масок на искомые объекты. Вторым аналогичным методом является поиск жировых шариков через библиотеку Open Source Computer Vision Library (OpenCV) в которую закладывались параметры жировых шариков и осуществлялся их поиск. Для пересчета пиксельных размеров жировых шариков предложены методы по их пересчету. Первым таким методом является наложение образцового стекла, с ценой деления не менее 10 мкм, на предметное стекло. Вторым методом является использование уже образмеренных жировых шариков для пересчета пиксельных значений в микрометры. Относительно классификации размеров жировых шариков

использован метод интервальных вариационных рядов. Для графического изображения классификации используется гистограмма частот. Метод классификации жировых шариков так же заложен в разработанную программу для ЭВМ и работает полностью автоматически. Проведен сравнительный анализ методов компьютерного зрения для определения дисперсности жировых шариков. В заключении работы нами предложены методы для улучшения эффективности работы нейросети.

Annotation. The article proposes new methods for studying the dispersity of mayonnaise emulsion using computer vision. One of these methods is based on a neural network and the You Only Live Once (YOLO) library. To implement this method, we developed a program and obtained a certificate of registration for a computer program. Additionally, we trained a neural network model to run this method. To ensure the method's accuracy, we used a pre-trained model with segmentation, which allows us to determine the area of the desired objects using the palette method and masking the objects. The second similar method is the search for fat globules through the Open-Source Computer Vision Library (OpenCV), which was used to set the parameters of the fat globules and search for them. To recalculate the pixel sizes of the fat globules, methods have been proposed for their recalculation. The first method is to overlay a reference glass with a division value of at least 10 μm on the slide.

Ключевые слова: компьютерное зрение, майонезная эмульсия, исследование майонезной эмульсии, новый метод исследования дисперсной фазы водно-жировых эмульсий, сравнительный анализ методов компьютерного зрения.

Key words: computer vision, mayonnaise emulsion, study of mayonnaise emulsion, new method for studying the dispersed phase of water-in-oil emulsions, comparative analysis of computer vision methods.

Майонез - продукт, представляющий собой прямую эмульсию по типу "масло в воде" [1, 2, 3, 4]. В ходе системных исследований, проведенных ранее [5] применительно к линии производства майонеза периодическим способом, наиболее существенным фактором, влияющим на качество перги выпускаемой технологической линией продукции, является "диспергирование майонезной эмульсии" [6]. Кроме того, данный фактор немаловажен при определении стойкости эмульсии. Жирность майонезной продукции, как и ее дисперсное распределение, напрямую влияет на температуру фазовых переходов майонезной эмульсии [7].

В лаборатории «Аддитивные технологии перерабатывающих производств» ФГБОУ-ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на микроскопе получены 9 снимков готовой майонезной эмульсии с содержанием жира соответственно 30 %, 55 %, 67 %. Затем имеющиеся фотографии майонезной эмульсии были разбиты на 846 фотографий. В каждой новообразованной фотографии содержится от 1 до нескольких сотен жировых шариков (рис. 1).

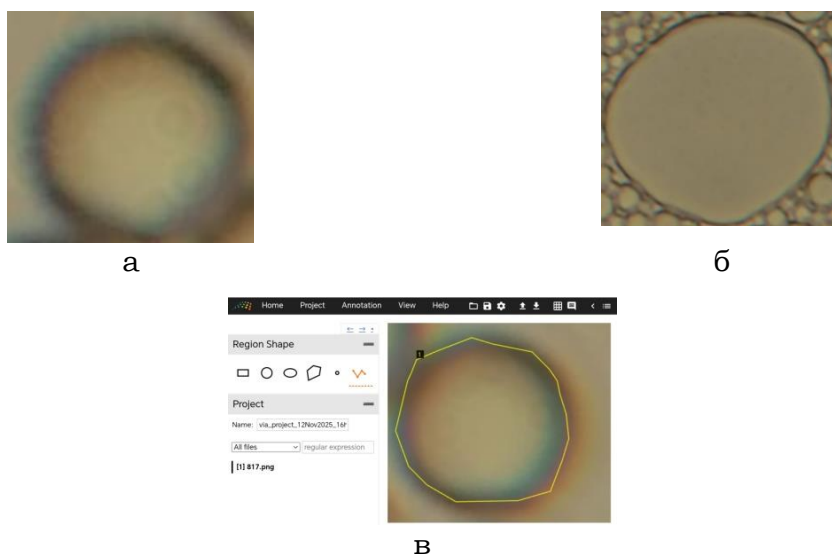


Рис. 1. Пример разделения фотографий жировых шариков майонезной эмульсии, а – один; б- множество; в-аннотированное

После разделения фотографий на 846 фотографий производилось аннотирование всех изображений в веб приложении VGG image annotator следующим образом как показано на рис. 1, в. После аннотирования изображения количество жировых шариков на

изображении превысило 2400. Поскольку формат файла аннотирования "json" и данный формат не поддерживается нейросетью при обучении то совершенно необходимо преобразовать данный файл в 846 файлов "txt".

У обучаемой нейросети существует обязательное требование по размеру изображения 640x640 пикселей. Для этого нами на языке программирования python была разработана программа для преобразования файла аннотирования "json" в файлы "txt" и преобразования размера изображений под требуемый формат (рис. 2).

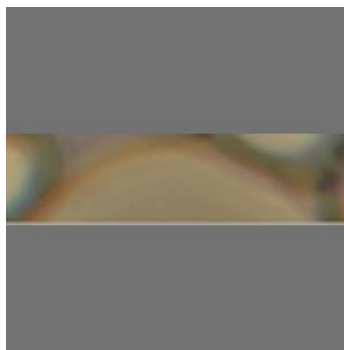


Рис. 2. Преобразованные изображения в нужный размер

После преобразования изображений в нужный формат и конвертации файла json нами была написана программа на python 3.11.9, позволяющая на полученном ранее материале обучать модель для распознавания образов. Модель обучается под алгоритм YOLO (You Only Look Once). You Only Look Once работает следующим образом: исходное изображение, на котором необходимо определить искомый объект, разделяется на сетку. Затем на каждый элемент сетки сравнивается с уже известным объектом или его частью. Размер сетки напрямую связан с исходной пред обученной моделью. Пред обученная модель применяется в обучении основной модели для ускорения процесса обучения. Применительно к 8 версии YOLO существуют следующие пред обученные модели:

- yolov8n - небольшая пред обученная модель, позволяющая определить до 80 категорий объектов. Основным преимуществом данной модели является скорость распознавания;
- yolov8s - так же относится к классу небольших моделей, с балансом скорости и точности распознавания. Основными преимуществами является распознавание более мелких объектов, доступно больше классов для распознавания образов, работает быстрее на GPU по сравнению с предыдущей версией.
- yolov8m - относится к классу средних моделей по объёму. Основным преимуществом данной модели является большая точность по сравнению с предыдущими моделями. Однако данная модель требует больше ресурсов для обучения нежели предыдущие.
- yolov8x - относится к классу больших моделей. Основным преимуществом является самая высокая точность по сравнению с предшествующими моделями. Однако такая модель требует значительных ресурсов для обучения.

Так же предобученные модели разделяются на модели с сегментацией и без сегментации. Сегментация модели позволят вычлнить на объекте его форму на уровне пикселей. Соответственно наличие данного инструмента нам необходимо поскольку нам нужна площадь жировых шариков майонезной эмульсии. Все ранее перечисленные модели для версии YOLO 8 имеют сегментацию. При использовании YOLO для поиска жировых шариков на фотографии после обучения модели необходимо совершить ряд действий. Первым таким действием является необходимость создания программы для обнаружения объектов на изображении и разработать или подобрать методику для классификации по размерам жировых шариков.

Относительно определения самих жировых шариков процесс их поиска осуществляется следующим образом. Изображение, на котором необходимо найти объекты разбивается на сетку. Размер сетки подбирается в автоматическом режиме самой библиотекой YOLO. Затем встроенная и обученная нейросеть определяет какая из ячеек сетки является центром искомого объекта. После определения центров объекта на изображение накладывается прямоугольная рамка, ограничивающая объект. Так же по желанию пользователя на рамке нейросеть накладывает процент "уверенности" в том, что данный объект действительно является искомым. Кроме того, в нейросеть заложена возможность классифицировать объекты. Для классификации объектов на изображении необходимо до



обучения аннотировать разные объекты и задавать так же класс для каждого объекта вручную. Пример наложения рамок на объект и мгновенная классификация найденных объектов приведена на рис. 3.

После нахождения объектов на изображении необходимо определить их площадь. Для решения данной задачи используется сегментация, алгоритм которой встроен в предварительно обученную модель [8]. Размер жировых шариков и их количество заносится в одномерный динамический массив, после чего общипывается с помощью алгоритма для классификации размера жировых шариков.

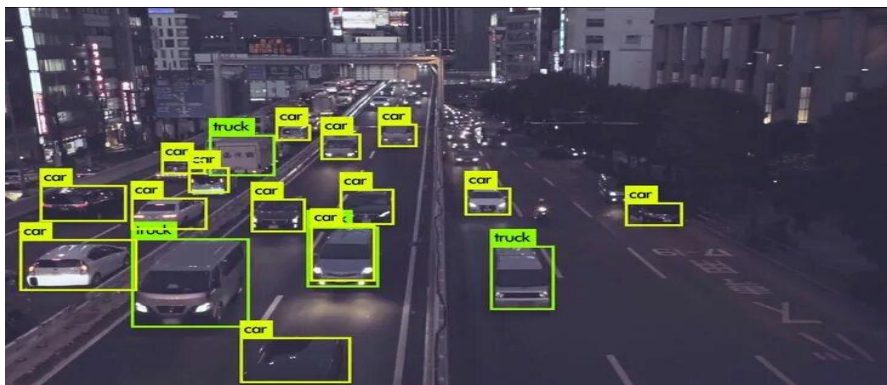


Рис 3. Наложение рамок на искомый объект и классификация объектов

Алгоритмом классификации жировых шариков по размеру вполне подходит метод интервальных вариационных рядов. Суть метода заключается в следующем: имеется ряд данных с одной и той же характеристикой n количества объектов. В нашем случае рядом данных будет площадь каждого жирового шарика. Первостепенно для составления вариационного ряда нам необходимо выявить в полученных данных самый большой и самый маленький по площади жировой шарик. После этого рассчитывается размах вариации (длина общего интервала) как максимальное значение ряда минус минимальное значение ряда. Разбиение на частичные интервалы происходит с помощью формулы Стерджиса (1):

$$k=1+3,322\lg(n) \quad (1)$$

где n - объем выборки (количество всех жировых шариков).

Соответственно, если количество интервалов, вычисленное по формуле 1 получилось дробное, то его необходимо округлить до целого числа в большую сторону.

Поскольку длины частичных интервалов число не постоянное, то применяют равно интервальную группировку. Равно интервальная группировка вычисляется как разность максимального и минимального значения ряда деленное на количество интервалов (2):

$$h = \frac{x_{max} - x_{min}}{k} \quad (2)$$

где x_{max} – максимальное значение ряда, x_{min} – минимальное значение ряда

После вычисления равно интервальной группировки рассчитывается нижняя граница первого интервала соответственно, как разность минимального значения ряда и половины равно интервальной группировки как показано в формуле (3):

$$X_{hi} = X_{min} - \frac{1}{2} h_i \quad (3)$$

где x_{hi} - нижняя граница первого интервала, h_i – половина равно интервальной группировки.

Соответственно вариационный ряд будет начинается с x_{hi} с шагом h_i . Шаг будет прибавляется до тех пор, пока не превысит значение максимального значения ряда.

После расчета параметров вариационного ряда с помощью библиотеки Plotly, созданной в 2013 году, строится гистограмма частот в автоматическом режиме.

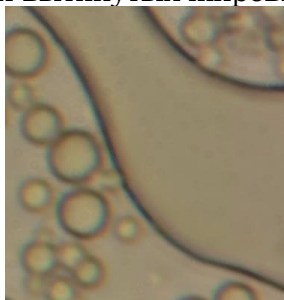
Этот метод для классификации жировых шариков был разработан и зарегистрирован совместно с кодом для поиска жировых шариков на изображении [9].

Вторым методом для определения количества жировых шариков является библиотека OpenCV. OpenCV (Open Source Computer Vision Library) —библиотека с открытым исходным кодом, изначально написанная на язык программирования C++. Библиотека OpenCV предназначена для работы с компьютерным зрением, и так же работы с изображениями. Кроме поддержки C++ библиотека так же работает языках программирования Python и Java.

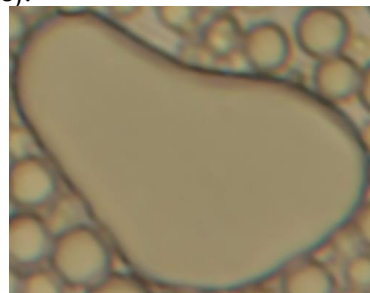


OpenCV в отличие от YOLO для простых форм так как не требует набора большого набора для обучения и самого обучения в целом. Однако из-за отсутствия обучения и создания модели требуется довольно точное описание объекта на изображении как по форме, так и по цвету. Поэтому подготовка изображений для обучения модели и обучения модели для OpenCV не требуется что существенно упрощает работу с жировыми шариками. Однако из-за сложности настройки могут возникать неточности даже с определением

Однако предложенный метод не дает возможности определить жировые шарики нестандартных форм (рис. 4 а). Кроме того, возникает достаточно большая погрешность при определении вытянутых жировых шариков (рис. 4 б).



а



б

Рис. 4. Нестандартные жировые шарики

Погрешность при использовании библиотеки YOLO тоже присутствует, поскольку при определении площади используются палетки.

Для пересчета площади из пиксельных размеров жировых шариков в действительные физические величины можно воспользоваться 2 способами:

- наложить образцовое стекло с ценой деления не менее 10 микрометров на образец. Просчёт будет происходить автоматически, поскольку будет известно сколько пикселей между делениями образцового стекла;
- использовать уже образмеренные жировые шарики (рис. 5). Для образмеривания некоторых жировых шариков применялось уже разработанное ПО, идущее в комплекте с микроскопом. Однако основным недостатком предложенной программы что размеры являются только линейными (возможность измерить расстояние от точки А до точки Б) (рис. 5) и необходимость образмеривать все жировые шарики вручную. Кроме того, калибровки по данному методу проводятся при помощи образцового стекла. Таким образом, приведённые методы позволяют достаточно точно определить количество жировых шариков на изображении и их площади с помощью компьютерного зрения. Так же, при необходимой настройке методы позволяют определить различные «включения», недопустимые по ГОСТу.

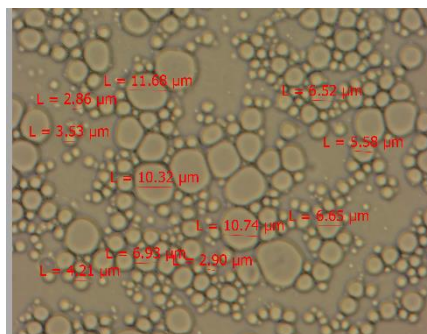


Рис. 5. Выставление размеров жировых шариков с помощью ПО, входящего в комплект микроскопа

Использование библиотеки YOLOv8 при поиске жировых шариков майонеза дало следующие результаты, приведенные на рис. 6.

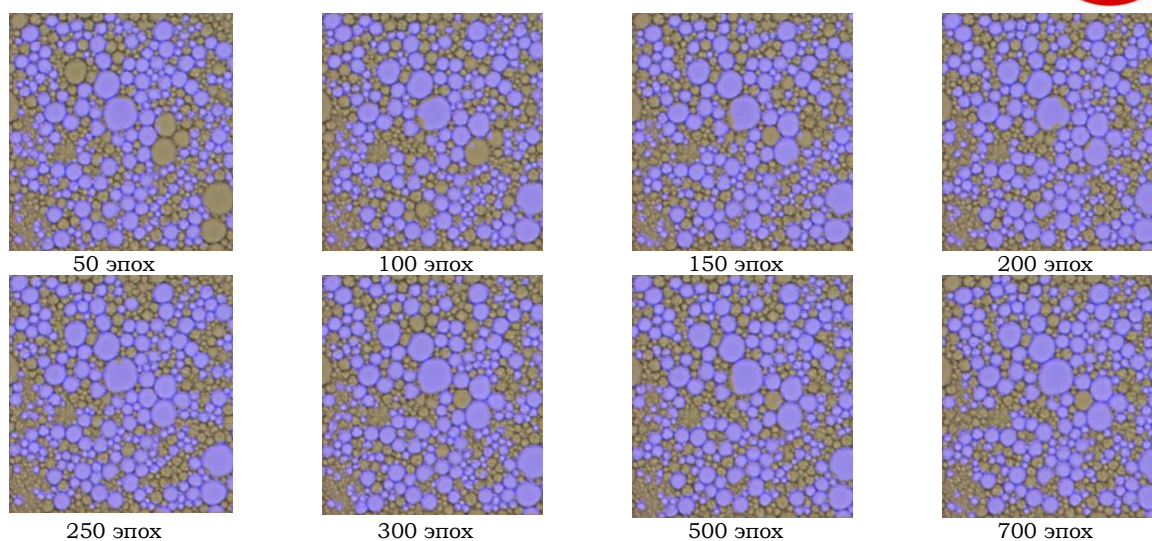


Рис. 6. Найденные жировые шарики нейронной сетью при разном количестве эпох обучения

Однако, исходя из того, что обученная модель не смогла определить все жировые шарики, необходимо произвести ряд следующих действий для решения проблемы:

- 1) необходимо произвести дообучение модели, с помощью добавления элементов в исходный дата сет аннотированных изображений маленьких жировых шариков;
- 2) сменить исходную переобученную модель с yolov8n-seg на yolov8x-seg. Поскольку исходный размер изображений для меньшей модели составляет 640x640 пикселей, а для большей модели 1024x1024 пикселей, то можно сделать вывод о том, что сетка будет мельче по сравнению с исходной моделью.

Второй метод определения жировых шариков с помощью библиотеки OpenCV реализован следующим образом как показано на рис. 7. На рис. 7а синим цветом отмечены найденные жировые шарики, но без учета жировых шариков на границе изображения. На рис. 7б жировые шарики выделены контуром (желтая окружность).

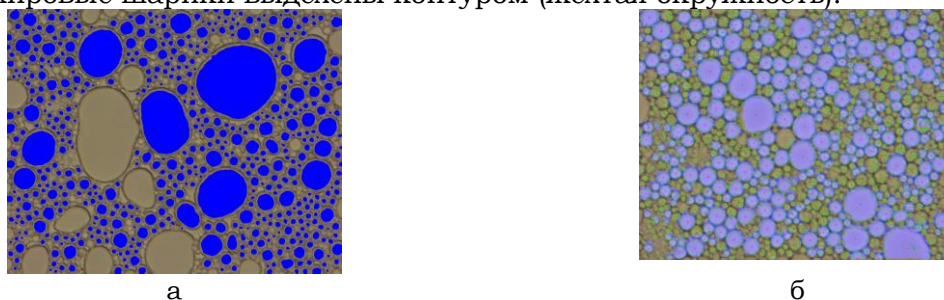


Рис. 7. Найденные жировые шарики с помощью OpenCV: а – использование OpenCV без учёта жировых шариков, что оказались на границе изображения; б- с учетом жировых шариков, что оказались на границе изображения.

Таким образом для метода с использованием нейросети [8] и библиотеки YOLO при достаточном обучении и возможной корректировке обучения метод позволит полностью «обхватить» все жировые шарики майонезной эмульсии на изображении при достаточной их четкости. Однако данный метод в любом случае будет давать небольшую погрешность в определении площади, так как в основе определения площади лежит метод определения по сетке, несколько большей нежели размер пикселя.

Относительно использования библиотеки OpenCV для обнаружения жировых шариков майонезной эмульсии на изображении можно сказать, что метод является несовершенным, так как несоответствию жирового шарика заданным параметрам программа его пропустит. Так же стоит отметить, что возможны ложные срабатывания и детекция шумов изображения, схожих с параметрами искомого объекта. Данный метод лишен недостатка предыдущего, однако в связи с тем, что пропускается довольно много жировых шариков использование данного метода в дальнейшем не целесообразно.

Так необходимо внести в разработанную программу ранее описанный метод для пересчета размера жировых из пиксельных размеров в микрометры. Данная доработка



совместно с корректировкой обучения нейросети позволит получить экспресс-метод определения дисперсности майонезной продукции.

При переучивании нейросети на другой объект исследования вполне возможно получить универсальный метод определения дисперсности водно-жировых эмульсий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Colombo Soares T., Pavan Torres R., Mancini-Filho J. & Lannes S. A Mayonnaises with improved protein content and natural food preservatives: Natural food preservatives in mayonnaises. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 2024, No26(3), pp. 125-137. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.593>.
2. O'Brien R. *Fats and oils: Formulating and processing for applications*. Boca Raton, FL: CRC Press; 2004. 616 pp.
3. Tavakoli R, Karami M, Bahramian S, Emamifar A. Production of Low-fat mayonnaise without preservatives: Using the ultrasonic process and investigating of microbial and physicochemical properties of the resultant product. *Food Sciences and Nutrition*, 2021, No 9, pp. 2676–2685. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2227>.
4. Flammini F., Di Mattia C.D., Sacchetti G., Neri L., Mastrocola D., Pittia P. Physical and sensory properties of mayonnaise enriched with encapsulated olive leaf phenolic extracts. *Foods*, 2020, No 9 (8), pp. 997. <https://doi.org/10.3390/foods9080997>.
5. Демичев В.В., Назарова А.П., Андреев В.Н. Системный анализ линии производства майонеза периодическим способом с применением программы для ЭВМ // *Пищевая индустрия: инновационные процессы, продукты и технологии: Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 20-летию Технологического института – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*, 2024. – С.43-49.
6. Бредихин С.А., Мартеха А.Н., Андреев В.Н., Исаев Д.А. Использование ультразвука в технологических процессах предприятий АПК // *Теория и практика современной аграрной науки*. - Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. - С. 461-466.
7. Бредихин С.А., Андреев В.Н., Демичев В.В., Журавлев А.В. Влияние жирности майонезной продукции на температуру фазовых переходов при замораживании и нагревании // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. - 2025. - №1. - С. 28-34.

REFERENCES

1. Colombo Soares T., Pavan Torres R., Mancini-Filho J. & Lannes S. A Mayonnaises with improved protein content and natural food preservatives: Natural food preservatives in mayonnaises. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 2024, No26(3), pp. 125-137. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.593>.
2. O'Brien R. *Fats and oils: Formulation and processing for applications*. Boca Raton, FL: CRC Press; 2004. 616 pp.
3. Tavakoli R, Karami M, Bahramian S, Emamifar A. Production of Low-fat mayonnaise without preservatives: Using the ultrasonic process and investigating the microbial and physicochemical properties of the resultant product. *Food Sciences and Nutrition*, 2021, No. 9, pp. 2676–2685. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2227>.
4. Flammini F., Di Mattia C.D., Sacchetti G., Neri L., Mastrocola D., Pittia P. Physical and sensory properties of mayonnaise enriched with encapsulated olive leaf phenolic extracts. *Foods*, 2020, No. 9 (8), pp. 997. <https://doi.org/10.3390/foods9080997>.
5. Demichev V.V., Nazarova A.P., Andreev V.N. Systems analysis of a periodic mayonnaise production line using a computer program // *Food industry: innovative processes, products and technologies: Coll. reports. Int. scientific and practical. conf. dedicated to the 20th anniversary of the Technological Institute* - M.: Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2024. - pp. 43-49.
6. Bredikhin S.A., Martekha A.N., Andreev V.N., Isaev D.A. Use of ultrasound in technological processes of agro-industrial complex enterprises // *Theory and practice of modern agricultural science*. - Novosibirsk: Publishing center of the Novosibirsk State Agrarian University "Golden Ear", 2021. - pp. 461-466.
7. Bredikhin S.A., Andreev V.N., Demichev V.V., Zhuravlev A.V. Effect of fat content of mayonnaise products on the temperature of phase transitions during freezing and heating // *Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products*. - 2025. - No. 1. - pp. 28-34.



Математическое моделирование процесса сушки сыпучих сред в аппарате с закрученным потоком теплоносителя при СВЧ-энергоподводе

Mathematical modeling of the drying process of bulk media in a device with a swirling flow of coolant at a microwave power supply

Директор, д.т.н. А.В. Журавлев

Ассоциация «ТППП АПК» (ORCID ID 0000-0001-9272-939X)

alexjav2@mail.ru

доцент, к.т.н. И.Н. Сухарев,

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», кафедра ЦК химических технологий и управления в технических системах, тел. +7(473) 249-93-79

i.suxarev@yandex.ru

к.т.н. Е.С. Бунин,

ВУНЦ ВВС "Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина", кафедра наземных систем комплексов воздушной разведки

zhekabuka@bk.ru

Director, Doctor of Engineering A.V. Zhuravlev

Association "TPPP APK" (ORCID ID 0000-0001-9272-939X)

alexjav2@mail.ru

Associate Professor, Candidate of Engineering I.N. Sukharev,

Voronezh State University of Engineering Technologies, chair of Cyclic Commission K of Chemical Technologies and Management in Technical Cyclic Commission, tel. +7(473) 249-93-79

i.suxarev@yandex.ru

Candidate of Engineering E.S. Bunin,

VUNTS of the Air Force "Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy", chair of Ground-Based Air Reconnaissance Systems

zhekabuka@bk.ru

Аннотация. Интенсификация процесса СВЧ-сушки в активном гидродинамическом режиме должна обеспечиваться при следующих условиях: обеспечение в сушильной камере режима идеального перемешивания; создание равномерного энергоподвода по всему объему капиллярно-пористой частицы для однонаправленной структуры массо- и термоградиентов. Указанным требованиям удовлетворяет процесс СВЧ-сушки в закрученном потоке теплоносителя. Рассмотрена система сушки сыпучих сред в разработанной экспериментальной сушилке. В сушильном аппарате реализуется гидродинамический режим близкий к идеальному перемешиванию при условии высокого расхода газовзвеси. В целях установления влияния основных параметров модели проведены вычислительные эксперименты. Для синтеза математической модели применимы системы уравнений А.В. Лыкова с граничными условиями и с объемно-распределенным источником теплоты q , имитирующим СВЧ-излучение. В ходе исследований получили уравнения, которые являются системой линейных дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа. Из исследований установлены значения физико-механических и теплофизических характеристик сыпучей среды (семена рапса). Определены нестационарные поля влагосодержания, температуры и давления, а также механизмы их взаимодействия. Установлено, что в начальный момент времени интенсивность влагоудаления максимальна, далее она снижается. Выяснили, что градиенты температуры и влагосодержания направлены от центра в сторону поверхности и имеют один знак. При комбинированном СВЧ-энергоподводе высокая интенсивность испарения обуславливает организацию внутри частицы давления ниже атмосферного, что образует в рамках бародиффузии противоположный поток влаги с поверхности в центр частицы.

Annotation. The intensification of the microwave drying process in the active hydrodynamic mode should be provided under the following conditions: ensuring the perfect mixing mode in the drying chamber; creating a uniform energy supply over the entire volume of the capillary-porous particle for a unidirectional structure of mass and thermal gradients. These requirements are met by the process of microwave drying in a swirling flow of coolant. The system of drying of bulk media in the developed experimental dryer is considered. In order to determine the influence of the main parameters of the model, computational experiments were conducted. The nonstationary fields of moisture content, temperature, and pressure, as well as the mechanisms of their interaction, are determined. It is established that at the initial moment of time, the intensity of moisture removal is maximum, then it decreases. It was found that the gradients of temperature and moisture content are directed from the center towards the surface and have the same sign. In the case of combined microwave energy supply, the high intensity of evaporation causes the pressure inside the particle to be lower than at-mospheric, which creates an opposite flow of moisture from the surface to the center of the particle through barodiffusion.

Ключевые слова: сушка, закрученный поток, теплоноситель, СВЧ-нагрев, математическая модель.

Key words: drying, swirling flow, heat carrier, microwave heating, mathematical model.

Интенсификация процессов сушки является основой совершенствования сушильной техники и технологии. Интенсификация процесса СВЧ-сушки в активном гидродинамическом режиме должна обеспечиваться при следующих условиях: обеспечение в сушильной камере режима идеального перемешивания; создание равномерного энергоподвода по всему объему капиллярно-пористой частицы для одноподправленной структуры массо- и термоградиентов. Указанным требованиям удовлетворяет процесс СВЧ-сушки в закрученном потоке теплоносителя. Рассмотрим систему сушки сыпучих сред (семян рапса) в разработанной экспериментальной сушилке (рис. 1 и 2).

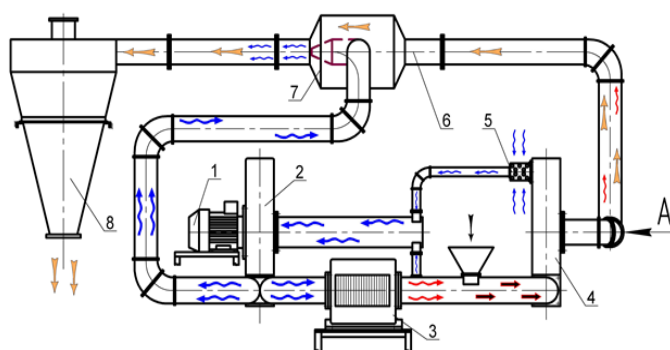


Рис. 1. Схема сушильной установки: 1 – электродвигатель; 2 – вентилятор; 3 – теплообменник; 4 – вихревая сушильная камера; 5 – магнетрон; 6 – система трубопроводов; 7 – эжектор; 8 – циклон; 9 – патрубок для отвода высушенного продукта; 10 – загрузочный бункер; 11 – устройство для получения газовзвеси; 12 – разгонный участок; 13 – окно фторопластовое

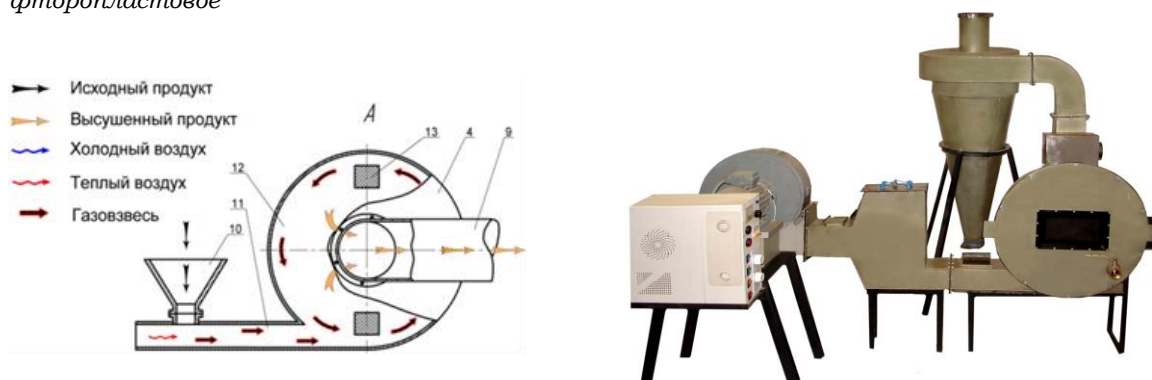


Рис. 2. Экспериментальная сушильная установка

Теплоноситель нагнетается вентилятором 2 и нагревается в теплообменнике 3, приобретая заданную температуру. Дисперсный продукт (с температурой t_0 и



влажностью U_0) подается в устройство для получения газовзвеси 11. Полученная газовзвесь транспортируется по каналу в сушильную камеру 4. Камера оснащена СВЧ-излучателем 5 и выходным патрубком 9. В процессе сушки траектории движения сыпучих дисперсных частиц трансформируются на петлеобразные.

Установлено, что в сушильном аппарате реализуется гидродинамический режим близкий к идеальному перемешиванию при условии высокого расхода газовзвеси. Исходя из гранулометрического анализа сыпучей среды (семена рапса), можно принять за монодисперсные.

Для синтеза математической модели применимы системы уравнений А.В. Лыкова [1, 2] с граничными условиями и с объемно-распределенным источником теплоты q , имитирующим СВЧ-излучение.

Примем, что частицы продукта обладают сферической формой с радиусом r_0 .

Так как гидродинамическая структура в сушильной установке близка к идеальному перемешиванию, то уравнения А.В. Лыкова в векторном виде можно записать как:

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = a_m \nabla^2 U + (a_{m1}^T + a_{m2}^T) \nabla^2 t + \frac{k_p}{p_0} \nabla^2 p \quad (1)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{r^* \varepsilon}{c} a_m \nabla^2 U + (a_q + \frac{r^* \varepsilon}{c} a_m \delta) \nabla^2 t + r^* \varepsilon \frac{a_m}{c} \delta_p \nabla^2 P + q \quad (2)$$

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = -\frac{\varepsilon a_m}{c_p} \nabla^2 U - \frac{\varepsilon a_m}{c_p} \delta \nabla^2 t + \left(a_p \frac{\varepsilon a_m}{c_p} \delta_p \right) \nabla^2 p \quad (3)$$

Сформируем в координатном виде:

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = a_m \left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial U}{\partial r} \right) + (a_{m1}^T + a_{m2}^T) \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{K_p}{r^2} \left(\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial P}{\partial r} \right), \quad (4)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\varepsilon r^*}{c} a_m \left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \left(a_q + \frac{\varepsilon r^*}{c} a_m \delta \right) \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{\varepsilon r^*}{c} a_m \delta_p \left(\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial P}{\partial r} \right) + q, \quad (5)$$

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = -\frac{\varepsilon a_m}{c_p} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial U}{\partial r} \right) - \frac{\varepsilon a_m}{c_p} \delta \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \left(a_p \frac{\varepsilon a_m}{c_p} \delta_p \right) \left(\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial P}{\partial r} \right) \quad (6)$$

С целью сокращения входных факторов математической модели и установления критериального множества приведем модель (3-6) к безразмерному виду:

$$\frac{\partial U}{\partial F_0} = Lu \left(\frac{\partial^2 U}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial U}{\partial R} \right) + Lu * Pn \left(\frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial T}{\partial R} \right) Lu * Pn_p \left(\frac{\partial^2 P}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial P}{\partial R} \right), \quad (7)$$

$$\frac{\partial}{\partial} = \frac{Fe * Lu}{Pn} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial U}{\partial R} \right) + (1 + Fe * Lu) \left(\frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial T}{\partial R} \right) + \frac{Fe * Lu * Pn_p}{Pn} \left(\frac{\partial^2 P}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial P}{\partial R} \right) + Q \quad (8)$$

$$\frac{\partial P}{\partial F_0} = -\varepsilon Lu \left(\frac{\partial^2 U}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial U}{\partial R} \right) - \varepsilon Lu * Pn_p \left(\frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial T}{\partial R} \right) + (Lu_p - \varepsilon Lu * Pn_p) \left(\frac{\partial^2 P}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial P}{\partial R} \right) \quad (9)$$

Систему (7-9) необходимо дополнить начальными и граничными условиями.

В начальный $U(r, 0) = U_0, t(r, 0) = t_0, P(r, 0) = P_A$ момент времени потенциалы равномерны по координатам:

$$\text{а при обезмеривании станут: } U(R, 0) = 0, T(R, 0) = 0, P(R, 0) = 0 \quad (10)$$

В точке симметрии предполагается отсутствие переноса тепла и влаги:

$$\frac{\partial U(0, F_0)}{\partial R} = \frac{\partial T(0, F_0)}{\partial R} = \frac{\partial P(0, F_0)}{\partial R} = 0 \quad (11)$$

При такой постановке граничных и начальных условий ($r - r_0$) требуется анализ процессов тепло-, влаго- и баропереноса на границе частицы продукта и окружающей среды. Для любых видов сушки капиллярно-пористого тела Лыковым А.В. и Михайловым Ю.А. [3, 4] сформулированы условия молярно-молекулярного переноса влаги внутри частицы под действием градиентов u , t и p : $-\lambda_q(\nabla t)|_r$

$$-\lambda_q(\nabla t)|_r + j_q(\tau) - (1 - \varepsilon)r^* j_m(\tau) = 0, \quad (12)$$

$$\lambda_m \left[(\nabla u)|_r + \delta(\nabla t)|_r + \delta_p(\nabla p)|_r \right] + j_m(\tau) = 0, \quad (13)$$

В соответствии с законом Ньютона-Рихмана перенос между поверхностью частицы и теплоносителем происходит по механизму вынужденной конвекции:

$$j_q(\tau) = \alpha_q(t_c - t|_r), \quad (14)$$

$$j_m(\tau) = \alpha_m(u|_r - u_c), \quad (15)$$

В связи с тем, что градиент координат зависит только от текущего радиуса в



сферической системе есть $\nabla \equiv \frac{\partial}{\partial r}$, то с учётом (14) и (15) выражения (12) и (13) запишутся в координатной форме:

$$-\lambda_q \frac{\partial t(r_0, \tau)}{\partial r} + \alpha_q [t_c - t(r_0, \tau)] - (1 - \varepsilon) r^* \alpha_m [u(r_0, \tau) - u_c] = 0, \quad (16)$$

$$\lambda_m \left[\frac{\partial u(r_0, \tau)}{\partial r} + \delta \frac{\partial t(r_0, \tau)}{\partial r} + \delta_p \frac{\partial p(r_0, \tau)}{\partial r} \right] + \alpha_m [u(r_0, \tau) - u_c] = 0 \quad (17)$$

В целях формулирования граничных условий в критериальном виде введем дополнительные критерии: $Ko = \frac{r^*(u_c - u_0)}{[c_p(t_c - t_0)]}$ – число Коссовича;

$$Bi_m = \frac{\alpha_m r_0}{\lambda_m} \text{ и } Bi_q = \frac{\alpha_q r_0}{\lambda_q} \text{ – массообменное и теплообменное числа Био;}$$

Тогда (14) и (15) запишутся следующим образом:

$$\frac{\partial U(1, Fo)}{\partial R} + Pn \frac{\partial T(1, Fo)}{\partial R} + Pn_p \frac{\partial P(1, Fo)}{\partial R} + Bi_m [U(1, Fo) - 1] = 0, \quad (18)$$

$$-\frac{\partial T(1, Fo)}{\partial R} + Bi_q [1 - T(1, Fo)] - (1 - \varepsilon) Bi_m Ko Lu [U(1, Fo) - 1] = 0 \quad (19)$$

В силу гидродинамического режима идеального перемешивания имеем:

(1 « Vim), (Pn « Vim) и (Pnp « Vim),

Таким образом, из (18) вытекает граничное условие в упрощённом виде:

$$U(1, Fo) = 1. \quad (20)$$

Проводя аналогичную процедуру, имеем: (1 « Biq), и (1-ε)BimKoLu«Biq, в итоге:

$$T(1, Fo) = 1. \quad (21)$$

Окончательную математическую модель составляют уравнения (7-9) с начальными (10) и граничными условиями (11), (20), (21), а также для давления условие на границе раздела фаз: $P(1, Fo) = 0$. (22)

В ходе исследований получили уравнения, которые являются системой линейных дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа.

$$\text{Если: } Q = Q(U), \quad (23)$$

то решение полученных уравнений модели значительно усложняется.

Так как характер системы уравнений носит нелинейный характер и учитывая сопряжённую задачу решение осуществим численным методом.

Таким образом, для численного решения системы уравнений воспользуемся конечно-разностной технологией.

В связи с этим, примем область решений – дискретной (рис. 3) с аппроксимацией частных производных.

Примем вычислительную схему маршевого класса при интегрировании с шагом разбиения ΔR и ΔFo .

Вследствие этого, вводим символические обозначения так как полоса $[0, 1] \times [0, \infty]$ заменяется совокупностью узлов:

$$U(R, Fo) = U(i\Delta R, j\Delta Fo) = U_i^j, T(R, Fo) = T(i\Delta R, j\Delta Fo) = T_i^j, \\ P(R, Fo) = P(i\Delta R, j\Delta Fo) = P_i^j,$$

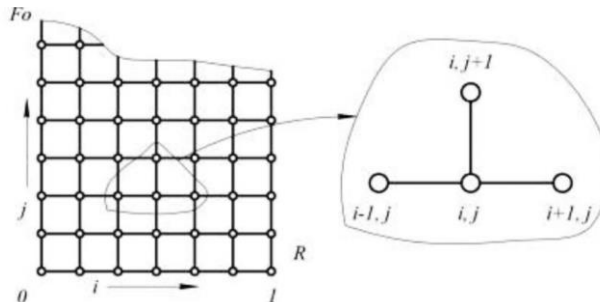


Рис. 3. Представление непрерывной области решений дискретной: а – регулярная сетка; б – шаблон для аппроксимации дифференциальных операторов

Дискретный аналог системы уравнений математической модели:



$$U_i^{j+1} = U_i^j + \left\{ \begin{aligned} &Lu \left[U_{j+1}^i \left(1 + \frac{1}{i} \right) - 2U_i^j + U_{i-1}^j \left(1 - \frac{1}{i} \right) \right] + \\ &+ LuPn \left[T_{j+1}^i \left(1 + \frac{1}{i} \right) - 2T_i^j + T_{i-1}^j \left(1 - \frac{1}{i} \right) \right] + \end{aligned} \right\} \frac{\Delta Fo}{\Delta R^2} \quad (24)$$

$$T_i^{j+1} = T_i^j + \left\{ \begin{aligned} &\frac{FeLu}{Pn} \left[U_{j+1}^i \left(1 + \frac{1}{i} \right) - 2U_i^j + U_{i-1}^j \left(1 - \frac{1}{i} \right) \right] + \\ &+ (1 + FeLu) \left[T_{j+1}^i \left(1 + \frac{1}{i} \right) - 2T_i^j + T_{i-1}^j \left(1 - \frac{1}{i} \right) \right] + \end{aligned} \right\} \frac{\Delta Fo}{\Delta R^2} \quad (25)$$

$$P_i^{j+1} = P_i^j + \left\{ \begin{aligned} &-\varepsilon Lu \left[U_{j+1}^i \left(1 + \frac{1}{i} \right) - 2U_i^j + U_{i-1}^j \left(1 - \frac{1}{i} \right) \right] - \\ &-\varepsilon LuPn \left[T_{j+1}^i \left(1 + \frac{1}{i} \right) - 2T_i^j + T_{i-1}^j \left(1 - \frac{1}{i} \right) \right] + \\ &+ (Lu_p - \varepsilon LuPn_p) \left[P_{j+1}^i \left(1 + \frac{1}{i} \right) - 2P_i^j + P_{i-1}^j \left(1 - \frac{1}{i} \right) \right] \end{aligned} \right\} \frac{\Delta Fo}{\Delta R^2} \quad (26)$$

Аналогично начальные условия:

$$U_i^0 = T_i^0 = P_i^0 = 0. \quad (27)$$

Аналогично граничные условия:

$$U_0^j = U_1^j; T_0^j = T_1^j; P_0^j = P_1^j \quad (28)$$

$$U_n^j = T_n^j = 1; P_n^j = 0. \quad (29)$$

Необходимое условие сходимости: $\Delta Fo < \Delta R^2$.

В целях проведения анализа вычислительных экспериментов математической модели требуется определиться со значениями критериев уравнений. Из исследований установлены значения физико-механических и теплофизических характеристик сыпучей среды (семена рапса).

Из анализа гранулометрического анализа средний диаметр частицы:

$$d_{cp} = \frac{2,2 + 2,64}{2} = \frac{4,84}{2} = 2,42$$

Следовательно:

$$r_o = \frac{1}{2} d_{cp} = 1,21 \text{ мм} = 1,21 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Средняя плотность семян рапса $\rho_o = 1100 \text{ кг/м}^3$. Коэффициент температуропроводности сыпучей среды (семена рапса) $\alpha_q = 6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$.

Экспериментальные данные по коэффициенту диффузии влаги в ряде материалов растительного происхождения:

$$\frac{\alpha_{mo}}{\alpha_m} = 1 - A\rho_o u,$$

Для капиллярно-пористого тела: $B = 1$, $n = 10$, коэффициент $\alpha_{oo} = 2 \cdot 10^{-5}$. Прием среднюю температуру процесса сушки $T = 320\text{K}$, а $A\rho_o = 2,04$ (при влагосодержании 0,3), тогда $\alpha_{to} = 2,25 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ и $\alpha_t = 5,8 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$.

Коэффициент диффузии водяного пара при нормальных условиях ($P_o = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$; $T_o = 273\text{K}$) равен $D_o = 21,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Откуда коэффициент диффузии пара в воздух есть:

$$D_{12} = D_o \frac{P_o}{P} \left(\frac{T}{T_o} \right)^{\frac{3}{2}}$$

При $\frac{P_o}{P} \approx 1$, то $D_{12} = 2,78 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$. Коэффициент диффузионного сопротивления для растительных продуктов равен $\mu_D = D_{12}/\alpha_{m1} = 1,7 \cdot 10^5$, тогда $\alpha_{m1} = 1,63 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$.

Относительный коэффициент термодиффузии может быть определен по эмпирической формуле Лыкова А.В.: $\delta = Au^2 \cdot \exp(-Bu)$,

для капиллярно-пористых тел $A = 9,12 \cdot 10^{-3}$ и $B = 9$ таким образом, $\delta = 5,516 \cdot 10^{-5}$.

Фильтрационный бароперенос парообразной влаги в капиллярно-пористом теле определяется скоростью звука во влажном воздухе.



Учитывая характерный размер пор $r_n = 15 \cdot 10^{-15}$ м, имеем:

$$K_p = r_n / \sqrt{R_r T} = 4,54 \cdot 10^{-11} \text{ с},$$

Таким образом, $C_p = 3 \cdot 10^{-6}$ Па-1, $\alpha_p = 1,592 \cdot 10^{-7}$ м²/с.

В итоге имеем оценки основных параметров:

$$Lu = \frac{a_m}{a_q} = \frac{5,8 \cdot 10^{-10}}{6 \cdot 10^{-8}} = 0,0097,$$

$$Pn = \delta \frac{t_c - t_0}{U_c - U_0} = 5,516 \cdot 10^{-5} \frac{(320 - 273)}{0,364 - 0,087} = 0,01,$$

$$Pn_p = \frac{K_p P_A}{a_m \rho_0 (U_c - U_0)} = \frac{4,54 \cdot 10^{-11} \cdot 1,013 \cdot 10^5}{5,8 \cdot 10^{-10} \cdot 1100 \cdot (0,364 - 0,087)} = 26, \quad \varepsilon = \frac{\alpha_{r1}}{\alpha_r} = \frac{1,63 \cdot 10^{-10}}{5,8 \cdot 10^{-10}} = 0,281, \quad Fe = \frac{\delta \cdot r^* \cdot \varepsilon}{c} =$$

$$Lu_p = \frac{a_p}{a_q} = \frac{1,592 \cdot 10^{-7}}{6 \cdot 10^{-8}} = 2,65.$$

Зная характер теплопоглощения от влагосодержания, имеем: $Q = Q_0(1 - U)$,
Так как $R_{уд} = 525$ Вт/кг, получим:

$$Q_0 = \frac{(1,21 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 525}{2000 \cdot 6 \cdot 10^{-8} (320 - 273)} = 0,136.$$

Знание распределенных потенциалов системы недостаточно, требуется также знать их среднеобъемные значения. Определим выражение для их расчетов.

Объем сферы радиуса r : $V(r) = \frac{4}{3} \pi r^3$; аналогично для радиуса $r + dr$: $V(r + dr) = \frac{4}{3} \pi (r + dr)^3$, отсюда объём элементарного сферического слоя определяется как: $dV = V(r + dr) - V = 4\pi r^2 dr$,

при заданной функции $f(n)$ в сфере её интегральная характеристика такова:
 $\bar{f} = 3 \int_0^1 f(R) R^2 dR$.

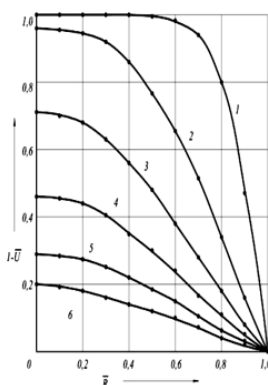


Рис. 4. Динамика влажности $\bar{U}$ по радиусу $\bar{R}$ при различных значениях Fo : 1 – 1; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15; 5 – 20; 6 – 24

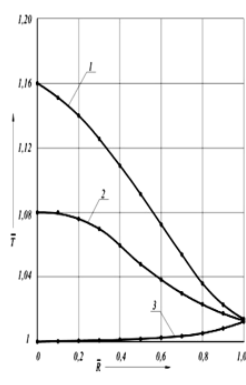


Рис. 5. Динамика температуры $\bar{T}$ по радиусу $\bar{R}$ при различных значениях Fo : 1 – 1; 2 – 5; 3 – 24

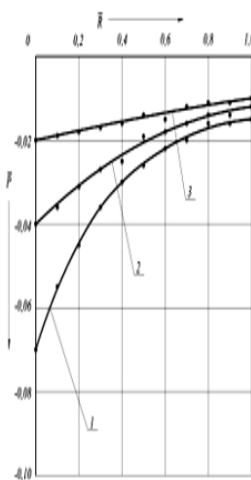


Рис. 6. Динамика давления $\bar{P}$ по радиусу $\bar{R}$ при различных значениях Fo : 1 – 1; 2 – 2; 3 – 24

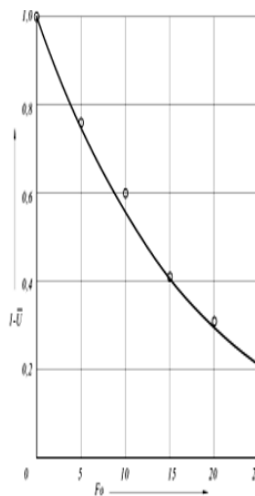


Рис. 7. Сравнение кинетики процесса сушки семян рапса: (—) – расчетные данные; (o) – экспериментальные данные

В целях установления влияния основных параметров модели проведены вычислительные эксперименты. Определены нестационарные поля влагосодержания, температуры и давления и механизмы их взаимовлияния.

Установлено, что в начальный момент времени интенсивность влагоудаления максимальна, далее она снижается. Обратим внимание, что градиент влагосодержания всегда отрицателен. Отсутствует сопротивление диффузии влаги из центра к поверхности частицы (рис. 4).

Температура при СВЧ-нагреве неоднородна в частице, к поверхности ниже, к центру она выше (рис. 5).

Это объясняется тем, что влажность в центре частицы выше и при испарении влаги с поверхности происходит охлаждение. Установлено, что градиенты температуры и влагосодержания направлены от центра в сторону поверхности



и имеют один знак.

При комбинированном СВЧ-энергоподводе высокая интенсивность испарения обуславливает организацию внутри частицы давления ниже атмосферного, что образует в рамках бародиффузии противоположный поток влаги с поверхности в центр частицы (рис. 6).

Сравнение полученных результатов машинного эксперимента с экспериментальными значениями (рис. 7) свидетельствует о достаточной сходимости: отклонение не превышает 7,7 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лыков А.В. Тепломассообмен: (Справочник).: Энергия, 1978. – 480 с.
2. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
3. Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов. – М., Химия, 1998. – 352 с.
4. Патент № 2425311 С1 Российская Федерация, МПК F26B 17/10, F26B 3/347. Вихревая сушильная камера для сушки дисперсного материала в закрученном потоке теплоносителя с СВЧ-энергоподводом : № 2010115946/06 / С.Т. Антипов, Д.А. Казарцев, А.В. Журавлев [и др.]
5. Антипов С.Т., Журавлев А.В., Казарцев Д.А. [и др.] Статистический анализ процесса сушки семян рапса закрученным потоком теплоносителя и СВЧ-энергоподводом // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 12. – С. 63-65.
6. Журавлев А.В., Казарцев Д.А., Юрова И.С. [и др.] Разработка конструкции вихревой сушильной камеры с СВЧ- энергоподводом // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 4(4). – С. 68-74.
7. Антипов С.Т., Казарцев Д.А., Журавлев А.В., Виниченко С.А. Исследование кинетики сушки плодов черной смородины в вакуум-аппарате с СВЧ-энергоподводом // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2013. – № 4(58). – С. 26-30.
8. Антипов С.Т., Бунин Е.С., Журавлев А.В., Казарцев Д.А. Тепло- и массообмен при сушке семян рапса в СВЧ-аппарате с закрученным потоком теплоносителя Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2010. – 212 с.

REFERENCES

1. Lykov AV Heat and Mass Transfer: (Handbook).: Energy, 1978. – 480 p.
2. Sazhin BS Fundamentals of Drying Technique Moscow: Chemistry, 1984. – 320 p.
3. Mushtaev VI, Ulyanov VM Drying of Dispersed Materials. – Moscow, Chemistry, 1998. – 352 p.
4. Patent No. 2425311 C1 Russian Federation, IPC F26B 17/10, F26B 3/347. Vortex drying chamber for drying dispersed material in a swirling coolant flow with microwave energy supply: No. 2010115946/06 / S. T. Antipov, D. A. Kazartsev, A. V. Zhuravlev
5. Antipov S. T., Zhuravlev A. V., Kazartsev D. A. [et al.] Statistical analysis of the process of drying rapeseed with a swirling coolant flow and microwave energy supply // Storage and processing of agricultural raw materials. - 2011. - No. 12. - pp. 63-65.
6. Zhuravlev A. V., Kazartsev D. A., Yurova I. S. [et al.] Development of the design of a vortex drying chamber with microwave energy supply // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. – 2014. – No. 4(4). – pp. 68-74.
7. Antipov S.T., Kazartsev D.A., Zhuravlev A.V., Vinichenko S.A. Study of the kinetics of drying black currant fruits in a vacuum apparatus with microwave energy supply // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2013. – No. 4(58). – pp. 26-30.
8. Antipov S.T., Bunin E.S., Zhuravlev A.V., Kazartsev D.A. Heat and mass transfer during drying of rapeseed in a microwave apparatus with a swirling flow of coolant. Voronezh State University of Engineering Technologies, 2010. – 212 p.



**Требования к оформлению материалов для журнала
«Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК – продукты здорового питания»**

1. Материалы представляются в двух видах: на электронном носителе и распечатанные на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (1 экз.) на лазерном принтере. Они должны быть набраны в редакторе MS Word версия не ниже 12 (Office не выше 2020) и напечатаны через одинарный интервал по ширине страницы:

основной текст - Bookman Old Style 11 с полями: левое 21 мм, правое 21 мм, верхнее и нижнее 25 мм;

колоннотитулы от края - верхний и нижний 1,6 см;

заголовки по центру - Bookman Old Style 11, жирный;

красная строка - 1 см; перенос слов - автоматический.

С левой стороны с абзаца в начале статьи набираются:

УДК - Bookman Old Style 11;

По центру дается название статьи - Bookman Old Style 14, жирный, строчной (без переноса) (на русском и английском языках).

2. Должность И. О. Фамилия авторов - Bookman Old Style 11 (на русском и английском языках);

место работы, кафедра и контактный телефон (можно рабочий), Email авторов - Bookman Old Style 10.

аннотация - Bookman Old Style 9 (**объем 200-250 слов** на русском и английском языках);

ключевые слова – Bookman Old Style 9, до 10 слов (на русском и английском языках);

Объем для статьи – 4-8 с. Структурно статья должна иметь четко выраженное *введение*, в котором ставится задача (описывается решаемая проблема), *основную часть*, где излагаются используемые авторами пути решения поставленной задачи, приводятся и обсуждаются результаты, и *заключение*, в сжатой форме подводящее итог работы. Повторение одних и тех же данных в статье, таблице и графике не допускается. Размерность всех характеристик приводится в системе СИ.

3. К каждой статье под заглавием дается реферат на русском и английском языках через 1 строку друг от друга. Название статьи, фамилия, имя, отчество приводятся полно стью на русском и английском языке.

4. Название статьи или краткого сообщения должно быть лаконичным и точно отражать содержание.

5. Иллюстрации в формате jpeg или gif:

- должны быть расположены после ссылки на них в тексте;

- должны выполняться на компьютере с обозначением всех необходимых букв и символов в соответствии с ЕСКД и Р 50-77-80. Все буквенные и цифровые обозначения, приведенные на рисунках, поясняются в основном или подрисуночном тексте. Подрисуночные подписи даются Bookman Old Style Cyr 10, на формат рисунка.

Графические объекты (диаграммы, графики) должны быть активными (т.е. подлежать редактированию стандартными средствами, например, MS Excel).

6. Формулы и буквенные обозначения:

- буквы латинского алфавита, используемые в индексах, набирают курсивом;

- буквы русского и греческого алфавита - прямым шрифтом; знак вектора - полужирным;

- нумерация формул в тексте сквозная. Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Формат формул (стандартный редактор):

- стиль – «математический»;



- размер символа

Sizes (Размеры)	
Full (Обычный)	11 – 10
Subscript/Superscript (Крупный индекс)	7
Sub subscript/Superscript (Мелкий индекс)	5
Symbol (Крупный символ)	12
Subsymbol (Мелкий символ)	9

7. Таблицы (слово печатается *курсивом*) по правому краю, должны быть с заголовками и обязательно располагаться после ссылки на них в тексте. Графы в таблицах должны иметь краткие заголовки. Упомянутые в заголовках величины сопровождаются соответствующими единицами измерений.

8. Литература (слово печатается: Bookman Old Style 11, жирный, прописной) **на русском и на английском языке** включает источники, использованные автором при написании статьи, и должна содержать не более 10 наименований. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках: [1], помещаются в конце статьи и оформляются согласно ГОСТ 7.1-2003. В список не включается литература 10-летней давности.

Журнал принимает в печать научно-теоретические, -практические, производственные оригинальные статьи по тематикам рубрик:

1. Сельскохозяйственная продукция.
2. Аквакультура.
3. Производство пищевых продуктов.
4. Машиностроение.

Журнал «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания» выходит 4 раза в год.

Статья должна быть тщательно проверена и подписана всеми авторами.

На отдельном листе авторы указывают ФИО полностью, адрес, ученую степень, должность, место работы, контактный телефон, E-mail, а также отмечают с кем вести переписку.

К статье должны прилагаться сопроводительные документы:

- сопроводительное письмо;
- выписка из протокола заседания кафедры с рекомендацией статьи к печати;
- экспертное заключение;
- положительная рецензия ведущего ученого в данной области или члена редакционной коллегии серии, заверенная подписью и печатью.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным. В случае возвращения статьи для исправления датой представления считается день получения исправленного текста. Срок доработки - не более 1 месяца.

Материалы, не соответствующие данным требованиям оформления, к публикации не принимаются. Рукописи авторам не возвращаются.

С аспирантов плата не взимается.