

№1 2022

ISSN 2072-9669 eISSN 2658-767X

Хранение и переработка сельхозсырья

Storage and Processing of Farm Products

ХИПС

SPFP

Пищевые системы. Здоровьесберегающие и
Биотехнологии.



ХиПС

Теоретический и научно-практический журнал

№ 1 – 2022

Периодичность издания – 4 номера в год

Основан в 1993 г.

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» (ФГБОУ ВО М.У.П)

Редакция

Заведующий редакцией – Тихонова Елена Викторовна

Выпускающий редактор – Шленская Наталья Марковна

Медийный редактор – Вохминцева Елена Павловна

ISSN 2072–9669

eISSN 2658–767X

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации **ПИ № ФС77–71128** от 22 сентября 2017 г.

Индекс журнала по каталогу «Газеты. Журналы» АО Агентство «Роспечать» – **71256/71370**.

Журнал включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» по группам специальностей:

05.00.00 – Технические науки;

05.18.00 – Технология продовольственных продуктов;

05.20.00 – Процессы и машины агроинженерных систем;

06.00.00 – Сельскохозяйственные науки;

06.01.00 – Агрономия.

Журнал включен в международную базу данных публикаций на базе Web of Science – Russian Science Citation Index (**RSCI**).

Адрес:

125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11

Тел. +7 (499) 750–01–11*6585

E-mail: info@spfp-mgupp.ru

Официальный сайт учредителя: mgupp.ru

Официальный сайт редакции: spfp-mgupp.ru

Отпечатано в типографии:

ООО «Информационно-Технологический центр»

Адрес: Российская Федерация, 105203, г. Москва, ул. Нижняя Первомайская, д. 44

Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная. Тираж 500 экз. Подписано в печать 20.03.2022. Свободная цена.

© Ф.Б.У ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 2022

SPFP

Theoretical and Research & Practice Journal

№ 1 – 2022

Periodicity of publication – 4 issues per year

Published since 1993

Founder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Food Production» (FSBEI HE M.U.P)

Editorial Team

Head of Editorial Team – Elena V. Tikhonova

Editor of Issue – Natalia M. Shlenskaya

Social Media and Product Editor – Elena P. Vokhmintseva

ISSN 2072–9669

eISSN 2658–767X

The Journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Media. The Mass Media Registration Certificate **PI No FS77–71128** dated September 22, 2017.

Index of the Journal by catalogue «Newspapers. Journals» J.C.Agency «Rospechat» – **71256/71370**.

The Journal is included in the «List of Russian peer-reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the academic degrees of a doctor and candidate of sciences should be published» by groups of specialties:

05.00.00 – Technical sciences;

05.18.00 – Technology of food products;

05.20.00 – Processes and machines of agroengineering systems;

06.00.00 – Agricultural sciences;

06.01.00 – Agronomy.

Indexed by Web of Science – Russian Science Citation Index (**RSCI**).

Address:

11, Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 125080

Tel. +7 (499) 750–01–11*6585

E-mail: info@spfp-mgupp.ru

Official web site of Founder: mgupp.ru

Official web site of the Editorial Office: spfp-mgupp.ru

Printed in the Publishing House:

«Information and Technology Center» Ltd.

Address: 44, Nizhnaya Pervomayskaya, Moscow, Russian Federation, 105203

Format 60×84 1/8. Seal offset. Offset paper. 500 copies. Signed in print 20.03.2022. Free price.

© F.B.I HE «Moscow State University of Food Production», 2022

Редакционный совет

Главный редактор **БАЛЫХИН Михаил Григорьевич** – доктор экономических наук, профессор, ректор

Члены редакционного совета:

Аксёнова Лариса Михайловна	доктор технических наук, профессор, академик РАН, ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, vnitek@vniitek.ru
Акулич Александр Васильевич	доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель Республики Беларусь, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, akulichav57@mail.ru
Андреев Николай Руфеевич	доктор технических наук, член-корреспондент РАН, ВНИИ крахмалопродуктов – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, vniiik@arrisp.ru
Ахремчик Олег Леонидович	доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО Тверской государственный технический университет, ahremchikol@mgupp.ru
Баскаков Иван Васильевич	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, vasich2@yandex.ru
Битюков Виталий Ксенофонович	доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Воронежский государственный университет инженерных технологий, зав. кафедрой «Информационные и управляющие системы» ВГУИТ, post@vsuet.ru
Благовещенская Маргарита Михайловна	доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Действительный член Международной академии наук информационных процессов и технологий и Международной академии информатизации, Московский государственный университет пищевых производств, mmb@mgupp.ru
Боронтов Олег Константинович	доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы им. А.Л. Мазлумова, oborontov@mail.ru
Гинс Мурат Сабирович	доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, лауреат Государственной премии и премии Правительства РФ, зав. лабораторией физиологии и биохимии растений, интродукции и функциональных продуктов, ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», anirr@bk.ru
Горлов Иван Федорович	доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, Поволжский НИИ производства и переработки мясо-молочной продукции, niimmp@mail.ru
Гудковский Владимир Александрович	доктор сельскохозяйственных наук, профессор академик РАН, Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, info@fnc-mich.ru
Добровольский Виктор Францевич	доктор технических наук, НИИ пищевых концентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФИЦ питания и биотехнологии, gnumiipspt@gmail.com
Донник Ирина Михайловна	доктор биологических наук, профессор, академик РАН, imdonnik@presidium.ras.ru
Ильина Ирина Анатольевна	доктор технических наук, заместитель директора по науке Северокавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства, ilayna@gmail.com
Калашникова Елена Анатольевна	доктор биологических наук, профессор кафедры «Генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства», ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева», kalash0407@mail.ru
Коденцова Вера Митрофановна	доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», kodentsova@ion.ru
Копусь Михаил Мефодиевич	доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Аграрный научный центр «Донской», Центр фундаментальных научных исследований (Зерноград), mkopus@gmail.com
Короткий Игорь Алексеевич	доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», krot69@mail.ru
Косован Анатолий Павлович	доктор экономических наук, академик РАН, НИИ хлебопекарной промышленности, info@gosnihp.ru
Коста Руи	доктор технических наук, Португальский технический институт, ruicosta@esac.pt
Красуля Ольга Николаевна	доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева», okrasulya@mail.ru
Кульнева Надежда Григорьевна	доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный университет инженерных технологий, ngkulneva@yandex.ru
Левшин Александр Григорьевич	доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Эксплуатация машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве», ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева», alev200151@rambler.ru

Editorial Board

Editor-in-Chief **Mikhail G. BALYKHIN** – Doctor of Economics, Professor, Rector

Members of the Editorial Board:

Larisa M. Aksyonova	Doctor of Technical Science, professor, academician of RAS, Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbato of RAS, vniitek@vniitek.ru
Alexander V. Akulich	Doctor of Technical Science, Honoured Inventor of the Republic of Belarus, professor, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, akulichav57@mail.ru
Nikolay R. Andreev	Doctor of Technical Science, corresponding Member of RAS, All-Russian Research Institute of Starch - branch of the Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbato of RAS, vniik@arrisp.ru
Oleg L. Akhremchik	Doctor of Technical Science, professor of the department of automation of technological processes, Tver State Technical University, akhremchikol@mgupp.ru
Ivan V. Baskakov	Doctor of Agricultural Science, professor of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vasich2@yandex.ru
Vitaliy K. Bitjukov	Doctor of Technical Science, professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Voronezh State University of Engineering Technologies, head of the Department of information and control systems, post@vsuet.ru
Margarita M. Blagoveshchenskaya	Doctor of Technical Science, professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Full Member of the International Academy of Sciences of Information Processes and Technologies and the International Academy of Informatization, Moscow State University of Food Production, mmb@mgupp.ru
Oleg K. Borontov	Doctor of Agricultural Science, leading researcher of the A.L. Mazlumov All-Russian research institute of sugar beet and sugar, oborontov@mail.ru
Murat S. Gins	Doctor of Biological Science, Corresponding Member of RAS, laureate of the State Prize and Prize of the Government of the Russian Federation, head of the Laboratory of Physiology and Biochemistry of Plants, Introduction and Functional Products, Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center for Vegetable Growing”, Moscow Region, Russia, anirr@bk.ru
Ivan F. Gorlov	Doctor of Agricultural Science, Academician of RAS, Povolzhskiy Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, niimmp@mail.ru
Vladimir A. Gudkovskiy	Doctor of Agricultural Science, Academician of RAS, Federal Scientific Center named after I.V. Michurin, info@fnc-mich.ru
Viktor F. Dobrovolskiy	Doctor of Technical Science, Research Institute of Food Concentrates Industry and Special Food Technology - branch of the Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, gnumiappspt@gmail.com
Irina M. Donnik	Doctor of Biological Science, Academician of RAS, professor, Russian Academy of Sciences, imdonnik@presidium.ras.ru
Irina A. Ilina	Doctor of Technical Science, deputy Director for Science of Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making», kubansad@kubannet.ru
Elena A. Kalashnikova	Doctor of Biological Science, Professor of the Department of Genetics, Biotechnology, Breeding and Seed Production, Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, kalash0407@mail.ru
Vera M. Kodentsova	Doctor of Biological Science, Professor, leading researcher of Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, kodentsova@ion.ru
Mikhail M. Kopus	Doctor of Biological Science, leading researcher of Agrarian Research Center “Donskoy”, Center for Fundamental Scientific Research (Zernograd), mkopus@gmail.com
Igor A. Korotkiy	Doctor of Technical Science, professor, Kemerovo State University, krot69@mail.ru
Anatoliy P. Kosovan	Doctor of Economics, Academician of RAS, State Research Institute of Baking Industry, info@gosniihp.ru
Rui Costa	Doctor of Technical Science, Portuguese Technical Institute, ruicosta@esac.pt
Olga N. Krasulya	Doctor of Technical Science, Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, okrasulya@mail.ru
Nadezhda G. Kulneva	Doctor of Technical Science, Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, ngkulneva@yandex.ru
Alexander G. Levshin	Doctor of Technical science, professor, head of the Department “Operation of the machine and tractor fleet and high technologies in crop production”, Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, alev200151@rambler.ru

Редакционный совет

Главный редактор **БАЛЫХИН Михаил Григорьевич** – доктор экономических наук, профессор, ректор

Члены редакционного совета:

Лисицын Александр Николаевич	доктор технических наук, ВНИИ жиров, vniig@vniig.org
Лисицын Андрей Борисович	доктор технических наук академик РАН, ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, info@vniimp.ru
Мелешкина Елена Павловна	доктор технических наук, ВНИИ зерна и продуктов его переработки – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, mep5@mail.ru
Неверов Евгений Николаевич	доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», neverov42@mail.ru
Никитюк Дмитрий Борисович	доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, профессор. ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», nikitjuk@ion.ru
Никифоров-Никишин Алексей Львович	доктор биологических наук, профессор, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, 9150699@mail.ru
Оганесянц Лев Арсенович	доктор технических наук, академик РАН. ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности - филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, institute@vniinapitkov.ru
Ожерельев Виктор Николаевич	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Брянский государственный аграрный университет vicoz@bk.ru
Оробинский Владимир Иванович	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I main@agroeng.vsau.ru
Пасынкова Елена Николаевна	доктор биологических наук, Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха, филиал Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства "Белогорка" (Санкт-Петербург) pasynkova.elena@gmail.com
Панфилов Виктор Александрович	доктор технических наук, академик РАН. Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, var@timacad.ru
Петров Андрей Николаевич	доктор технических наук, академик РАН. ВНИИ технологии консервирования - филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, vniitekpetrov@vniitek.ru
Подвигина Ольга Анатольевна	доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», vniiss@mail.ru
Савина Ольга Васильевна	доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» savina-999@mail.ru
Симоненко Сергей Владимирович	доктор технических наук. НИИ детского питания - филиал ФИЦ питания и биотехнологии, niidr@rambler.ru
Стогниенко Ольга Ивановна	доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» stogniolga@mail.ru
Титов Евгений Иванович	доктор технических наук, академик РАН. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»,
Тихомирова Наталья Александровна	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологии молока, пробиотических молочных продуктов и сыроделия» Московского государственного университета пищевых производств, tikhomirovaNA@mgupp.ru
Тужилкин Вячеслав Иванович	доктор технических наук, член-корреспондент РАН. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», titov@mgupp.ru
Тутельян Виктор Александрович	доктор медицинских наук, академик РАН, профессор. ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии», tutelyan@ion.ru
Уша Борис Вениаминович	доктор ветеринарных наук, академик РАН, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», vet-san-dekanat@yandex.ru
Харитонов Владимир Дмитриевич	доктор технических наук, академик РАН, ВНИИ молочной промышленности, gnu-vnimi@yandex.ru
Храмцов Андрей Георгиевич	доктор технических наук, академик РАН. Северо-Кавказский федеральный университет, hramtsov@nsctu.ru
Щетинин Михаил Павлович	доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», shchetininmihail@mgupp.ru

Editorial Board

Editor-in-Chief **Mikhail G. BALYKHIN** – Doctor of Economics, Professor, Rector

Members of the Editorial Board:

Aleksander N. Lisitsyn	Doctor of Technical Science, All-Russian Research Institute of Fats, vniig@vniig.org
Andrey B. Lisitsyn	Doctor of Technical Science, Academician of RAS, Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbatov of RAS, info@vniimp.ru
Elena P. Meleshkina	Doctor of Technical Science, All-Russian Research Institute of Grain and Products of Its Processing - branch of the Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbatova of RAS, mep5@mail.ru
Eugeny N. Neverov	Doctor of Technical Science, professor, Kemerovo State University, neverov42@mail.ru
Dmitry B. Nikityuk	Doctor of Medicine, Corresponding Member of RAS, professor, Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, nikitjuk@ion.ru
Aleksey L. Nikiforov-Nikishin	Doctor of Biological Science, professor, Razumovsky Moscow State University of Food Production, 9150699@mail.ru
Lev A. Oganesyants	Doctor of Technical Science, Academician of RAS, All-Russian Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industries - branch of the Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbatov RAS, institute@vniinapitkov.ru
Viktor N. Ozherelev	Doctor of agricultural Science, Professor of Bryansk State Agricultural University, vicoz@bk.ru
Vladimir I. Orbinsky	Doctor of Agricultural Science, professor of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vasich2@yandex.ru
Elena N. Pasynkova	Doctor of Biological Science, Federal Research Center for Potato named after A.I. A.G. Lorkha, branch of the Leningrad Research Institute of Agriculture “Belogorka” (St. Petersburg), pasynkova.elena@gmail.com
Viktor A. Panfilov	Doctor of Technical Science, Academician of RAS, Russian State Agrarian University, Moscow Timiryazev Agricultural Academy, vap@timacad.ru
Andrey N. Petrov	Doctor of Technical Science, Academician of RAS, All-Russian Research Institute of Technology Canning - branch of the Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbatova of RAS, vniitekpetrov@vniitek.ru
Olga A. Podvigina	Doctor of Agricultural Science, leading researcher of the A.L. Mazlumov All-Russian research institute of sugar beet and sugar, vniiss@mail.ru
Olga V. Savina	Doctor of Agricultural Science, professor of Ryazan State Agrotechnological university named after P.A. Kostychev, savina-999@mail.ru
Sergey V. Simonenko	Doctor of Technical Science, Research Institute of Baby Nutrition - branch of the Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, niidp@rambler.ru
Olga I. Stognienko	Doctor of Biological Science, Leading Researcher of the A.L. Mazlumov All-Russian research institute of sugar beet and sugar, stogniolga@mail.ru
Evgeny I. Titov	Doctor of Technical Science, Academician of RAS, Moscow State University of Food Production, titov@mgupp.ru
Natalia A. Tikhomirova	Doctor of Technical Science, professor of the department “Technology of milk, probiotic milk products and cheesemaking” of Moscow State University of Food Production, tikhomirovaNA@mgupp.ru
Vyacheslav I. Tuzhilkin	Doctor of Technical Science, Corresponding Member of RAS, Moscow State University of Food Production, tvi@mgupp.ru
Victor A. Tutelyan	Doctor of Medicine, Academician of RAS, Professor, Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, tutelyan@ion.ru
Boris V. Usha	Doctor of Veterinarian Science, Academician of RAS, Moscow State University of Food Production, vet-san-dekanat@yandex.ru
Vladimir D. Kharitonov	Doctor of Technical Science, Academician of RAS, All-Russian Research Institut of Dairy Industry, gnu-vnimi@yandex.ru
Andrey G. Khramtsov	Doctor of Technical Science, Academician of RAS, North-Caucasus Federal Univerity, hramtsov@nsctu.ru
Mikhail P. Schetinin	Doctor of Technical Science, Professor, Moscow State University of Food Production, shchetininmihail@mgupp.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКТОРА

Тихонова Е.В., Шленская Н.М.

Жанр “перспективная статья” в контексте научной коммуникации: функции, структура и специфика представления информации 10

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

Колосова С.Ф., Умиралиева Л.Б., Кашкарова И.В., Ибраихан А.Т., Крупский Д.О.

Разработка технологии получения и оценка эффективности продуктов пчеловодства для создания биологически активных добавок 18

Тринеева О.В.

Биологически активные вещества плодов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) при хранении с применением различных способов консервации: обзор предметного поля 32

Лоозе В.В., Гурьева К.Б., Белецкий С.Л., Костромина Т.Г.

Особенности изменения температуры пристенных слоев зерна пшеницы при хранении в силосах элеваторов 55

Абуова А.Б., Умиралиева Л.Б., Исабекова М.С.

Технологические свойства зерна тритикале казахстанской селекции продовольственного назначения 74

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКЦИИ АПК

Минакова О.А., Путилина Л.Н., Лазутина Н.А., Александрова Л.В., Подвигина Т.Н.

Продуктивность и технологические качества гибридов сахарной свёклы отечественной и зарубежной селекции при длительном применении удобрений в свекловичном севообороте Центрально-Черноземного региона 86

Степанова Э.Ф., Ковтун Е.В., Чахирова А.А., Огай М.А., Погребняк Л.В., Нам Н.Л.

Изучение возможности использования фитокомплекса чеснока посевного и рябины обыкновенной в составе лекарственных форм 106

Шмалько Н.А.

Подбор закона распределения для числа падения пшеничной муки 116

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Каночкина М.С., Борисенко Е.Г., Крючкова Е.Р., Бакаева К.В., Савельева А.С.

Твердофазная ферментация целлюлозосодержащего сырья с использованием дрожжей 133

Минаков Д.В., Козубаева Л.А., Кузьмина С.С., Егорова Е.Ю.

Особенности созревания теста и формирования качества хлеба с биомассой мицелия *Armillaria mellea* 145

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Бакуменко О.Е., Алексеенко Е.В., Рубан Н.В.

Научные аспекты конструирования рецептуры зернового батончика с использованием нетрадиционного растительного сырья 157

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Музыка М.Ю., Благовещенский И.Г., Благовещенская М.М., Бунеев А.В., Благовещенский В.Г.

Интеллектуальный модуль-дегустатор для прогнозирования вкуса кефира 173

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

Балыхин М.Г., Лисицын А.Б., Эдварс Р.А., Щетинин М.П., Дыдыкин А.С., Деревицкая О.К., Волков А.П.

Развитие системы школьного питания в рамках реализации Федерального закона 47-ФЗ 194

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ АПК

Джалалов А.А., Магеррамова С.И., Джахангиров М.М., Гамидова Л.Р.

Содержание тяжелых металлов в некоторых овощах, цитрусовых плодах и чайных листьях, производимых в Азербайджанской Республике и продуктах их переработки 212

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ И НОВЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ

Мельникова Е.И., Богданова Е.В., Павельева Д.А.

Состав и функционально-технологические свойства пермеата подсырной сыворотки 223

CONTENT

EDITORIAL

E. Tikhonova, N. Shlenskaya

Genre "Perspective Paper" as a Type of Publication in a Scientific Journal 16

THEORETICAL ASPECTS OF FARM PRODUCTS STORAGE AND PROCESSING

S. Kolosova, L. Umiralieva, I. Kashkarova, A. Ibraikhan, D. Krupsky

Development of a Technology for Obtaining and Evaluating the Effectiveness of Bee Products for the Creation of Biologically Active Additives 29

O. Trineeva

Biologically Active Substances of Sea Buckthorn Fruits (*Hippophae Rhamnoides L.*) During Storage Using Various Methods of Conservation 49

V. Loose, K. Gurieva, S. Beletsky, T. Kostromina

Features of Temperature Changes in The Wall Layers of Wheat Grain During Storage in Silos of Elevators 71

A. Abuova, L. Umiralieva, M. Isabekova

Technological Properties of Triticale Grain of Kazakh Selection for Food Purposes 83

RESEARCH ON TRAITS OF SUBSTANCES AND AGRIBUSINESS PRODUCTS

O. Aleksandrovna, L. Putilina, N. Lazutina, L. Alexandrova, T. Podvigina

Productivity and Technological Quality of Domestic and Foreign Sugar Beet Hybrids as a Result of Long-Term Application of Fertilizers in the Central Black Earth Region 102

E. Stepanova, E. Kovtun, L. Pogrebnyak, A. Chahirova, M. Ogay, N. Nam

Study of the Possibility of Using a Phytocomplex of Seed Garlic and Mountain Ash in the Composition of Dosage Forms 112

N. Shmalko

Selection of the Distribution Law for the Falling Number of Wheaten Flour 130

BIOTECHNOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL ASPECTS

M. Kanochkina, E. Borisenko, E. Kruchkova, K. Bakaeva, A. Savelyeva

The Yeast Solid-Phase Fermentation of Cellulose-Containing Raw Materials 142

D. Minakov, L. Kozubaeva, S. Kuzmina, E. Egorova

Features of Dough Maturation and Bread Quality Formation with *Armillaria Mellea* Mycelium Biomass 154

DESIGNING AND MODELLING THE NEW GENERATION FOODS

O. Bakumenko, E. Alekseenko, N. Ruban

The Possibility of Using Freeze-Dried Vegetable Powders in the Production of Extruded Cereal Products 170

TECHNOLOGICAL PROCESSES, MACHINES AND EQUIPMENT

M. Muzyka, I. Blagoveshchensky, M. Blagoveshchenskaya, A. Buneev, V. Blagoveshchensky

Intelligent Module-Taster for Prediction of the Taste of Kefir 189

ECONOMIC PROBLEMS OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

M. Balykhin, A. Lisitsyn, R. Edvars, M. Shchetinin, A. Dydykin, O. Derevitskaya, A. Volkov

Development of the School Feeding System as Part of the Implementation of the 47-th Federal Law 209

CONTROL OVER QUALITY AND SAFETY OF AGRIBUSINESS PRODUCTS

A. Jalalov, S. Maharramova, M. Jahangirov, L. Hamidova

The Content of Heavy Metals in Some Vegetables, Citrus Fruits and Tea Leaves Produced in the Republic of Azerbaijan and Their Processed Products 221

USING SECONDARY RESOURCES AND NEW TYPES OF RAW MATERIALS

E. Melnikova, E. Bogdanova, D. Paveleva

Composition, Functional and Technological Properties of Whey Permeate Powder Spray 230

Жанр “перспективная статья” в контексте научной коммуникации: функции, структура и специфика представления информации

Тихонова Елена Викторовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11

E-mail: etihonova@mgupr.ru

Шленская Наталия Марковна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11

E-mail: n.shlenskaya@mgupr.ru

Перспективные статьи представляют новую и уникальную точку зрения автора на существующие проблемы, фундаментальные концепции или распространенные понятия по конкретной теме, предлагают и поддерживают новую гипотезу или обсуждают последствия недавно внедренной инновации. В фокусе перспективной статьи могут оказаться не только текущие достижения, но и будущие направления исследований по анализируемой проблематике, в том числе и с опорой на эмпирические данные. Перспективная статья подлежит рецензированию, её объемом не должен превышать 4000 слов, а её текст может включать в себя таблицы и рисунки, которые помогают оценить важность и значение перспективных исследований. Указанный жанр набирает популярность, а успешность каждой статьи-перспективы определяется глубиной экспертизы её автора.

Ключевые слова: статья-перспектива, достижения, точка зрения, значимость темы

Жанр «перспективная статья» в контексте научной коммуникации представляет актуальные, новаторские направления исследований или альтернативный взгляд на существующие проблемы в области знания. Такие статьи стимулируют интерес читателей к представленным темам, зачастую игнорируемым в научной литературе. В целом, их роль заключается в просвещении широкой аудитории в рамках поставленного автором вопроса. Перспективная статья предоставляет авторам форум для анонсирования новых идей, комментариев к опубликованным материалам или повторной интерпретации данных, помогает организовать обсуждение по теме новых исследований и способствует преодолению разрыва между исследованиями и их применением в реальную практику (Söderström, 2013).

Перспективные статьи предназначены для анализа новых идей и концепций, а не для описания новых исследований. Такие статьи призваны дополнять проведенные исследования, а не просто комментировать или обобщать их. В рамках перспективной статьи возможно и представление новых гипотез, которые не были достаточно хорошо

исследованы в предыдущих исследованиях, особенно, когда не хватает доказательной базы, чтобы описать оригинальное исследование (Destexhe & Victor, 2021).

Перспективная статья является и обзором современных исследований, и руководством для последующих исследований. Её цель - предложить идеи по переосмыслению существующих концепций, предложить альтернативные или новаторские направления исследований. Отсюда, выбор темы в контексте перспективной статьи имеет решающее значение. В идеале тема должна быть или новаторской, или «трансформирующей», маркирующей контуры «пересмотра» текущих направлений исследований исследованиях (de Jong et al., 2017).

Как и исследовательские статьи, значимая перспективная статья должна следовать U-образному повествованию (См. Рисунок 1), которое начинается с четкого обоснования значимости обсуждаемой темы и необходимости её переосмысления, и заканчивается выделением потенциальных направлений её развития исходя из представлен-

ной автором новой перспективы её рассмотрения (Ladle, 2021).

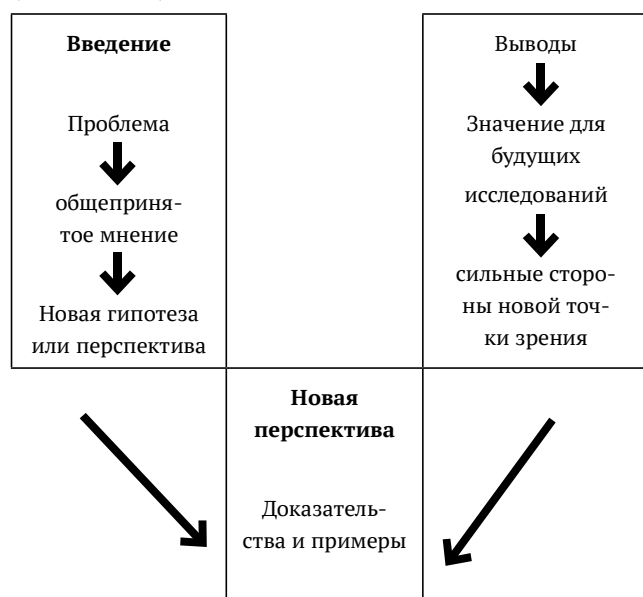


Рисунок 1. U-образная повествовательная структура для перспективной статьи (Ladle, 2021).

В отношении структурирования перспективной статьи существуют разночтения. Многие журналы выделяют в качестве обязательных аннотацию, введение, основную часть и заключение. Но отдельные редакции журналов предпочитают только выделение тематических подсеций вслед за описываемыми в статье концептуальными идеями¹. Логика научной коммуникации в контексте четкого жанрового структурирования оказывается значительно более прозрачной, отсюда, выделение в теле перспективной статьи несколько подсеций (Аннотация, Введение, Основное тело статьи, Заключение), только усилит ее воздействие на читательскую аудиторию.

Введение призвано обосновать актуальность рассматриваемой проблемы / задачи сквозь призму концептуального, практического или методологического подхода. Как правило, чем важнее / фундаментальнее проблема, тем сложнее убедить читателя, что новая точка зрения перспективна. Отсюда, необходимо противопоставить представляемую новую точку зрения устоявшемуся в научном знании решению / модели / объяснению. В конце Введения реализуется представление новой перспективы и аргументация ее значимости для существующего знания.

Недостаточно просто изложить «новую» точку зрения. Необходимо предоставить убедительные доказательства, приводя примеры и демонстрируя способы применения новой точки зрения. Поз-

тому, в основном теле статьи необходимо представить исчерпывающий синтез соответствующих исследований, поддерживающих предлагаемое новое видение или, как минимум, демонстрирующих, что существующие подходы к решению проблемы недостаточны. Не стоит игнорировать доказательства, противоречащие представляемой точке зрения. Используйте их для описания ограничений возможностей нового подхода.

После обсуждения фактических данных важно изложить сильные стороны представляемой новой перспективы по сравнению со стандартной / альтернативной перспективой и обсудить потенциальные последствия предлагаемого подхода для будущих разработок в конкретной области знания. Важно продемонстрировать различия между обычным и новым подходом посредством опоры на существующие исследования в области. *Обязательно использование тематических подзаголовков* для представления читателю средства навигации по тексту: без них отследить логику автора будет намного сложнее.

Перспективная статья не должна сводиться к обзору актуальности темы (Ghosez, 2007). Она призвана выразить личный, иногда противоречивый взгляд ученого на конкретный аспект конкретной проблемы: дать оценку роли отдельных лиц и обстоятельств в истории анализируемой проблемы, представить динамику текущих исследований в области и перспективы на будущее. Вне признания роли интеллектуальных разногласий в развитии описываемой области достижение данного фокуса представления информации окажется невозможным.

Выстраивания плана перспективной статьи требует определения: (1) проблемы; (2) описания устоявшегося подхода к ее решению; (3) представления нового подхода / перспективы; (4) представления доказательств значимости нового подхода; (5) представления основных выводов.

Обычно жанр перспективной статьи используется тогда, когда исследование уже реализовано, но его данные носят предварительный характер и пока недостаточно убедительны, чтобы однозначно концептуализировать альтернативный подход к представлению ранее однозначно трактуемой проблемы. Иными словами, с помощью перспективной статьи авторы хотят представить мнения / идеи в отношении инновации, которая еще не реализована исчерпывающе.

Иногда перспективные статьи побуждают к обсуждению недавно опубликованных статей отно-

сительно конкретной актуальной проблематики исследования, и точка зрения автора перспективной статьи призвана помочь понять ключевые результаты исследования в свете новой перспективы. Задача авторов в таком формате перспективной статьи состоит в информировании читательской аудитории о значимых научных разработках в области знаний автора.

Итак, перспективная статья должна быть краткой. Её цель – подчеркнуть новую / уникальную точку зрения на существующие проблемы, фундаментальные концепции или распространенные представления по конкретной теме; предложить или поддержать новую гипотезу, или обсудить последствия недавно реализованной инновации. Перспективные статьи могут быть сосредоточены на текущих достижениях и будущих направлениях исследований, опираясь на конкретные исследовательские данные в области знания, а также личное мнение автора¹.

Некоторые журналы лимитируют объем перспективных статей в 1500 – 4000 слов с ограниченным числом ссылок на источники¹ (включая аннотацию, основной текст, заключения, ссылки, список источников и подписи к рисункам). Как правило, такие статьи должны сопровождаться кратким, но содержательным заголовком, аннотацией (не более 50 слов), включать не более 35 источников литературы и 1 или 2 рисунка (с подписями к рисункам) или таблиц (Majumder, 2015).

В качестве примера рассмотрим заголовок и аннотацию статьи «Eat up! Prevention of plate waste in tourism and hospitality: a perspective paper» Дождите до конца! Меры по предотвращению образования пищевых отходов в сфере туризма и гостеприимства: перспективная статья² (Dolnicar, 2020). В название рекомендуется включать указание на жанр статьи «перспективная статья». Но эта рекомендация не носит обязательный характер.

Аннотация этой статьи структурирована и состоит из подразделов: *Актуальность и цель исследования, Программа исследования / методология / подход, Результаты, Значение полученных результатов.*

Актуальность и цель исследования: *Пищевые отходы, несъеденная еда — это пища, оставшаяся на тарелке после трапезы. Несъеденная еда, как и все*

пищевые отходы, наносят ущерб окружающей среде. Такие отходы, в отличие от других их видов, не нужны и почти полностью предотвратимы. Данное исследование призвано обобщить предыдущие исследования по предотвращению образования пищевых отходов в виде несъеденной еды и наметить программу будущих исследований по предотвращению возникновения отходов подобного рода.

Программа исследования / методология / подход: *Обсуждаются предыдущие работы по предотвращению возникновения пищевых отходов и указываются необходимость разработки конкретных направлений для будущих исследований по теме. Предлагается система мер по предотвращению образования несъеденной еды, в которой, в качестве критериев, используются следующие: соответствие мер условиям гостеприимства; проверяется, была ли научно доказана эффективность такой меры.*

Результаты: *Исследования проблемы пищевых отходов имеют достаточно короткую историю. На сегодняшний день преимущественные усилия исследователей были сосредоточены на количественной оценке масштабов проблемы. Необходима дополнительная теоретическая работа для выявления факторов, вызывающих образование пищевых отходов, а также для разработки и экспериментальной проверки основанных на теории практических вмешательств, направленных на сокращение количества образующихся пищевых отходов.*

Значение полученных результатов: *Ключевым вкладом этой перспективной статьи является обобщение предшествующей работы по пищевым отходам. Предложены программы будущих исследований.*

Проанализируем структуру текста перспективной статьи на примере статьи Oyetao (2006) «Untapped health promoting potentials of indigenous cereal based African fermented foods and beverages» (Неиспользованный потенциал в области укрепления здоровья на основе африканских ферментированных продуктов и напитков, полученных из зерновых культур)³.

В данной статье аннотация отсутствует, что не является типичным примером в написании статьи-перспективы, однако подтверждает факт чрезвычайной пластичности структуры такого вида статей. Вместе с тем, читателю было бы зна-

¹ *Perspective: Expert review.* <https://authorservices.taylorandfrancis.com/perspectives-expert-review/>

² Здесь и далее – авторский перевод. Переведенный на русский язык текст анализируемой статьи представлен в том виде, в каком он был представлен в первоисточнике. Статьи, на которые опираются авторы анализируемой статьи, приведены в приложении¹.

³ Здесь и далее – авторский перевод. Переведенный на русский язык текст анализируемой статьи представлен в том виде, в каком он был представлен в первоисточнике. Статьи, на которые опираются авторы анализируемой статьи, приведены в приложении.

чительно проще ориентироваться в теле статьи в ситуации наличия аннотации.

Во Введении авторы приводят разделяемую научным сообществом позицию относительно пищевых ферментированных продуктах, описывая их полезные свойства.

Введение

Авторы обосновывают актуальность проблематики, ссылаясь на предыдущие исследования в научной области.

Пищевая ферментация считается одним из старейших способов обработки и сохранения пищи (Achi, 2005). Во всем мире человек уже тысячи лет знает об использовании микроорганизмов для приготовления пищевых продуктов. Следовательно, широкий спектр ферментированных продуктов и напитков вносил значительный вклад в рацион миллионов людей.

Ферментация представляет собой сложное химическое превращение органических веществ субстрата, вызванное каталитическим действием ферментов, либо природных, либо выработанных микроорганизмами, ферментирующими сырье (Pederson, (1971)). Преимущества пищевой ферментации включают в себя: сохранение срока годности пищевых продуктов, повышение содержания питательных веществ, улучшение вкуса и другие качества, связанные с пригодностью к употреблению в пищу (Hesseltine, 1983; Pederson, 1971).

Далее следует указание на существование пробела:

Изучали ферментированные продукты с точки зрения повышения в них питательной ценности и сроков годности за счет процесса консервации... Возможности же укрепления здоровья как результат потребления ферментированных пищевых продуктов из злаков, произрастающих в Африке, остались малоизученными. За последние 3 десятилетия имели место отдельные исследования об оздоровительных свойствах кисломолочных продуктов, таких как йогурт, для укрепления иммунной системы, снижение уровня холестерина (Fuller, 1989), облегчение непереносимости лактозы (Gilliland & Kim, 1981). Вопрос заключается в том, характерны ли выявленные полезные воздействия исключительно для кисломолочных продуктов, или же они свойственны и ферментированным пищевым продуктам на основе злаков?

В конце Введения авторов комментирует цель публикации своей статьи и указывает на новую перспективу: *В этой статье освещается укрепляющее*

воздействие на здоровье бактерий Lactobacillus plantarum, выделенных из ферментированной кукурузы, и потенциальные возможности суспензий африканских ферментированных продуктов и напитков на основе злаков для поддержания здоровья кишечника.

В основном теле статьи реализована разбивка на тематические подсекции: (1), (2)... Отдельные подсекции вводят констатирующую информацию. Другие – представляют новое прочтение и аргументы. Ниже представлены подразделы статьи: Ферментированные африканские продукты, Укрепляющие здоровье свойства бактерий Lactobacillus plantarum, выделенных из сбраживания OGI, Антимикробная активность, Гепатопротекторный эффект, Антихолестеринемический эффект, Иммуностимулирующий эффект, Другие преимущества, Перспективы.

Ферментированные африканские продукты

Ферментированные продукты традиционно составляют значительную часть рациона африканцев. Achi (2005) классифицировал ферментированные пищевые продукты на четыре группы в зависимости от основных субстратов или сырья:

- ферментированные злаки,
- ферментированные крахмалистые продукты,
- ферментированные бобовые и масличные семена,
- ферментированные белки животного происхождения.

Ферментированные зерновые продукты очень распространены в рационе африканцев. Некоторыми примерами из них являются: Ogi (ферментированный продукт из кукурузы), Burikutu (напиток из ферментированного сорго / проса), Kippu zaki (ферментированное сорго) и т. д. Молочнокислые бактерии (LAB) в основном отвечают за ферментацию этих зерновых продуктов. ...

Различные виды бактерий рода Lactobacillus являются хорошо известными представителями молочнокислых бактерий. Они важны для поддержания кишечной микробной экосистемы (Sandine, 1979) и, следовательно, являются эффективным биотерапевтическим средством, называемым пробиотиком. Считается, что присутствие лактобацилл в кишечнике способствует ускорению роста сельскохозяйственных животных, защите от энтеропатогенов, облегчению непереносимости лактозы, облегчению запоров, а также оказывает антихолестеринемический и иммуностимулирующий эффект (FAO/ВОЗ, 2001).

Укрепляющие здоровье свойства *Lactobacillus plantarum*, выделенных из сброживания OGI

Lactobacillus plantarum — один из видов бактерий, связанных с ферментацией кукурузы при производстве оги (Akinrele et al., 1970; Odunfa & Adeleye, 1985). В исследовании Oyetao & Adeleye (1985) было обнаружено, что *Lactobacillus plantarum*, выделенные из ферментированной кукурузы, обладают следующими полезными для здоровья эффектами.

Антимикробная активность

Lactobacillus plantarum подавляли рост патогенных бактерий и бактерий, вызывающих порчу пищевых продуктов (Таблица 1).

Далее автор упоминает о полезных свойствах продукта.

Гепатопротекторный эффект

Биомаркеры сыворотки у экспериментальных животных после перорального введения *Lactobacillus plantarum* показывают значительное снижение уровней аспаратаминоминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) по сравнению с контролем (Таблица 2). Сывороточные АСТ и АЛТ являются важными ферментами, используемыми для мониторинга повреждения печени (Johnston, 1999). Повышение уровня этих ферментов в сыворотке свидетельствует о поражении гепаатоцеллюлярных клеток (клеток печени).

Антихолестеринемический эффект

Холестерин в сыворотке крови также значительно снизился у крыс, получавших *Lactobacillus plantarum*, по сравнению с контролем (Таблица 2). Сообщалось, что снижение уровня холестерина в сыворотке может предотвратить различные синдромы ишемической болезни сердца.

Иммуностимуляторный эффект

Дифференциальное количество лейкоцитов у крыс, получавших *Lactobacillus plantarum*, показало значительное увеличение количества лимфоцитов по сравнению с контролем (Таблица 3). Основная роль лимфоцитов заключается в образовании гуморальных антител и клеточного иммунитета (Baker & Silver, 1985).

Другие преимущества

Lactobacillus plantarum isolated from fermenting corn slurry also displayed the following benefits: reduction

of the fecal level of enteropathogens, increase in the level of beneficial bacteria (lactobacilli), protection of the intestinal ileal epithelial cell in wistar rats challenged with enteropathogenic *E. coli* and orogastrically challenged with *Lactobacillus plantarum*.

Последняя подсекция основного тела статьи представляет максимальный интерес. Поскольку воплощает все интенции автора. Суммируя то новое, ради чего и создавалась статья.

Перспективы

Потенциал пробиотических молочнокислых бактерий, выделенных из ферментированных африканских продуктов и напитков на основе злаков, в качестве биотерапевтического агента является многообещающей областью исследований. Преимущества бактерии *Lactobacillus plantarum*, выделенных из ферментированной кукурузы (Ogi), открывают возможности для получения перспективного пробиотика: установлена антимикробная активность в отношении важных патогенных бактерий, вызывающих порчу пищевых продуктов, гепатопротекторный эффект в результате способности снижать уровень аминотрансфераз в сыворотке крови, иммуностимулирующий эффект и антихолестеринемический эффект. Другие, возможно более эффективные, молочнокислые бактерии с лучшими пробиотическими эффектами могут присутствовать в ферментированных продуктах на основе злаков, произрастающих в Африке. Польза для здоровья ферментированных африканских продуктов и напитков на основе злаков, которую еще предстоит изучить, заключается в использовании их суспензий при лечении бактериального гастроэнтерита. В Нигерии крестьяне-фермеры используют воду, полученную в результате ферментации кукурузной жижи, для лечения диареи коз. Эта суспензия обычно считается сточными водами после ферментации злаков. Представляется необходимым провести исследование продуктов метаболизма, присутствующих в кашице. Новое исследование ответит на следующие вопросы. Отличаются ли эти продукты метаболизма от уже известных продуктов на основе молочнокислых бактерий с антагонистическими свойствами? Есть ли в суспензии новые продукты метаболизма? ... В итоге это может открыть новые возможности для эффективного поддержания здоровья кишечника.

Последний раздел статьи-перспективы представляет собой выводы и перспективные направления для новых исследований. Вернемся к анализу статьи «Eat up! Prevention of plate waste in tourism and hospitality: A perspective paper». В разделе Выводы ав-

тор другими словами обобщает основной фокус статьи, комментируют, насколько ему удалось достичь поставленные им цели и каковы основные потенциальные направления дальнейших исследований.

со структурированием Ваших будущих перспективных статей!

Выводы

На первый взгляд, проблема образования пищевых отходов из несъеденной еды кажется незначительной. Но это не так: поскольку 11-13 процентов пищи, подаваемой на стол, выбрасываются, отходы представляют собой серьезную глобальную проблему. Несмотря на растущее внимание, уделяемое предотвращению образования пищевых отходов национальными и международными природоохранными учреждениями, на удивление мало усилий было направлено на сокращение объемов таких отходов. Существует лишь ограниченное число научно обоснованных мер, призванных помочь владельцам гостиниц и ресторанов предотвратить количество образующихся отходов. Необходимо разработать, экспериментально протестировать и широко распространить меры, регулирующие потребление. Вместе с тем нужно свести к минимуму возникшую экологическую проблему, вызванную растущим количеством еды, которую берут, но в конечном итоге, выбрасывают.

Перспективные статьи требуют глубинного уровня экспертизы автора. Как правило, они получают большое количество прочтений и хорошо цитируются. Поэтому логика и аргументация автора должны быть безупречными. Надеемся, что наш анализ перспективной статьи поможет Вам

Литература

- De Jong, A., Decker, S., Colli, A., Fernández Pérez, P., Rollings, N., Stokes, R. (2017) Perspectives articles for Business History. *Business History*, 59(1), 1-3. <https://doi.org/10.1080/00076791.2017.1254935>
- Destexhe, A., Victor, J. D. (2021). Editorial: New article type "perspective". *Journal of Computational Neuroscience* 49, 69. <https://doi.org/10.1007/s10827-021-00781-w>
- Dolnicar, S. (2020). Eat up! Prevention of plate waste in tourism and hospitality: A perspective paper. *Tourism Review*, 76(1), 43-46. <https://doi.org/10.1108/TR-05-2019-0199>
- Ghosez, L. (2007). Perspectives. *Tetrahedron*, 63(52), Article 12819. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2007.10.108>
- Ladle, R. (2021). How to write a (great) Perspective article. *Journal of Biogeography*. <https://journalofbiogeographynews.org/2021/05/22/how-to-write-a-great-perspective-article/>
- Oyetayo, V. O. (2006). Untapped health promoting potentials of indigenous cereal based African fermented foods and beverages. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 17(3), 36-37.
- Perspective articles: Highlighting topic issues. (2005). *Transgenic Research*, 14, 107. <https://doi.org/10.1007/s11248-005-5865-5>
- Söderström, B. (2013). Perspective Articles and Special Issues in AMBIO. *AMBIO*, 42, 1-2. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0364-4>

Genre “Perspective Paper” as a Type of Publication in a Scientific Journal

Elena V. Tikhonova

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: etihonova@mgupp.ru

Nataliya M. Shlenskaya

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: n.shlenskaya@mgupp.ru

Perspective articles present a new and unique author's perspective on existing problems, fundamental concepts, or common notions on a particular topic, propose and support a new hypothesis, or discuss the implications of a recent innovation. A prospective article may focus not only on current achievements, but also on future directions of research on the analyzed issues, including those based on empirical data. A prospective article is subject to peer review, should not exceed 4000 words, and its text may include tables and figures that help to assess the importance and value of prospective research. This genre is gaining popularity, and the success of each prospective article is determined by the depth of expertise of its author.

Keywords: article-perspective, achievements, point of view, significance of the topic

References

- De Jong, A., Decker, S., Colli, A., Fernández Pérez, P., Rollings, N., Stokes, R. (2017) Perspectives articles for Business History. *Business History*, 59(1), 1-3. <https://doi.org/10.1080/00076791.2017.1254935>
- Destexhe, A., Victor, J. D. (2021). Editorial: New article type “perspective”. *Journal of Computational Neuroscience* 49, 69. <https://doi.org/10.1007/s10827-021-00781-w>
- Dolnicar, S. (2020). Eat up! Prevention of plate waste in tourism and hospitality: A perspective paper. *Tourism Review*, 76(1), 43-46. <https://doi.org/10.1108/TR-05-2019-0199>
- Ghosez, L. (2007). Perspectives. *Tetrahedron*, 63(52), Article 12819. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2007.10.108>
- Ladle, R. (2021). How to write a (great) Perspective article. *Journal of Biogeography*. <https://journalofbiogeographynews.org/2021/05/22/how-to-write-a-great-perspective-article/>
- Oyetayo, V.O. (2006). Untapped health promoting potentials of indigenous cereal based African fermented foods and beverages. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 17(3), 36-37.
- Perspective articles: Highlighting topic issues. (2005). *Transgenic Research*, 14, 107. <https://doi.org/10.1007/s11248-005-5865-5>
- Söderström, B. (2013). Perspective Articles and Special Issues in AMBIO. *AMBIO*, 42, 1-2. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0364-4>
- Achi, O. K. (2005). The potential for upgrading traditional fermented foods through biotechnology. *African Journal of Biotechnology*, 4(5), 375-380. <https://doi.org/10.5897/AJB2005.000-3070>
- Akinrele, I. A., Adeyinka, O., Edwards, C. C., Olatunji, F. O., Dina, J. A., & Koleoso, A. O. (1970). The development and production of Soy- Ogi: A corn based complete protein food. *Federal Institute of Industrial Research*, Article 42.
- Baker, F. J., & Silver, R. E. (1985). *Introduction to Medical Laboratory Technology*. Boston : Butterworths.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *The Journal of Applied Bacteriology*, 66(5), 365-378. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2672.1989.TB05105.X>
- Gilliland, S. E., & Kim, H. S. (1981). Influence of consuming milk containing cells of *Lactobacillus acidophilus* on lactose malabsorption in humans. In *Abstract of annual meeting of American Society of Microbiology* (p. 27). Washington, DC: The Society.

Appendix

- Hesseltine, C. W. (1983). The future of fermented foods. *Nutrition reviews*, 41(10), 293-301. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1983.tb07122.x>
- Johnston, D. E. (1999). Special considerations in interpreting liver function tests. *The American Academy of Family Physicians*, 59(8), 2223-2230.
- Odunfa, S. A., & Adeleye, S. (1985). Microbiological changes during the traditional production of Ogi-baba, a West African fermented sorghum gruel, *Journal of Cereal Science*, 3(2), 173-180. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(85\)80027-8](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(85)80027-8)
- Pederson, C. S. (1971). *Microbiology of food fermentations*. Westport, Conn.: Avi Pub. Co.
- Sandine, W. E. (1979). Role of lactobacillus in the intestinal tract. *Journal of Food Protection*, 42(3), 259-262. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-42.3.259>

Разработка технологии получения и оценка эффективности продуктов пчеловодства для создания биологически активных добавок

Колосова Светлана Федоровна

*НАО «Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова»
Адрес: 070002, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Крылова, д. 72
E-mail: kolosova-1952@mail.ru*

Умираниева Лазат Бекеновна

*ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности»
Адрес: 050060, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Гагарина 238Г
E-mail: l.umiraliyeva@rpf.kz*

Кашкарова Ирина Владимировна

*НАО «Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова»
Адрес: 070002, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Крылова, д. 72
E-mail: kashkarova_0112@mail.ru*

Ибраихан Акниет Толегенкызы

*ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности»
Адрес: 050060, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Гагарина 238Г
E-mail: ibraikhan.akniet0195@mail.ru*

Крупский Данил Олегович

*ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности»
Адрес: 050060, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Гагарина 238Г
E-mail: Krupskiy.95@gmail.com*

В статье представлены результаты по получению и хранению сырья (трутневые личинки и маточное молочко) для новых биологически активных добавок, позволяющие максимально сохранить пищевую и биологическую ценность сырья и готовых продуктов. Оба эти продукта не подлежат хранению в не переработанном виде: на открытом воздухе они теряют свои свойства уже через несколько часов. Цель исследования - разработать новые технологии получения и хранения маточного молочка и гомогената трутневых личинок. Для получения трутневого гомогената в отличие от традиционной технологии, где используют открытый и печатный трутневый расплод, мы использовали только молодые трутневые личинки в возрасте 5-9 дней. В этом случае вместе с личинками при извлечении их из ячеек попадает личиночный корм (маточное молочко и пыльца с медом), который не ухудшает качество сырья и определяет количество в нем деценовых кислот. Мы также ускорили процесс адсорбции гомогената трутневого расплода (ГТР) до двух дней. В результате остаточная влажность готового продукта составила 1,5-2%. Таким образом, мы получили качественный продукт (адсорбированный ГТР), готовый к употреблению или к использованию для получения биологически активных добавок. При получении маточного молочка использовали способ формирования семьи-воспитательницы в улье-лежаке без осиротения. В отличие от традиционных методов (с частичным и полным осиротением) это щадящий метод и циклический процесс по сбору маточного молочка, который может быть предложен в качестве рекомендации для товарных пасек. При разработке способов хранения маточного молочка сама мисочка и впоследствии маточник используется как контейнер и в нём же происходит замораживание маточного молочка. В данном случае молочко мы не достаём из маточника, это положительно отражается на качестве молочка, нет фактора окисления при перекалывании продукта в стеклянную тару. В нашей работе при адсорбции маточного молочка вместо лактозы и глюкозы мы использовали сухой мед в соотношении 1:4, так как сухой мед обладает всеми полезными свойствами жидкого меда, но представляет собой порошок, полученный по особой технологии.

В результате получили порошок с коричневым оттенком, который может использоваться как самостоятельно, так и для изготовления БАД. Исследование маточного молочка и гомогената трутневого расплода проводили в специализированной лаборатории.

Ключевые слова: трутневый гомогенат, маточное молочко, технология, химический состав, адсорбция

Введение

Достоверно установлено, что питание определяет продолжительность и качество жизни населения. Рационализация питания способна устранить, либо существенно снизить негативное влияние на организм человека таких реально существующих факторов, как антропогенное загрязнение окружающей среды и образ жизни современного человека, вызывающих дезадаптацию приспособительных систем его организма.

В рационе нашего питания преобладают продукты, лишенные после промышленной переработки сырья многих незаменимых компонентов питания – витаминов, микроэлементов, пищевых волокон (Тутельян, 2001; Позняковский & Дроздова, 2018). Установлена среднесуточная потребность взрослого человека в биологически активных соединениях (Таблица 1).

Кроме этого, прослеживается мировая тенденция к снижению энергетических затрат у большинства населения, а значит и в объеме потребляемой им пищи. При этом потребность в витаминах, минеральных и других биологически активных веще-

ствах остается практически на прежнем уровне. Создается ситуация, когда человек при рационе питания из обычных натуральных продуктов не может получить необходимое количество микронутриентов при адекватных энергозатратах (Шарманов, 2005, Позняковский & Чугунова, 2021).

Мировой опыт показал, что наиболее эффективным и реальным решением этих проблем является применение биологически активных добавок к пище (Пилат & Иванов, 2002). Главное назначение биологически активных добавок к пище – восполнить дефицит основных нутриентов в рационе питания, т.е. компенсировать недостаток витаминов, микроэлементов, пищевых волокон и других веществ в рамках их физиологического действия (Оттавей, 2010). Роль биологически активных добавок в профилактике и коррекции различных расстройств здоровья в настоящее время не подвергается сомнению (Волкотруб & Сейфутдинова, 2000).

Из широкого спектра известных биологически активных добавок к пище наименее распространены добавки на основе продукции животного происхождения. Между тем, продукты пчеловодства являются

Таблица 1

Среднесуточная потребность взрослого человека в биологически активных соединениях

Вода	2400мл	Аминокислоты	Количество	Витамины	Количество
Атомовиты	Количество	Лейцин	4-6 г	А	1мг
Кальций	800-1500мг	Изолейцин	3-4 г	Е	20-30 мг
Магний	400-750 мг	Лизин	3-5 г	Ко	0,2-0,3 мг
Калий	3000-5000 мг	Метионин	2-4 г	Д	2,5 мкг
Натрий	4000-6000 мг	Триптофан	1 г	В ₁	1,5-2 мг
Железо	10-30 мг	Валин	4 г	В ₂	2 мг
Цинк	12-50 мг	Гистидин	2 г	В ₆	2-2,5 мг
Медь	1-2 мг	Аргинин	5-6 г	В ₁₂	2 мг
Марганец	2-9 мг	Цистин	2-3 г	Никотиновая кислота	15-20 мг
Йод	100-200 мкг	Тирозин	3-4 г	Фолиевая кислота	0,2 мг
Хром	100-200 мкг	Аланин	3 г	Пантотеновая кислота	10-12 мг
Углеводы	400-500г	Белки	60-85 г	Биотин	0,15 мг
Жиры	80-100 г	Пищевые волокна	30-50 г	Биофлавоноиды	30-50 мг

одним из идеальных средств для создания на их основе или с их включением биологически активных добавок к пище, которые несут в себе не только и не столько пищевые функции, сколько являются источниками пищевых веществ, средствами профилактики и комплексного лечения, повышения защитных сил организма, стимуляторов функций отдельных органов и систем (Шаповалов & Каломенский, 2000, Ивашевская & Рязанова, 2021).

Учитывая вышеизложенное, представляется перспективным расширить ассортимент биологически активных добавок к пище на основе отечественных продуктов пчеловодства, которые могут использоваться в качестве биокорректоров организма человека, имеют высокую усвояемость на уровне клеточного синтеза и направлены на активизацию обменных процессов, внося в организм человека содержащиеся в них незаменимые и заменимые аминокислоты, жирорастворимые и водорастворимые витамины, микроэлементы, антиоксиданты и другие вещества (Спиричев и др., 2014, Скорбина & Трубина, 2018). В качестве сырья для производства биологически активных добавок (БАД) нами изучен гомогенат трутневого расплода (ГТР) и маточное молочко.

Известно, что в народной медицине Китая, Японии и других странах трутневый расплод издавна использовался для стимулирования слабо развивающегося организма детей, при заболеваниях органов пищеварения, психических расстройствах. В Румынии в 1980 году запатентована технология препарата «Апиларнил» из трутневых личинок и содержимого их сотовых ячеек. Препарат рекомендуется как ценная пищевая добавка и сырье для фармацевтической и косметической промышленности. В Японии трутневых личинок также применяют в качестве специального продукта питания: их варят, фасуют в стеклянную и металлическую тару и продают в магазинах. Кроме того, трутневый расплод консервируют с соевым соусом и употребляют в качестве приправы или жарят. Этот продукт во всем мире ценят за сильнейшие биостимулирующие свойства (Лазебный, 2012). В Японии производят специальную вошину с укрупненными ячейками, что позволяет в мае – июне получать с одного сота до 1 кг личинок трутней¹ (Маннапов & Хоружий, 2015).

Гомогенат трутневого расплода – использовали еще в древности: в гробнице Ма-Ван-Дуи династии Хан и в провинции Хуань (Китай) обнаружены рецепты на бамбуке с описанием применения

данного продукта, который называли «trutневое молочко» (Осинцева, 2021а; Осинцева, 2021б; Прохода, 2000).

Авторами Черкасова А.И. и Гречка Г.И. (институт пчеловодства имени П.И. Прокоповича, Украина) было определено влияние на морских свинок гомогената трутневого расплода. Опытные животные каждое утро в течение 40 дней перед кормлением получали перорально гомогенат трутневого расплода 3г/кг. В результате выявили, что морские свинки, получавшие ГТР, прибавляли в массе более интенсивно, различие в приросте живой массы между опытными и контрольными животными к концу наблюдений составило 10,3%. Такая закономерность сохранилась и в показателях абсолютного суточного прироста. Его разница между опытом и контролем составила 50%. Животные имели также больший запас энергии и поэтому меньше уставали при заданной им физической нагрузке. Данный факт указывает на то, что ГТР является мощным биостимулятором и заслуживает внимания всех биологов, животноводов и медиков (Кочетов & Маннапов, 2020).

Маточное молочко – это продукт, секретиремый верхнечелюстными и глоточными железами молодых рабочих пчел в возрасте от 6-го до 10-го дня жизни, который они выделяют в специальные соты (маточники), где развиваются матки пчел. Оно представляет собой непрозрачную массу белого цвета с кремовым оттенком пастообразной консистенции со специфическим запахом. Вкус маточного молочка резкий, может быть сладковатый или кисловатый. В пчелиной семье этим продуктом выкармливают маточных личинок и личинок рабочих пчел и трутней (Брандорф и др., 2014, Брандорф & Лебедева, 2019).

В состав маточного молочка входят: белки (альбумины и гамма-глобулины, включающие 22 аминокислоты, в т.ч. 10 незаменимых – 14-18 %), углеводы (глюкоза, фруктоза, сахароза), жиры – 1,7-5,7 %, витамины (В1, В2, В3, В6, В12, РР, Н, С, D провитамин А), энзимы (ферменты), вода – 65-66,5 %, сахара – 9-19 %, минеральные вещества (калий, кальций, натрий, железо, цинк, фосфор и др. – более 1 %), стимуляторы роста, половые гормоны (тестостерон, прогестерон), дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК, несет наследственную информацию) (Sabatini et al., 2009).

Маточное молочко имеет высочайшую биологическую активность и для человека (Илларионова

¹ Кривцов, Н. И., Козин, Р. Б., Лебедев, В. И., & Масленникова, В. И. (2010). *Пчеловодство: Учебник*. СПб.: Лань.

& Сыроватский, 2020). Основной биологический принцип действия маточного молочка – повышение иммунитета человеческого организма. Маточное молочко имеет очень широкий спектр действия: оно повышает жизненный тонус, улучшает аппетит, нормализует обмен веществ в тканях, улучшает зрение, память, концентрацию, слух, регулирует артериальное давление, стимулирует кроветворную функцию (повышает содержание в крови гемоглобина, эритроцитов, снижает содержание лейкоцитов), понижает уровень сахара в крови, способствует выведению токсинов, стимулирует деятельность нервной системы и усиливает действие лекарств, обладает бактерицидными свойствами (Romanelli et al., 2011; Garcia et al., 2010).

Маточное молочко с успехом применяется в мире, в качестве диетического и терапевтического продукта. Ряд препаратов, выпускаемых в России, совместно с молочком пчел содержат различные растительные экстракты, тонизирующее действие которых, на организм человека проверен временем: «АПИ-СПЛАТ» – натуральный комбинированный препарат на основе маточного молочка с добавлением экстрактов микроводоросли спирулины, платензиса и женьшеня; «СПЛАТ-ТОНУС» отличается от «АПИ-СПЛАТ» тем, что вместо женьшеня в него входит экстракт элеутерококка; «Апитал» – комбинированный препарат на основе маточного молочка с добавлением прополиса (на 99% маточного молочка добавляют 1% экстракта прополиса); «Апитоник» – 2% маточного молочка, 4% пыльцы, 1% прополиса и 93% мёда; «Апифитотонус» – в этом препарате увеличено содержание пыльцы до 20%; «Апиток» – 2% маточного молочка, 1% прополиса и мёд; «Апимин В» содержит смесь маточного и трутневого молочка; «Апифор» – мазь для наружного применения, содержит прополис, маточное молочко и пергу; «Пропофарингит» – содержит мёд, прополис и маточное молочко.

В странах Европы, выпускают препараты, которые совместно с молочком пчел содержат также и различные растительные экстракты: в Германии – «Апифортель»; «Метадон», «Мелькацит» в Румынии; во Франции – «Аписерум»; в Болгарии – «Лакатис»; в Канаде – «Лонжевекс», в США используют для лечения супер концентрат маточного молочка – «Супер Стренгсройал Джелли». Высокая физиологическая активность и бактерицидные свойства этого продукта обусловила его массовое производство за рубежом (Nagai & Inoue, 2005; Shen et al., 2012).

По данным Кривцова, Лебедева Китай ежегодно производит более 1000 тонн, а Япония импортирует не менее 500 тонн маточного молочка в год как сырья для нужд пищевой, фармацевтической и косметической промышленности². В России крупной производственной базой, традиционно занимающейся получением маточного молочка в промышленных количествах, является Краснополянская опытная станция пчеловодства – филиал ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства» (г. Сочи). В Казахстане предприятие крестьянского хозяйства «Пасека» производит свыше 200 тонн готовой пчелопродукции в год. Продукция КХ «Пасека» поступает на прилавки не только Казахстана, но и России, Узбекистана, Китая. Но в целом, перечень отечественных препаратов в Казахстане весьма мал и составляет единицы наименований. Лидером же по употреблению маточного молочка, несомненно, является Япония. Там существуют программы по обеспечению маточным молочком детей и пожилых людей бесплатно. По данным The Micronutrient Initiative (США) обогащение пищи биологически активными веществами позволяет: предотвратить четыре из десяти детских смертей, снизить материнскую смертность более, чем на треть, повысить работоспособность на 40%, увеличить валовой продукт страны на 5%. Направление профилактической медицины и пищевой биотехнологии, в 21 веке создаст реальные предпосылки увеличения средней продолжительности жизни, длительного сохранения физического и духовного здоровья (Марданлы & Помазанов, 2018).

В результате исследования маточного молочка в нем обнаружен набор из 20 стандартных аминокислот, а также витамины группы В, Е, С и другие (Скорбина & Трубина, 2018). Современная медицина считает, что на 85% состояние нашего здоровья зависит от питания, но не просто от употребления любой пищи, а от витаминизированной пищи (Коркуленко, 2014)

Цель работы. Отработать оптимальные технологические режимы и приемы производства сырья для новых биологически активных добавок, позволяющие максимально сохранить пищевую и биологическую ценность сырья и готовых продуктов.

Задачи исследований: (1) Обосновать выбор сырья с целью конструирования биологически активных добавок на основе продуктов пчеловодства. (2) Провести оценку пищевой и биологической

² Кривцов, Н. И., & Лебедев, В. И. (2021). *Пчеловодство: Учебное пособие*. СПб.: Лань.

ценности разработанных видов сырья для приготовления БАД.

Научная новизна работы: (1) Разработана новая технология получения и хранения нативного маточного молочка и гомогенна трутневого расплода, а также предложена более эффективная технология получения адсорбированных продуктов пчеловодства; (2) Установлен химический состав, пищевая и биологическая ценность отечественных продуктов пчеловодства (маточного молочка, гомогената трутневых личинок). (3) Проведено обоснование выбора сырья с целью разработки биологически активных добавок к пище специализированного назначения.

Материалы и методы исследования

Материалы

Трутневые личинки

Трутни (мужские особи) - одна из составляющих сложного организма пчелиной семьи, развивающиеся из неоплодотворенных яиц, откладываемых маткой в специальные (трутневые) ячейки. Выяснив, что ценны не сами трутни, а их личинки, можно разработать целую технологию безотходного производства, вырезая соты с «лишними» трутневыми личинками – трутневым расплодом.

Технология получения трутневого расплода начинается осенью или весной, когда в пчелиные семьи подставляют 1-2 трутневых сота, заполненных медом или используя строительные рамки с трутневой вощиной.

Маточное молочко

Натуральное маточное молочко белого или слабо кремового цвета, со слегка жгучим кисловатым вкусом, специфическим запахом, сметанообразной консистенции. Одной из основных проблем в технологии производства маточного молочка является выбор наиболее эффективного способа формирования семей-воспитательниц (Брандорф & Ивойлова, 2018), а также технология хранения.

Оборудование

При выполнении НИР было использовано следующее оборудование: Хроматограф Жидкостный Waters 1525 HPLC; гомогенизатор

ULTRA-TURRAXT25 basic;отсасыватель ОХ-10;pH-метр универсальной фирмы Сартorius марки РВ-11; Лабораторные весы ВК-1500.1; Рефрактометр ИРФ-454 Б2М; Баня водяная RE300DB цифровая.

Методы исследования

Получение маточного молочка производится в лабораторных условиях при соблюдении стерильности в помещении, температурного режима в пределах 25-30°C и влажности не более 70%. Шпателем из мисочек достаются личинки маток, а оставшееся маточное молочко высасывают специальным насосом. Затем процесс получения маточников повторяется, после чего ячейки маточников вновь крепят к прививочным рамкам и помещают в ульи семей-воспитательниц. При изъятии маточного молочка предполагается наличие в лаборатории всех необходимых инструментов для подсадки личинок и изъятия маточного молочка из ячеек, а также холодильного оборудования для хранения и переноса полученного продукта.

С целью определения сроков хранения маточного молочка часть маточников помещается в морозильную камеру с температурой - 20°C для хранения. Через каждые 3 месяца (ГОСТ 28888-2017 Межгосударственный стандарт молочко маточное пчелиное)³ проводятся анализы по определению качества маточного молочка. Исследуется витаминный и аминокислотный состав полученного маточного молочка и соответственно сроков хранения с целью использования метода заморозки.

Адсорбцию маточного молочка проводят двумя способами:

- первый способ – традиционный с использованием смеси лактозы и глюкозы в соотношении (маточное молочко: смесь лактозы и глюкозы) 1:4. После адсорбции полученный продукт помещается в стерильные стеклянные флаконы для хранения при комнатной температуре;
- во втором способе лактозу с глюкозой заменяют сухим медом также в соотношении 1:4. Сухой мед – обладает всеми полезными свойствами жидкого меда, но представляет собой порошок, полученный по особой технологии.

Исследования маточного молочка и гомогената трутневого расплода проводят в лаборатории

³ ГОСТ 28888-2017. (2017). *Молочко маточное пчелиное. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

ТОО «Казахского научно-исследовательского института перерабатывающей и пищевой промышленности», в аккредитованной лаборатории ТОО «Нутритест» и в лаборатории Восточно-Казахстанского научно-исследовательского института сельского хозяйства (отдел пчеловодства) согласно ГОСТ 28888-2017 Межгосударственный стандарт молочко маточное пчелиное⁴ и ГОСТ 31767-2012 Молочко маточное пчелиное адсорбированное⁵.

Процедура исследования

Технология получения трутневых личинок

Трутневый расплод получали по отработанной нами технологии (Колосова, 2003, Гришина & Генгин, 2016). Использовали трутневые личинки в возрасте 5-9 дней. Вместе с личинками при извлечении их из ячеек попадает личиночный корм (маточное молочко и пыльца с медом).

Трутневые личинки после извлечения из сотов подвергали гомогенизации. Гомогенизацию личинок проводили с помощью бесшумного гомогенизатора марки ULTRA-TURRAXT25 basic, диапазон скорости которого от 5000 до 26000 об/мин. Насадки изготовлены из нержавеющей стали V4A. При получении ГТР строго соблюдали санитарно-гигиенические требования.

Технология получения адсорбированного гомогената трутневого расплода

Схема производства адсорбированного гомогената трутневого расплода включает в себя следующие технологические этапы:

1. Сбор трутневых личинок
2. Гомогенизация
3. Фильтрация
4. Адсорбция
5. Закладка на хранение

В фарфоровую ступку помещали одну часть гомогената, добавляли 4 части адсорбента (по массе). В качестве адсорбента применяли смесь лактозы (97%) и глюкозы (3%), высушенную предварительно в сушильном шкафу при $t = 100 \pm 5$ °C в течение двух часов и тщательно растирали. Полученный продукт подвергали сушке с помощью



Рисунок 1. Трутневые личинки

вакуумной установки, состоящей из отсасывателя ОХ-10 и вакуумного эксикатора.

В основе лиофильной сушки используется свойство сублимации льда - испарение влаги, минуя жидкое состояние. Влажную массу, полученную после адсорбирования, тонким слоем раскладывали в чашки Петри и помещали в морозильную камеру на 18 часов при температуре -15 – -18 °C. Замороженный продукт ставили в предварительно охлажденный льдом вакуум – эксикатор, подключали к отсасывателю, с помощью которого получали вакуум $-0,98$ кг/см³. Сушку проводили в течение двух дней по 2 часа с периодическим замораживанием. После удаления большей части влаги адсорбированный продукт досушивали в сушильном шкафу при температуре $+37$ °C. Процесс сушки длился в течение 1,5 часов. Остаточная влажность составила 1,5-2%. Полученный сухой продукт растирали в ступке до порошкообразного состояния.

Технология получения маточного молочка

Одной из основных проблем в технологии производства маточного молочка является выбор наиболее эффективного способа формирования семей-воспитательниц (Осинцева, 2021а). Для получения маточного молочка испытано несколько вариантов формирования семей-воспитательниц: с полным осиротением, частичным осиротением и без осиротения⁶.

При третьем способе использовали улей-лежак. Улей лежак перегораживался перегородками на 3 отсека, разделенными диафрагмами, в которых вмонтирован блок ганимановской решетки площадью в 16 ячеек. В правой и левой его частях нахо-

⁴ Там же.

⁵ ГОСТ 31767-2012. (2013). Молочко маточное пчелиное адсорбированное. М.: Стандартинформ

⁶ Юмагузин, Ф. Г., Туктаров, В. Р., Гиниятуллин, М. Г., & Саттаров В. Н. (2020). Основы пчеловодства: Учебное пособие. Уфа: Башкирский ГАУ.

дились пчелиные семьи с плодовыми пчелиными матками. В средней части, имеющей свой леток, формируется семья воспитательница без матки с открытым и печатным расплодом. Для получения маточного молочка используются молодые пчёлы кормилицы, выведенные в среднем отсеке улья лежачка. Натуральное маточное молочко белого или слабо кремового цвета, со слегка жгучим кисловатым вкусом, специфическим запахом, сметанообразной консистенции.

Технология хранения маточного молочка

Для разработки способов хранения маточного молочка часть маточников была помещена в морозильную камеру с температурой -20°C для хранения. Через каждые 3 месяца (ГОСТ 28888-2017 Межгосударственный стандарт молочко маточное пчелиное) проводятся анализы по определению качества маточного молочка и соответственно сроков хранения с целью использованием метода заморозки.

Второй метод хранения маточного молочка – это адсорбция. Адсорбцию маточного молочка проводили двумя способами.

Первый способ – традиционный с использованием смеси лактозы и глюкозы в соотношении (маточное молочко: смесь лактозы и глюкозы) 1:4. После адсорбции получили сухой порошок белого цвета с желтым оттенком, слегка жгучим вкусом и остаточной влажностью 5%. Порошок помещен в стерильные стеклянные флаконы для хранения при комнатной температуре.

Во втором способе лактоза с глюкозой были заменены сухим медом также в соотношении 1:4. Сухой мед – обладает всеми полезными свойствами жидкого меда, но представляет собой порошок, полученный по особой технологии. Анализы проводили согласно ГОСТ 31767-2012 Молочко маточное пчелиное адсорбированное.

Результаты

Итог 1

Для получения гомогената использовали трутневые личинки в возрасте 5-9 дней. Вместе с личинками при извлечении их из ячеек попадает личиночный корм (маточное молочко и пыльца с медом). В конечном счете, личиночный корм не ухудшает качество сырья и определяет количество в нем деценовых кислот (деценовые кислоты об-

ладают противомикробным и противоопухолевым действием, стимулируют рост и развитие), о чем свидетельствует показатель окисляемости. Установлена следующая закономерность: чем больше молодых личинок, тем больше извлекаемого вместе с личинками корма, тем выше количество деценовых кислот и тем меньше показатель окисляемости. Исходя из литературных источников, а также в процессе работы нами установлено, что ГТР – быстро портящийся продукт. ГТР представлял собой непрозрачную эмульсию слабо-кремового цвета со специфическим запахом. Проведя физико-химические исследования нативного ГТР (исследовано 10 образцов), получили следующие результаты (Таблица 2).

Таблица 2

Физико-химические показатели нативного ГТР

Показатели	Среднее значение	Пределы колебаний
Массовая доля воды, %	76,8	75,5-79,8
Массовая доля сухих веществ, %	23,2	20,2-24,5
Окисляемость, сек	9,17	7,0-12,0
Массовая доля деценовых кислот, % от сухого вещества	2,82	1,23-4,47

Итог 2

Результаты по получению маточного молочка в семьях – воспитательницах, сформированных разными способами (Таблица 3). Для подготовки восковых мисочек был применён способ отливки восковых мисочек в силиконовые формы. В нашем эксперименте сама мисочка и впоследствии маточник используется как контейнер и в нём же происходит замораживание маточного молочка.

Нами также была доработана рамка планка, где маточники крепились в пазы без приклеивания воском. За весь период сбора маточного молочка в средней части улья лежачка пчелиные матки, находящиеся в улье с правой и с левой стороны продолжали полноценно работать. Рамки, которые освобождались от расплода, пчелиная семья воспитательница заливала мёдом.

С целью определения сроков хранения маточного молочка часть маточников была помещена в морозильную камеру с температурой -20°C для хранения. Через каждые 3 месяца (ГОСТ 28888-2017 Межгосударственный стандарт молочко маточное пчелиное) будут проводиться анализы по определению качества маточного молочка и соответственно сроков хранения с целью использо-

Таблица 3
Результаты получения маточного молочка

Способы формирования семьи–воспитательницы	Кол-во привитых личинок на воспитание	Кол-во принятых личинок на воспитание	Средний вес маточника с маточным молочком, г
Формирование семьи–воспитательницы с осиротением	75	35	0,74
Формирование семьи –воспитательницы с частичным осиротением	75	48	0,93
Формирование семьи–воспитательницы без осиротения	75	62	1,1

ванием метода заморозки. Адсорбцию маточного молочка проводили двумя способами.

Таблица 4
Витаминный и аминокислотный состав маточного молочка

Наименование показателей, единицы измерения	Фактически получено
Витамины, в 100 г.:	мг/100 г.
Витамин А, мг	0,73±0,04
Витамин D ₃ , мг	0,086±0,004
Витамин Е, мкг	63,7±3,2
Витамин В ₁ , мг	0,86±0,04
Витамин В ₂ , мг	1,43 ± 0,07
Витамин В ₃ (РР), мг	6,34 ± 0,32
Витамин В ₅ , мг	8,72 ± 0,44
Витамин В ₆ , мг	3,34 ± 0,17
Витамин В ₉ , мкг	46,0 ± 2,3
Витамин С, мг	1,213±0,061
Аминокислотный состав	мг/г
Серин	10,55±105,52
Гистидин	4,9±48,99
Глицин	7,91±79,14
Аргинин	5,15±51,5
Аланин	5,4±54,02
Тирозин	4,9±48,99
Цистеин	1,63±16,33
Валин	10,04 ± 100,50
Изолейцин	4,01 ± 40,20
Лейцин	12,18 ±121,85
Метионин	3,01 ± 30,15
Треонин	5,90 ± 59,04
Триптофан	1,63 ± 16,33
Фенилаланин	2,76 ± 27,64
Лизин	6,28 ± 62,81
Аспаргиновая кислота	9,42 ± 94,22
Глутаминовая кислота	4,89 ± 49,99

В ходе проведения научно-исследовательской работы через 3 месяца хранения замороженных маточников при t -20°C был исследован витаминный и аминокислотный состав полученного маточного молочка (исследовано 10 образцов). В результате, обнаружены следующие витамины группы В – В₂, В₃, В₅, В₆, В₉, которые играют важную роль в укреплении защитных сил организма, принимают активное участие в росте мышц, работе всех клеток, получении энергии, нормализуют работу нервной и сердечнососудистой систем, способствуют снижению уровня депрессии и улучшению настроения. Также обнаружены витамины Е и С.

Кроме того, из 20 обычно определяемых стандартных аминокислот в исследуемых образцах маточного молочка, обнаружены 18, в том числе наиболее важных для организма человека 8 незаменимых аминокислот, не синтезирующихся в организме человека. Это валин, изолейцин, лейцин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин, лизин, что доказывает высокую биологическую ценность этого продукта (Таблица 4).

Обсуждение полученных результатов

Для получения трутневого гомогената мы использовали только молодые трутневые личинки в возрасте 5-9 дней. Поэтому вместе с личинками при извлечении их из ячеек попадает личиночный корм (маточное молочко и пыльца с медом). В результате была установлена следующая закономерность: чем больше молодых личинок, тем больше извлекаемого вместе с личинками корма, тем выше количество деценовых кислот и тем меньше показатель окисляемости. По литературным данным из трутневых личинок (Митрофанов и др., 2021) также получают порошки следующим образом: измельченные личинки растирают со смесью лактозы и глюкозы. Полученную массу сушат.

В нашей работе мы ускорили процесс сушки. Полученный продукт подвергали сушке с помощью вакуумной установки, состоящей из отсасывателя ОХ-10 и вакуумного эксикатора. Сушку проводили в течение двух дней по 2 часа с периодическим замораживанием. В результате остаточная влажность составила 1,5-2%. Таким образом, мы получили качественный продукт, готовый к употреблению или к использованию для получения БАД.

Согласно литературным источникам (Быков, 2020), существуют различные способы формирования семьи-воспитательницы для постановки личинок на воспитание. В случае с частичным и полным осиротением необходимо найти матку, сделать временный отводок на плодной матке на период сбора маточного молочка и, таким образом, мы выключаем пчелиную матку из общей работы. Стресс, который испытывает пчелиная семья это нежелательный фактор для продуктивной работы. Семья – воспитательница, сформированная по третьему методу (с полным осиротением), это щадящий метод по сбору маточного молочка. Оборот рамок с расплодом, который приходится делать в улье лежаке – это циклический процесс который может быть предложен в качестве рекомендации для товарных пасек. Наличие в улье двух плодных маток позволяет в серединной части содержать 7–9 рамок разновозрастного расплода и так же одну с маточниками по 15 маточников на планке.

При сборе маточников вес молочка, полученного в семье без осиротения, был достоверно выше. Оборот рамок с расплодом, который приходится делать в улье лежаке – это циклический процесс который может быть предложен в качестве рекомендации для товарных пасек. Данный метод может быть рекомендован для кочевых пасек, так как он вполне может стать основой получения маточного молочка в промышленных масштабах. Таким образом, разработанная технология производства маточного пчелиного молочка при формировании семьи-воспитательницы без осиротения может быть использована в полевых условиях для использования в промышленном производстве.

При разработке способов хранения маточного молочка нами предложено несколько способов. В нашем эксперименте сама мисочка и впоследствии маточник используется как контейнер и в нём же происходит замораживание маточного молочка. В данном случае молочко мы не достаём из маточника, это положительно отражается на качестве молочка, нет фактора окисления.

В ходе проведения научно-исследовательской работы через 3 месяца хранения замороженных маточников при $t = -20^{\circ}\text{C}$ был исследован витаминный и аминокислотный состав полученного маточного молочка. В результате, обнаружены следующие витамины группы В- В₂, В₃, В₅, В₆, В₉, которые играют важную роль в укреплении защитных сил организма, принимают активное участие в росте мышц, работе всех клеток, получении энергии, нормализуют работу нервной и сердечно-сосудистой систем, способствуют снижению уровня депрессии и улучшению настроения. Также обнаружены витамины Е и С.

Кроме того, из 20 обычно определяемых стандартных аминокислот в исследуемых образцах маточного молочка обнаружены 18, в том числе наиболее важных для организма человека 8 незаменимых аминокислот, не синтезирующихся в организме человека. Это валин, изолейцин, лейцин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин, лизин, что доказывает высокую биологическую ценность этого продукта (Таблица 2). По результатам исследования ученых (Лысыков, 2012) одной из значимой незаменимой аминокислотой является лейцин. Среднее значение его должно составлять 9,0–10,6 мг/г. В нашем образце этот показатель составил 12,18 мг/г. Это указывает на то, что после трех месяцев хранения замороженных маточников при $t = -20^{\circ}\text{C}$ маточное молочко не потеряло своих ценных биологических качеств.

Следующий способ хранения маточного молочка – это адсорбция. В традиционном способе адсорбции маточного молочка используется в качестве адсорбента смесь лактозы и глюкозы. В нашем эксперименте вместо лактозы и глюкозы мы использовали сухой мед также в соотношении 1:4. Сухой мед – обладает всеми полезными свойствами жидкого меда, но представляет собой порошок, полученный по особой технологии. Анализы проводили согласно ГОСТ 31767-2012 Молочко маточное пчелиное адсорбированное. В результате получили порошок с коричневым оттенком, который может использоваться как самостоятельно, так и для изготовления БАД.

Выводы

Таким образом, нами разработана новая технология получения и хранения нативного маточного молочка и гомогената трутневого расплода, а также предложена более эффективная технология получения адсорбированных продуктов пчеловодства: (1) Установлен химический состав, пищевая

и биологическая ценность отечественных продуктов пчеловодства (маточного молочка, гомогената трутневого расплода); (2) Проведено обоснование выбора сырья с целью разработки биологически активных добавок к пище специализированного назначения.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность КХ СПЦ «Русские пчёлы» за содействие в проведении научно-исследовательских работ, а также редакционной коллегии журнала за оказание помощи в публикации статьи.

Финансирование

Материалы подготовлены в рамках выполнения проекта «Разработка технологии производства и переработки маточного пчелиного молочка для пищевой промышленности» в рамках научно-технической программы BR10764970 «Разработка наукоемких технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья в целях расширения ассортимента и выхода готовой продукции с единицы сырья, а также снижения доли отходов в производстве продукции» бюджетной программы 267 «Повышение доступности знаний и научных исследований» подпрограмма 101 «Программно-целевое финансирование научных исследований и мероприятий» Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы.

Литература

Брандорф, А. З., & Ивойлова, М. М. (2018). Влияние экологических факторов на критерии качества маточного молочка. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*, 1, 19-26. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.19-26>

Брандорф, А. З., & Лебедева, В. И. (2019). *Современные проблемы пчеловодства и апите- рания*. Рыбное: ФНЦ пчеловодство.

Брандорф, А. З., Ивойлова, М. М., Янбо, Х., & Хинган, Л. (2014). Качество маточного молочка у пчел разного происхождения. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*, 2, 58.

Быков, А. Р. (2020). Влияние семьи-воспитательницы на хозяйственно-биологические и это- логические характеристики маток медоносной пчелы. *Самарский научный вестник*, 9(2), 32-35. <https://doi.org/10.17816/snv202105>

Волкотруб, Л. П., & Сейфутдинова, Г. Б. (2000). Гигиенические проблемы питания населения

в современных условиях. В *Реализация кон- центрации государственной политики в об- ласти здорового питания населения России: Материалы Всероссийского научно-практиче- ского семинара* (с. 35-40). Томск.

Гришина, Ж. В., & Генгин, М. Т. (2016). Исследование белков и пептидов в личинках трутнево- го расплода на разных стадиях развития. *Естественные науки. Биология*, 3, 57-61. <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2016-3-6>

Ивашевская, Е. Б., & Рязанова, О. А. (2021). *Экспертиза продуктов пчеловодства. Качество и безопасность*. СПб.: Лань.

Илларионова, Е. А., & Сыроватский, И. П. (2020). *Биологически активные и пищевые добавки. Оценка эффективности безопасности*. Иркутск: ИГМУ.

Колосова, С. Ф. (2003). Перспективы использования гомогената трутневых личинок. В *Наука и образо- вание – ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2030»: Материалы Международной научной конфе- ренции* (с. 288-290). Караганда: КГТУ.

Коркуленко, И. Т. (2014). *Маточное молочко*. М.: Метафора.

Кочетов, А. С., & Маннапов, А. Г. (2020). *Пчеловодство*. СПб.: Лань.

Лазебный, А. (2012). *Пчелиная аптека*. М.: Феникс.

Лысиков, Ю. А. (2012). *Аминокислоты в питании человека*. М.: Институт питания РАМН.

Маннапов, А. Г., & Хоружий, Л. И. (2015). *Технология производства продукции пчеловодства по зако- нам природного стандарта*. М.: Проспект.

Марданлы, С. Г., & Помазанов, В. В. (2018). Биологическая активность компонентов пче- линого маточного молочка и пчелиного яда. *Pharmacy & Pharmacology*, 6(5), 419-439. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2018-6-5-419-439>

Митрофанов, Д. В., Будникова, Н. В., & Бран- дорф, А. З. (2021). Применение трутневого рас- плода в рациональном питании и апите- рании. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*, 22(2), 188-203. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.188-203>

Осинцева, Л. А. (2021а). *Технология получения про- дуктов пчеловодства*. СПб.: Лань.

Осинцева, Л. А. (2021б). *Технология, стандартиза- ция, показатели качества и безопасности про- дукции пчеловодства*. СПб.: Лань.

Оттавей, П. Б. (2010). *Обогащение пищевых про- дуктов и биологически активные добавки*. СПб.: Профессия.

Пилат, Г. Л., & Иванов, А. А. (2002). *Биологически активные добавки к пище: Теория, производство, применение*. М.

Позняковский, В. М., & Дроздова, Т. М. (2018). *Физиология питания*. СПб.: Лань.

- Позняковский, В. М., & Чугунова, О. В. (2021). *Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки*. М.: Инфа-М.
- Прохода, И. А. (2000). Влияние внешних факторов на биологическую активность гомогената трутневых личинок. В *Пчеловодство XXI век: Материалы Международной конференции* (с. 150-151). М.: Научно-исследовательский институт пчеловодства.
- Скорбина, Е. А., & Трубина, И. А. (2018). *Теоретические основы обогащения продуктов питания*. Ставрополь: СГАУ.
- Спиричев, В. Б., Шатнок, Л. Н., & Поздняковский, В. М. (2014). *Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами*. Саратов: Вузовское образование.
- Тутельян, В. А. (2001). Сбалансированное питание – основа процветания нации. В *Здоровое питание: Воспитание, образование, реклама: Материалы VI Всероссийской конференции* (с. 22-25). М.: БАД-Бизнес.
- Шаповалов, Г. А., & Каломенский, П. К. (2000). Разработка и внедрение прогрессивных технологий переработки продуктов пчеловодства. В *Пчеловодство XXI век: Материалы Международной конференции* (с. 158-160). М.
- Шарманов, Т. Ш. (2005). Роль биологически активных добавок к пище и функциональных продуктов в питании населения на современном этапе. В *Биологически активные добавки к пище и функциональные продукты питания – искоренение микронутриентной недостаточности: Материалы международной научно-практической конференции* (с. 9-14). Алматы: Паритет.
- Garcia, M. C., Finola, M. S., & Marioli, J. M. (2010). Antibacterial activity of royal jelly against bacteria capable of infecting cutaneous wounds. *Journal of ApiProduct & ApiMedical Science*, 2(3), 93-99. <https://doi.org/10.3896/IBRA.4.02.3.02>
- Nagai, T., & Inoue, R. (2005). Preparation and the functional properties of water extract and alkaline extract of royal jelly. *Food Chemistry*, 84(2), 181-186. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00198-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00198-5)
- Ramadan, M. F., & Al-Ghamdi, A. (2012). Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *Journal of Functional Foods*, 4, 39-52. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.12.007>
- Romanelli, A., Moggio, L., Montella, R. C., Campiglia, P., Iannaccone, M., Capuano, F., Pedone, C., Capparelli, R. (2011). Peptides from royal jelly: Studies on the antimicrobial activity of jelleins, jelleins analogs and synergy with temporins. *Journal of Peptide Science*, 17(5), 348-352. <https://doi.org/10.1002/psc.1316>
- Sabatini, A. G., Marcazzan, G. L., Caboni, M. F., Bogdanov, S., & de Almeida-Muriadian, L. B. (2009). Quality and standardisation of royal jelly. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 1, 1-6. <https://doi.org/10.3896/IBRA.4.1.01.04>
- Shen, L., Liu, D., Li, M., Jin, F., Din, M., Parnell, L. D., & Lai, C. Q. (2012). Mechanism of action of recombinant Acc-Royalisin from royal jelly of Asian honeybee against gram-positive bacteria. *Plos One*, 7, Article 0047194. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047194>

Development of a Technology for Obtaining and Evaluating the Effectiveness of Bee Products for the Creation of Biologically Active Additives

Svetlana F. Kolosova

*Non-profit joint-stock company "Sarsen
Amanzholov East Kazakhstan University»
72, Krylova street, Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan
E-mail: kolosova-1952@mail.ru*

Lazat B. Umiraliyeva

*LLP "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry"
238G Gagarin Ave., Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan
E-mail: l.umiraliyeva@rpf.kz*

Irina V. Kashkarova

*Non-profit joint-stock company "Sarsen
Amanzholov East Kazakhstan University»
72, Krylova street, Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan
E-mail: kashkarova_0112@mail.ru*

Akniet T. Ibraikhan

*LLP "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry"
238G Gagarin Ave., Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan.
E-mail: ibraikhan.akniet0195@mail.ru*

Danil O. Krupsky

*LLP "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry"
238G Gagarin Ave., Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan
E-mail: krupskiy.95@gmail.com*

The article presents the results on the receipt and storage of raw materials (drone larvae and royal jelly) for new biologically active additives, which allow maximum preservation of the nutritional and biological value of raw materials and finished products. The problem is that both of these products cannot be stored in an unprocessed form; they lose their properties in the open air after a few hours. The purpose of our work is to develop new technologies for obtaining and storing royal jelly and drone larvae homogenate. To obtain a drone homogenate, in contrast to the traditional technology, where open and printed drone brood is used, we used only young drone larvae at the age of 5-9 days. In this case, along with the larvae, when they are removed from the cells, larval food (royal jelly and pollen with honey) enters, which does not impair the quality of the raw material and determines the amount of decenoic acids in it. We also accelerated the process of adsorption of the drone brood homogenate (HGR) up to two days. As a result, the residual moisture content of the finished product was 1.5-2%. Thus, we have received a quality product (adsorbed GAD), ready for consumption or for use in obtaining dietary supplements. Upon receipt of royal jelly, the method of forming a family-caregiver in a hive-lounger without orphaning was used. Unlike traditional methods (with partial and complete orphanage), this is a gentle method and a cyclical process for the collection of royal jelly, which can be offered as a recommendation for commercial apiaries. When developing methods for storing royal jelly, the bowl itself and subsequently the mother liquor is used as a container, and royal jelly is frozen in it. In this case, we do not take the milk out of the mother liquor, this has a positive effect on the quality of the milk, there is no oxidation factor when transferring the product to a glass container. In our work, when adsorbing royal jelly, instead of lactose and glucose, we used dry honey in a ratio of 1:4, since dry honey has all the beneficial properties of liquid honey, but is a powder obtained using a special technology. As a result, a powder with a brown tint was obtained, which can be

used both independently and for the manufacture of dietary supplements. The study of royal jelly and drone brood homogenate was carried out in a specialized laboratory.

Keywords: drone homogenate, royal jelly, technology, chemical composition, adsorption

References

- Brandorf, A. Z., & Ivoilova, M. M. (2018). Vliyanie ekologicheskikh faktorov na kriterii kachestva matochnogo molochka [Influence of environmental factors on the quality criteria of royal jelly]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka [Agricultural science of the Euro-North-East]*, 1, 19-26. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.19-26>
- Brandorf, A. Z., & Lebedeva, V. I. (2019). *Sovremennyye problemy pchelovodstva i apiterapiya [Modern problems of beekeeping and apitherapy]*. Rybnoe: FNTs pchelovodstvo.
- Brandorf, A. Z., Ivoilova, M. M., Yanbo, Kh., & Khingan, L. (2014). Kachestvo matochnogo molochka u pchel raznogo proiskhozhdeniya [The quality of royal jelly in bees of different origin]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka [Agricultural science of the Euro-North-East]*, 2, 58.
- Bykov, A. R. (2020). Vliyanie sem'i-vospitatel'nitsy na khozyaistvenno-biologicheskie i etologicheskie kharakteristiki matok medonosnoi pchely [The Influence of the Host Family on the Economic, Biological and Ethological Characteristics of Honeybee Queens]. *Samarskii nauchnyi vestnik [Samara Scientific Bulletin]*, 9(2), 32-35. <https://doi.org/10.17816/snv202105>
- Grishina, Zh. V., & Gengin, M. T. (2016). Issledovanie belkov i peptidov v lichinkakh trutneвого расплода na raznykh stadiyakh razvitiya [Study of proteins and peptides in drone brood larvae at different stages of development]. *Estestvennye nauki. Biologiya [Natural Sciences. Biology]*, 3, 57-61. <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2016-3-6>
- Illarionova, E. A., & Syrovatskii, I. P. (2020). *Biologicheski aktivnye i pishchevye dobavki. Otsenka effektivnosti bezopasnosti [Biologically active and nutritional supplements. Safety performance evaluation]*. Irkutsk: IGMU.
- Ivashevskaya, E. B., & Ryazanova, O. A. (2021). *Ekspertiza produktov pchelovodstva. Kachestvo i bezopasnost' [Examination of bee products. Quality and safety]*. S-Petersburg: Lan'.
- Kochetov, A. S., & Mannapov, A. G. (2020). *Pchelovodstvo [Beekeeping]*. S-Petersburg: Lan'.
- Kolosova, S. F. (2003). Perspektivy ispol'zovaniya gomogenata trutnevyykh lichinok [Prospects for the use of drone larvae homogenate]. In *Nauka i obrazovanie – vedushchii faktor strategii "Kazakhstan – 2030": Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii [Science and education - the leading factor of the strategy "Kazakhstan – 2030": Proceedings of the International Scientific Conference]* (pp. 288-290). Karaganda: KGTU.
- Korkulenko, I. T. (2014). *Matochnoe molochko [Royal Jelly]*. Moscow: Metafora.
- Lazebnyi, A. (2012). *Pchelinaya apteka [Bee pharmacy]*. Moscow: Feniks.
- Lysikov, Yu. A. (2012). *Aminokisloty v pitanii cheloveka [Amino acids in human nutrition]*. Moscow: Institut pitaniya RAMN.
- Mannapov, A. G., & Khoruzhii, L. I. (2015). *Tekhnologiya proizvodstva produktsii pchelovodstva po zakonam prirodnogo standarta [Technology for the production of bee products according to the laws of the natural standard]*. Moscow: Prospekt.
- Mardanly, S. G., & Pomazanov, V. V. (2018). *Biologicheskaya aktivnost' komponentov pchelinogo matochnogo molochka i pchelinogo yada [Biological activity of the components of royal jelly and bee venom]*. *Pharmacy & Pharmacology*, 6(5), 419-439. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2018-6-5-419-439>
- Mitrofanov, D. V., Budnikova, N. V., & Brandorf, A. Z. (2021). *Primenenie trutneвого расплода v ratsional'nom pitanii i apiterapii [The use of drone brood in rational nutrition and apitherapy]*. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka [Agricultural science of the Euro-North-East]*, 22(2), 188-203. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.188-203>
- Osintseva, L. A. (2021a). *Tekhnologiya polucheniya produktov pchelovodstva [Technology for obtaining bee products]*. S-Petersburg: Lan'.
- Osintseva, L. A. (2021b). *Tekhnologiya, standartizatsiya, pokazateli kachestva i bezopasnosti produktsii pchelovodstva [Technology, standardization, indicators of quality and safety of bee products]*. S-Petersburg: Lan'.
- Ottavei, P. B. (2010). *Obogashchenie pishchevykh produktov i biologicheski aktivnye dobavki [Food fortification and dietary supplements]*. S-Petersburg: Professiya.
- Pilat, G. L., & Ivanov, A. A. (2002). *Biologicheski aktivnye dobavki k pishche: Teoriya, proizvodstvo, primeneniye [Biologically active food supplements: Theory, production, application]*. Moscow.
- Poznyakovskii, V. M., & Chugunova, O. V. (2021). *Pishchevye ingredienty i biologicheski aktivnye dobavki [Food Ingredients and Dietary Supplements]*. Moscow: Infa-M.
- Poznyakovskii, V. M., & Drozdova, T. M. (2018). *Fiziologiya pitaniya [Physiology of nutrition]*. S-Petersburg: Lan'.

- Prokhoda, I. A. (2000). Vliyanie vneshnikh faktorov na biologicheskuyu aktivnost' gomogenata trutnevnykh lichinok [The influence of external factors on the biological activity of the drone larvae homogenate]. In *Pchelovodstvo KhKh1 vek: Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii [Beekeeping 21st century: Proceedings of the International Conference]* (pp. 150-151). Moscow: Nauchno-issledovatel'skii institut pchelovodstva.
- Shapovalov, G. A., & Kalomenskii, P. K. (2000). Razrabotka i vnedrenie progressivnykh tekhnologii pererabotki produktov pchelovodstva [Development and implementation of advanced technologies for processing bee products]. In *Pchelovodstvo XXI vek: Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii [Beekeeping 21st century: Proceedings of the International Conference]* (pp. 158-160). Moscow.
- Sharmanov, T. Sh. (2005). Rol' biologicheskii aktivnykh dobavok k pishche i funktsional'nykh produktov v pitanii naseleniya na sovremennom etape [The role of biologically active food supplements and functional products in the nutrition of the population at the present stage]. In *Biologicheski aktivnye dobavki k pishche i funktsional'nye produkty pitaniya – iskorenenie mikronutrientnoi nedostatochnosti: Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Biologically active food supplements and functional foods - the eradication of micronutrient deficiencies: Proceedings of the international scientific and practical conference]* (pp. 9-14). Almaty: Raritet.
- Skorbina, E. A., & Trubina, I. A. (2018). *Teoreticheskie osnovy obogashcheniya produktov pitaniya [Theoretical Foundations of Food Fortification]*. Stavropol': SGAU.
- Spirichev, V. B., Shatnok, L. N., & Pozdnyakovskii, V. M. (2014). *Obogashchenie pishchevykh produktov vitaminami i mineral'nymi veshchestvami [Fortification of food with vitamins and minerals]*. Saratov: Vuzovskoe obrazovanie.
- Tutel'yan, V. A. (2001). Sbalansirovannoe pitanie – osnova protsvetaniya natsii [Balanced nutrition is the basis of the prosperity of the nation]. In *Zdorovoe pitanie: Vospitanie, obrazovanie, reklama: Materialy VI Vserossiiskoi konferentsii [Healthy nutrition: Upbringing, education, advertising: Materials of the 6th All-Russian Conference]* (pp. 22-25). Moscow: BAD-Biznes.
- Volkotrub, L. P., & Seifutdinova, G. B. (2000). Gigienicheskie problemy pitaniya naseleniya v sovremennykh usloviyakh [Hygienic problems of nutrition of the population in modern conditions]. In *Realizatsiya kontsentratsii gosudarstvennoi politiki v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya Rossii: Materialy Vserossiiskogo nauchno-prakticheskogo seminarara [Implementation of the concentration of state policy in the field of healthy nutrition of the population of Russia: Materials of the All-Russian scientific and practical seminar]* (pp. 35-40). Tomsk.
- Garcia, M. C., Finola, M. S., & Marioli, J. M. (2010). Antibacterial activity of royal jelly against bacteria capable of infecting cutaneous wounds. *Journal of ApiProduct & ApiMedical Science*, 2(3), 93-99. <https://doi.org/10.3896/IBRA.4.02.3.02>
- Nagai, T., & Inoue, R. (2005). Preparation and the functional properties of water extract and alkaline extract of royal jelly. *Food Chemistry*, 84(2), 181-186. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00198-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00198-5)
- Ramadan, M. F., & Al-Ghamdi, A. (2012). Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *Journal of Functional Foods*, 4, 39-52. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.12.007>
- Romanelli, A., Moggio, L., Montella, R. C., Campiglia, P., Iannaccone, M., Capuano, F., Pedone, C., Capparelli, R. (2011). Peptides from royal jelly: Studies on the antimicrobial activity of jelleins, jelleins analogs and synergy with temporins. *Journal of Peptide Science*, 17(5), 348-352. <https://doi.org/10.1002/psc.1316>
- Sabatini, A. G., Marcazzan, G. L., Caboni, M. F., Bogdanov, S., & de Almeida-Muriadian, L. B. (2009). Quality and standardisation of royal jelly. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 1, 1-6. <https://doi.org/10.3896/IBRA.4.1.01.04>
- Shen, L., Liu, D., Li, M., Jin, F., Din, M., Parnell, L. D., & Lai, C. Q. (2012). Mechanism of action of recombinant Acc-Royalisin from royal jelly of Asian honeybee against gram-positive bacteria. *Plos One*, 7, Article 0047194. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047194>

Биологически активные вещества плодов облепихи крушиновидной (*Hipporhae rhamnoides* L.) при хранении с применением различных способов консервации: обзор предметного поля

Тринеева Ольга Валерьевна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»
Адрес: 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1
E-mail: trineevaov@mail.ru

Облепиха крушиновидная (*Hipporhae rhamnoides* L.), произрастающая в диком виде и широко культивируемая на территории РФ выделяется стабильно высоким урожаем плодов и имеет важное значение в технологии пищевых производств, косметических средств, животноводстве, а также в фармацевтической промышленности. Комплекс биологически активных веществ (БАВ) плодов облепихи включает большое количество классов различных соединений. В данном обзоре предметного поля проведен анализ литературных данных (научные статьи в отечественных и зарубежных журналах, нормативная документация (НД), авторефераты диссертаций) за период с 1991 по 2021 гг с целью оценки стабильности БАВ и обоснования норм показателей качества при создании современной НД на плоды облепихи крушиновидной высушенные и замороженные с применением различных способов и температурных режимов консервации плодов (сушка и заморозка). Выявлены общие закономерности влияния способа консервации плодов облепихи крушиновидной на содержание в них комплекса веществ полифенольной природы, аминокислот, витамина С, каротиноидов и органических кислот. На основании систематизации Российских и мировых исследований по изучению динамики содержания БАВ в процессе хранения замороженных плодов рекомендованы сроки хранения – 9 месяцев в морозильной камере при температуре не выше -18 °С. Тепловая сушка относится к менее сберегающей технологии консервации БАВ в плодах. Однако, может быть применима с учетом достаточного остаточного количества БАВ и экономической рациональности применения данного способа в условиях ежегодного многотоннажного сбора и переработки плодов. Прогрессивные способы и приемы сушки и заморозки следует постепенно также внедрять в практику фармацевтических и пищевых производств.

Ключевые слова: облепиха крушиновидная, биологически активные вещества, стабильность, способ консервации, плоды

Введение

Облепиха крушиновидная (*Hipporhae rhamnoides* L.) – листопадные кустарники рода *Hipporhae* – одно из ценных растений, имеющее широкий ареал распространения на территории РФ (Золотарева и др., 1994; Золотарева и др., 2005; Карпова, 1999; Кислухина и др., 2003; Павлова и др., 2001; Arimboor & Arumughan, 2012; Bayraktar, 2013; Christaki, 2012; Yadav et al., 2019; Wanchao et al., 2009), возделываемые, в основном, в Европе, Северной Америке и Азии, и дающие стабильно высокий урожай плодов (ежегодный потенциал заготовок плодов превышает 3000 т). В настоящее время практически все части этого растения находят применение в различных областях промышленности: пищевой, космети-

ческой и фармацевтической. В животноводстве шрот плодов широко используется для обогащения кормов (Raffo et al., 2004; Rösch et al., 2004). Облепиху используют как в народной медицине для лечения кашля, улучшения пищеварения, активизации кровообращения и облегчения боли. Экстракты веток и листьев облепихи применяют для лечения желудочно-кишечного расстройства. Сырье облепихи также относится к экологически чистым, так известно, что данное растение не способно накапливать вредные экотоксиканты (Gutzeit et al., 2006; Heyen et al., 2020; Kim et al., 2010; Kashyap et al., 2020; Kumar et al., 2017; Nour et al., 2021; Sabir et al., 2005). Плоды облепихи пока не выпускаются в виде индивидуального лекарственного растительного сырья (ЛРС) в фильтр-пакетах и пачках различной расфасовки,

однако масляный экстракт плодов является как самостоятельным препаратом, так и составной частью некоторых комплексных лекарственных растительных препаратов (ЛРП) регенерирующего действия. Плоды облепихи крушиновидной являются официальным ЛРС. До настоящего момента не утверждена фармакопейная статья на плоды облепихи крушиновидной, несмотря на огромное количество работ по оценке ее биохимического и фармакологического потенциала, а также широкое применение в фармации основного продукта ее переработки – облепихового масла и ЛРП на его основе. Подготовленный проект ФС на данный вид сырья находится в стадии публичного обсуждения и вывешен на сайте МЗРФ (Государственная Фармакопея Российской Федерации. XIII изд.; Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд.).

Комплекс БАВ ЛРС облепихи насчитывает большое количество групп различных веществ (Золотарева и др., 2003; Золотарева и др., 2004; Золотарева, 2004; Солоненко и др., 1991; Терещук & Павлова, 2000; Фарзалиев и др., 2021; Кислухина, 2004; Тринеева и др., 2013а; Тринеева и др., 2013б; Тринеева и др., 2013в; Тринеева & Сливкин, 2016; Тринеева и др., 2016; Тринеева, 2016): витамины С и Е, каротины, ксантофиллы, полисахариды, белки с незаменимыми аминокислотами, органические кислоты, минеральные вещества, тритерпеноиды, полифенолы, пектины, жирное мало с полиненасыщенными жирными кислотами, фосфолипиды и воски. Экстракты плодов облепихи применяются против ожирения, проявляют антиоксидантное, противомикробное, противоульцерогенное, регенеративное, противодиабетическое и витаминное действие. На настоящий момент фармацевтической нормативной документацией (НД) закреплен способ хранения свежих плодов облепихи в бочках путем замораживания сроком до 6 месяцев. Высушенные плоды при использовании тепловой сушки по техническим условиям могут быть использованы в течение 2 лет. Вопросы длительности хранения ЛРС и ЛРП, к которому относятся плоды облепихи, по современным подходам, применяемым к стандартизации ЛРС, могут решаться с учетом экспериментальных данных по изучению стабильности БАВ в сырье. В связи с этим актуальным является изучение стабильности различных групп БАВ плодов облепихи крушиновидной при хранении с применением различных способов консервации с целью обоснования с научной точки зрения оптимальных режимов и сроков использования данного сырья.

Цель данного обзора: обобщение, систематизация и анализ исследований и материалов, посвященных стабильности различных групп БАВ плодов облепихи крушиновидной при хранении с применением различных способов и режимов консервации.

Материалы и методы исследования

Базы данных и временные рамки

В работе проведен обзор предметного поля по теме «Влияние различных способов консервации плодов облепихи крушиновидной на стабильность комплекса БАВ», обобщены и систематизированы данные по результатам исследований за последние 30 лет (с 1991 по 2021 гг) различных групп ученых как России, так и зарубежья. Дана оценка стабильности различных групп БАВ в плодах и даны ответы на поставленные вопросы:

- как влияет замораживание и высушивание на стабильность БАВ и минерального комплекса в плодах облепихи крушиновидной;
- как влияет замораживание и высушивание на показатели микробиологической чистоты данного сырья;
- какие сроки хранения следует считать оптимальными для сохранности ценных пищевых и фармакологических свойств плодов;
- какие прогрессивные способы консервации скоропортящегося сырья (такого, как сочные плоды) используются в настоящее время в фармацевтической и пищевой индустрии. Какие являются более предпочтительными.

Результаты анализа были представлены в виде таблиц и диаграмм для визуализации данных. Поиск источников литературы осуществлялся в базах данных Scopus и eLibrary.ru.

Критерии включения источников

Отбор источников для анализа реализовывался по ключевым словам: облепиха крушиновидная, способы консервации плодов, стабильность биологически активных веществ в плодах, сушка, заморозка. Анализировались источники за последние 30 лет, на русском и иностранных языках, опубликованных в научных журналах, материалах конференций различных уровней, а также монографии, посвященные тематике исследования.

Стратегия исследования

Стратегия поиска

Была разработана и протестирована стратегия поиска с использованием итеративного процесса в консультации с группой проверки. Проведена экспертная оценка стратегии до ее реализации. Проведен в ряде баз данных, чтобы добиться междисциплинарного охвата. К ним относятся: Web of Science и базы данных Scopus и eLibrary. Выполнены все поиски по состоянию на 20 марта 2022 года. После этого ключевые слова при поиске в базах данных скорректированы. Результаты ограничены публикациями с 1992 г. по настоящее время.

Анализ данных включал как количественные (т. е. частоты и проценты), так и качественные (т. е. тематический анализ) методы. Впоследствии каждое из утверждений, описывающих характеристики стабильности комплекса БАВ и микроэлементов плодов облепихи крушиновидной, которые были извлечены из включенных статей, были классифицированы с использованием созданного списка. Во время категоризации извлеченных утверждений, если утверждение не относилось к уже существующей в списке категории, добавлялась новая категория. Если из одной записи были извлечены повторяющиеся источники, их классифицировали только один раз.

Анализ и визуализация данных

В таблицы включались данные по стабильности различных групп БАВ или других оцениваемых показателей доброкачественности плодов облепихи крушиновидной при различных способах консервации, имеющих значение для данного объекта с точки зрения ценности в качестве исходного сырья в пищевом, фармацевтическом и косметологическом производстве. Также указывался регион произрастания плодов и рассчитывался процент убыли каждой группы БАВ в наблюдаемый период хранения по отношению к исходному значению. На основе анализа литературных данных строились диаграммы (для более наглядного представления информации) и составлялись обобщающие таблицы.

Результаты и их обсуждение

Постановка проблемы исследования

Плоды облепихи относятся к ежегодно возобновляемым сырьевым ресурсам. Однако, объемы выращивания не позволяют пищевой, фармацевтической и косметологической промышленно-

стям осуществлять переработку единовременно, что требует применения различных способов консервации сырья. Срок доставки плодов на предприятия от момента сбора не должен превышать 3 часов. Хранение же на крытой площадке до переработки рекомендовано до 120 часов. (Филимонова, 2013; Половникова, 2016). Авторами установлен срок хранения плодов облепихи на технологических площадках до использования без потери свойств в охлажденном виде при $+1^{\circ} - +3^{\circ}\text{C}$, составляющий 7 суток (Короткий, 2009). Заморозка скоропортящихся плодов широко используется как надежный способ сохранения уникальных природных БАВ облепихи, обеспечивая тем самым бесперебойный цикл работы предприятий (Асабутаев и др., 2020). Низкие температуры оказывают ингибирующее влияние на окислительные и гидролитические, в т.ч. ферментативные, процессы, убивают или тормозят развитие микроорганизмов – потребителей БАВ. Замораживание плодов может осуществляться в различных режимах (от -18°C до -40°C ; быстрая или медленная) (Мустафаева, 2013). На качество плодов при этом также влияют температура хранения и способ дефростации (Половникова, 2016). Тем не менее, рекомендованный срок хранения облепихи крушиновидной плодов замороженных составляет до 6 мес. Что обуславливает необходимость их переработки в указанный период (Губина & Лучина, 2010). Для оценки стабильности БАВ и обоснования норм показателей качества при создании современной НД на плоды облепихи крушиновидной высушенные и замороженные использовались данные авторов по различным способам и режимам консервации плодов (различные виды сушки и заморозки при различных температурах и времени хранения). Количественное определение суммы различных БАВ в пересчете на тот или иной компонент проводилось авторами при помощи комплекса физико-химических и титриметрических методов по соответствующим ГОСТам и/или ранее разработанным ими методикам. Результаты обобщены и представлены в Таблицах 1 и 2.

Динамика состава комплекса БАВ плодов облепихи крушиновидной в условиях заморозки и хранения

В данной статье мы не проводим сравнение биохимического состава свежих плодов, опубликованных авторами, так как анализировались данные с различных эколого-географических районов, в т.ч. ближнего и дальнего зарубежья. Общеизвестно, что облепиха крушиновидная, так же как и другие лекарственные и пищевые растения имеют значительный диапазон зависимости состава БАВ от

Таблица 1

Данные о динамике в составе комплекса БАВ плодов облепихи крушиновидной в условиях заморозки и хранения при -18°C

БАВ, %	Метод анализа	Плоды					Ссылка
		Свежие	Замороженные			% изменения содержания	
			3 мес.	6 мес.	9 мес.		
г. Барнаул (НИИ садоводства им. М.А. Лисавенко) (среднее по сортам)							
Каротиноиды, мг%	Фотоэлектроколориметрия	19,67	-	13,09	-	-36,5	(Земцова и др., 2016)
Свердловская обл.							
АОА, ммоль-экв/л	Инверсионная потенциометрия	2,204	1,922	1,101	0,416	-81,13	(Чугунова и др., 2019)
Кемеровская обл.							
Витамин С, мг%	Йодометрия	153	-	130,3	101,5	-33,66	(Губина & Лучина, 2010)
Органические кислоты, %	ГОСТ 25555-82 ¹	1,86	-	2,09	2,06	+10,75	
Сахара, %	ГОСТ 27198-87 ²	5,41	-	4,20	3,64	-32,72	
Дагестан							
Витамин С, мг%	Йодометрия	180,10	155,67	-	131,15	-27,18	(Гусейнова & Дадудова, 2012; Гусейнова, 2016а; Гусейнова, 2016б; Гусейнова, 2017; Гусейнова и др., 2020)
Органические кислоты, г/дм ³	ГОСТ 25555-82	16,9	16,2	-	15,9	-12,3	
Пектиновые вещества, %	Карбазольный метод	1,31	1,27	-	1,20	-1,2	
Флавоноиды, мг%	Фотоэлектроколориметрия	34,9	29,3	-	28,6	-18	Гусейнова, 2017; Гусейнова и др., 2020)
Фенольные БАВ, мг%	ГОСТ 24556-89 ³	172,34	164,47	-	153,25	-11	
г. Кемерово (среднее по сортам)							
Моносахара, %	-	10,07	9,95	9,16	7,22	-28,3	Короткий, 2009; Короткий & Короткая, 2008; Короткий и др., 2015
Сахароза, %	-	0,32	-	0,23	-	-28,13	
Сумма сахаров, %	-	11,67	10,90	9,6	7,41	-36,5	
Пектиновые вещества, %	-	0,72	-	0,63	-	-13	
Украина (сорт «Великан»)							
Витамин С, мг%	-	146,64		137,72		-6,08	Belinska et al., 2020
Органические кислоты, %	-	2,10		2,30		+9,52	
Сахара, %	-	6,40		6,10		-4,69	
Каротиноиды, мг%	-	3,10		3,10		-	
Воронежская обл. (дикорастущие растения)							
Органические кислоты, %	Титриметрия (в пересчете на кислоту яблочную)	13,44	13,13	13,00	12,87	-4,24	Тринеева и др., 2013а
Гидроксикоричных кислоты, %	СФМ (в пересчете на кислоту хлорогеновую)	0,21	0,22	0,34	0,40	+90,48	Тринеева, 2016; Тринеева, 2017; Тринеева и др., 2017

¹ ГОСТ 25555.3-82. (2015). *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения минеральных примесей*. М.: Стандратинформ.

² ГОСТ 27198-87. (2015). *Виноград свежий. Методы определения массовой концентрации сахаров*. М.: Стандратинформ.

³ ГОСТ 24556-89. (2003). *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С*. М.: Стандратинформ.

Таблица 1

БАВ, %	Метод анализа	Плоды				% изменения содержания	Ссылка
		Свежие	Замороженные				
			3 мес.	6 мес.	9 мес.		
Аскорбиновая кислота, %	Титриметрия	0,061	-	-	0,060	-1,64	Тринеева, 2016; Тринеева, 2017; Тринеева и др., 2017
Антиоксидантная активность (АОА), мг/г	Титриметрия (в пересчете на кверцетин)	17,13	16,37	10,83	9,10	-46,88	Тринеева и др., 2012а; Тринеева и др., 2012б; Тринеева и др., 2012в
Каротиноиды, мг%	СФМ (в пересчете на β-каротин)	59,73	55,2	51,19	48,36	-19,04	Тринеева, 2016
Антоцианы, %	СФМ (в пересчете на цианидин-3-о-глюкозид)	2,83	1,65	1,30	0,86	-69,61	Тринеева и др., 2014а; Тринеева и др., 2014б; Тринеева и др., 2014в; Тринеева и др., 2015а; Тринеева и др., 2015б; Тринеева и др., 2015в; Тринеева & Сливкин, 2015а; Тринеева & Сливкин, 2015б
Дубильные вещества, %	СФМ (в пересчете на танин)	0,53	0,49	0,39	0,22	-58,49	Тринеева, 2016
Свободные аминокислоты (АК), %	СФМ (в пересчете на кислоту глутаминовую)	4,86	8,11	8,99	9,43	+94,03	Тринеева и др., 2014а
Сумма флавоноидов, %	СФМ (в пересчете на рутин)	1,09	0,99	0,70	0,67	-38,53	Тринеева и др., 2012б
Сумма полисахаридов и простых сахаров,%	СФМ (Пикриновый метод в пересчете на глюкозу)	31,01	-	-	20,90	-32,60	Тринеева и др., 2017
Кальций,%	Комплексонометрия	0,44	0,48	0,42	0,46	+4,5	Тринеева и др., 2015б
Экстрактивные вещества, %	Гравиметрия	82,36	80,13	79,92	79,08	-3,98	Тринеева и др., 2013а

условий произрастания, культивирования, времени сбора и сортовых особенностей отдельных представителей. В виду того, что для абсолютного большинства высушенного ЛРС, согласно ГФ РФ XIV изд. (Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд.) рекомендуемый срок хранения составляет до 2 лет, представление периодичности литературных данных по оценке содержания БАВ в замороженных плодах составляла в соответствии с ОФС.1.1.0009.18 «Стабильность и сроки годности лекарственных средств» ГФ РФ XIV изд. (Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд.) 3 месяца (3, 6 и 9 месяцев хранения).

Анализ результатов по оценке влияния хранения в условиях заморозки на сохранность комплекса БАВ

плодов (Таблица 1) показал, что к 9 месяцу наблюдений в наибольшей степени окислению подвергаются такие группы БАВ полифенольной природы, как антоцианы, дубильные вещества и флавоноиды (-58,49; -69,61 и -38,53% соответственно от исходного значения), что согласуются с данными определения АОА (от -46,88 до -81,13% по разным источникам), которая в большей мере определяется данными веществами (Нилова & Малютенкова, 2021; Рожнов, 2021).

Снижается при хранении менее интенсивно содержание каротиноидов, сахаров и витамина С. Убыль составляет в среднем 30–40% для сахаров, 20–37% для каротиноидов и наиболее вариабелен этот показатель 6–36% для аскорбиновой кислоты. Содержание суммы каротиноидов в настоящее вре-

мя в фармацевтической НД является контролируемым показателем качества плодов облепихи (не менее 10 мг%) (Тринеева и др., 2014а). Остаточное количество каротиноидов при хранении до 9 мес., позволяет использовать плоды в промышленной переработке для производства различных продуктов.

Замораживание практически не оказывает влияния на долю органических кислот в плодах или приводит к незначительному росту вследствие повреждения кристаллами льда клеточных стенок и выхода сока. Содержание витамин-Р-активных веществ уменьшается в первые 3 месяца наблюдений в среднем на 10%, достигая 40% к 9 месяцу хранения. Качественный анализ состава флавоноидов в плодах показал, что сохраняются такие важнейшие представители данного класса БАВ, как рутин, гиперозид, кверцетин (Таблица 3). Отмечено увеличение содержания ГKK при хранения плодов в морозильной камере до 9 месяцев. Большая часть фенолкарбоновых кислот в свежих плодах присутствует в связанном виде (эфирные по карбоксильным и гидроксильным группам). В результате гидролитических процессов (ферментативный и неферментативный гидролиз), протекающих в ЛРС при хранении, происходит

рост содержания данных БАВ. Для более наглядного представления информации, приведенной в Таблице 1, построена также диаграмма (на примере сырья, заготовленного на территории Воронежской области), отражающая влияние заморозки на содержание БАВ в плодах облепихи (Рисунок 1).

Динамика состава комплекса БАВ в высушенных плодах облепихи крушиновидной

Для фармации, кроме обсужденных выше БАВ, важна оценка и других групп веществ, обеспечивающих в комплексе фармакологический эффект экстрактов из плодов. В работах приведены многочисленные данные по определению влияния заморозки и тепловой сушки на стабильность в плодах оксикоричных кислот, дубильных веществ, антоциановых соединений, присутствующих в плодах в восстановленной форме –лейкоантоцианов и свободных аминокислот. Результаты приведены на Рисунках 1 и 2.

Для более наглядного представления информации, приведенной в Таблице 2, построена также диаграмма (на примере плодов облепихи, заготовленных на территории Воронежской области), отражающая влияние тепловой сушки на содержание БАВ в плодах облепихи (Рисунок 2).

Таблица 2

Данные о составе комплекса БАВ в высушенных плодах облепихи крушиновидной с применением различных технологий сушки

Способ сушки	Содержание БАВ в высушенных плодах				Ссылка
	Сумма органических кислот, %	Аскорбиновая кислота, мг%	Сумма каротиноидов, мг%	Сумма флавоноидов, мг%	
Кемеровская обл.					
Вакуумная (40°С, 6-7 кПа, 8,5 часов	4,49	79,08	35,29	3012,0	Короткий, 2009; Короткий, 2008; Короткий и др., 2015; Короткая и др., 2005; Короткая & Короткий, 2006
Московская обл. (среднее по 10 сортам)					
Тепловая (60°С до остаточной влажности)	11,0	35,0	85,0	500,0	Рудая, 2021
Воронежская обл. (дикорастущие растения)					
	6,23	22,0	58,0	550,0	Тринеева и др., 2016; Тринеева и др., 2017
Бурятия (Селенгинский район)					
СВЧ-сушка (обезвоженные плоды)	-	96,70	18,61	-	Котова и др., 2006а; Котова и др., 2006б; Котова, 2007; Котова и др., 2007а; Котова и др., 2007б; Котова и др., 2008; Котова, 2012; Хараев и др., 2006; Хараев и др., 2007
ИК-сушка	-	42,25	15,65	-	

При этом в процессе тепловой сушки содержание органических кислот уменьшается в среднем на 50% (Рисунок 2). Экспериментальные данные различных авторов согласуются также с выводами автора (Сергунова, 2015) о наличии связи между стабильностью органических кислот при различных способах консервации плодов и их морфологическим строением. Тепловая сушка приводит также к окислению витамина С и флавоноидов практически на 60% от исходного значения. Следует отметить достаточную стабильность фенолкарбоновых кислот в процессе теплового консервирования. Вакуумная сушка

лучше сохраняет миконутриенты в конечном продукте, а именно витамины С и группы Р. СВЧ и ИК-сушки более щадящее оказывают воздействие на аскорбиновую кислоту по сравнению с тепловой. Данные Таблицы 2, обобщающие результаты определения различных групп БАВ позволяют рекомендовать высушенные цельные и измельченные плоды к промышленному выпуску в качестве поливитаминного средства для получения отваров в домашних условиях.

Аминокислоты, в т.ч. и незаменимые, при различных способах консервации имеет тенденцию к

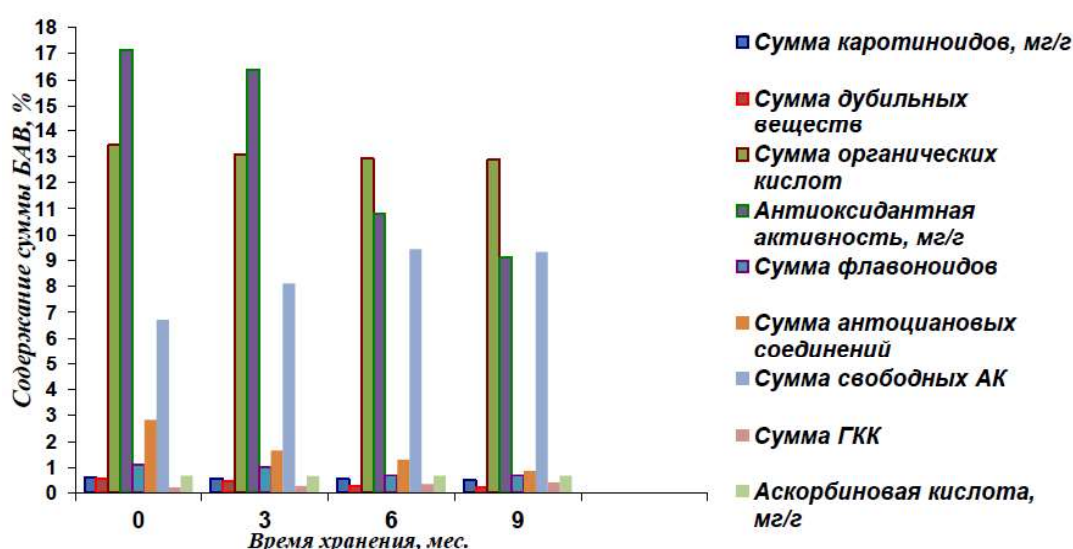


Рисунок 1. Влияние заморозки на содержание БАВ в плодах облепихи (на примере сырья, заготовленного на территории Воронежской области), по данным литературных источников, Таблица 1

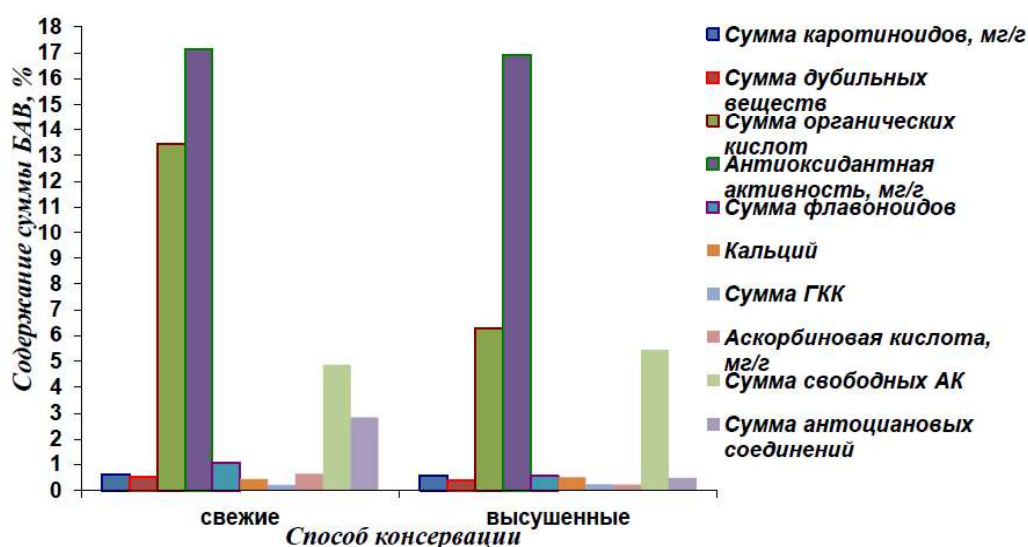


Рисунок 2. Влияние тепловой сушки на содержание БАВ (на примере плодов облепихи, заготовленных на территории Воронежской области), по данным литературных источников, Таблица 2

возрастанию содержания. В свежих плодах АК присутствуют в свободном и в связанном виде – белки. В клеточном соке плодов, богатом кислотами, протекают процессы кислотного гидролиза. Тепловая сушка и хранение в замороженном виде сопровождается ростом количества АК в сырье (Таблица 1 и Рисунок 2). Полученные данные коррелируют с ре-

зультатами ТСХ-анализа (Таблица 3), которые демонстрируют, что высушенные плоды имеют более разнообразный качественный состав свободных АК.

Большая часть работ, опубликованных по данной тематике, посвящена сырью облепихи, используемому для создания различных продуктов пищевого

Таблица 3

Условия ТСХ-анализа при исследовании состава БАВ плодов облепихи крушиновидной различных способов консервации (Тринеева и др., 2012; Тринеева и др., 2016; Тринеева, 2017)

Способ консервации плодов			Условия ТСХ-анализа		
Свежие	Заморозка -18°C (9 мес.)	Тепловая сушка	Окраска зон	Элюент	Проявление зон
Органические кислоты					
Щавелевая, винная, яблочная, аскорбиновая кислота		Щавелевая, винная, лимонная, яблочная, аскорбиновая кислота	На синем фоне - желтые зоны	Этилацетат – вода - кислота муравьиная – кислота уксусная (100:25:11:11)	Раствор бромкрезолового зеленого (0,2% в спирте)
Флавоноиды					
Рутин, гиперозид, кверцетин			Характерное свечение в УФ-свете	Этилацетат – вода – кислота ледяная уксусная (7,5:1,5:1,5)	Просмотр в УФ-свете после обработки раствором NaOH (5 % в спирте)
Аминокислоты					
Пролин, глицин, глутаминовая кислота, лейцин*		Аргинин, пролин, глицин, глутаминовая кислота, лейцин*, фенилаланин*	От желто-оранжевых до розовых и малиновых зон на белом фоне	н-бутанол – вода – кислота уксусная ледяная (4:1:1)	Раствор нингидрина (1,0% в спирте)
Дубильные вещества					
Галловая кислота			Серо-синие пятна на белом фоне	Фронтальное элюирование: фронт 1 этилацетат – диэтиловый эфир – гексан – уксусная кислота (40:20:20:20) высотой пробега - 9 см; фронт 2 этилацетат – уксусная кислота – муравьиная кислота – вода (67:7,5:7,5:18) высотой пробега - 7 см	Раствор железосамонийных квасцов (1% в спирте)
Простые сахара					
Глюкоза, ксилоза, рамноза			Желто-коричневые зоны; розово-фиолетовые зоны, вишнево-коричневые зоны на белом фоне	н-бутанол-уксусная кислота-вода (4:1:2)	Раствор сульфаниламида и о-фталевой кислоты (0,86:0,83 г) в 50 мл 95% этанола
Каротиноиды					
β-каротин			Желто-оранжевые зоны на белом фоне	Гексан-н-пропанол-вода (10:1:0,2)	Видимый свет

назначения (соки, майонезы, пасты, мука, кондитерские изделия и др.). Целевыми БАВ в данной отрасли, определяющими питательную и витаминную ценность плодов, являются органические кислоты, в т.ч. аскорбиновая, Р-активные соединения и каротиноиды. В точки зрения фармации, определяющими фармакологическую активность данного ЛРС и ЛРП на его основе, выступают не только указанные БАВ, но и другие (аминокислоты, микроэлементы, оксикоричные кислоты, дубильные и экстрактивные вещества, жирное масло и антоциановые соединения), оказывающие синергитическое воздействие на организм человека. Поэтому часть данных по стабильности указанных БАВ в плодах при различных способах консервации представлена в виде диаграмм (Рисунки 1-3), а не в Таблицах 1-2.

Для более наглядного представления информации по стабильности групп БАВ, не приведенных в Таблице 2, построена также диаграмма (на примере плодов облепихи различных сортов, заготовленных в Московской области по данным литературных источников), отражающая результаты содержания БАВ при тепловой сушке плодов облепихи (Рисунок 3).

Анализ литературы показал, что абсолютное большинство различных БАВ плодов данного растения липофильной и гидрофильной природы в сырье теряется даже при применении высокотехнологичных подходов к консервации. Однако, в большинстве работ оценено лишь суммарное количественное содержание определяемых фармакологические свойства сырья веществ. Тем не менее, встречаются отдельные работы, посвященные изучению качественного состава БАВ в плодах методом ТСХ, различно хранящихся, и показывающих за счет каких именно отдельных представителей происходят потери в общих сум-

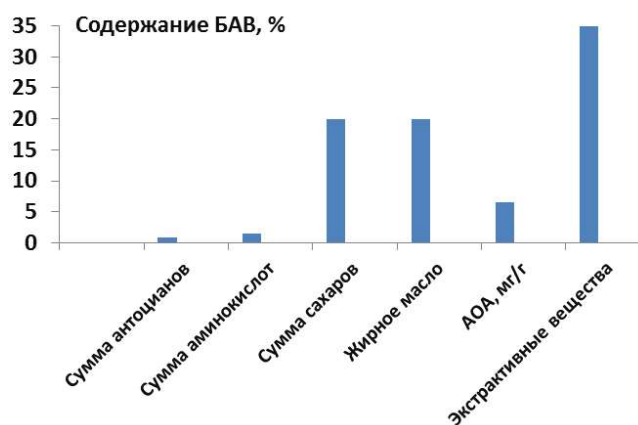


Рисунок 3. Содержание некоторых БАВ в плодах облепихи крушиновидной (район заготовки Московская обл.), высушенных тепловым способом (средние значения по 10 сортам, по данным литературных источников)

мах БАВ определенных групп. Результаты обобщены и представлены в Таблице 3.

Облепиха также широко культивируется в странах Северной Америки. Группа ученых из Канады исследовали также влияние различных способов сушки (тепловой и сублимационной с предварительным замораживанием) на стабильность БАВ в плодах (Таблица 4). Скорость сублимационной сушки облепихи намного выше, чем тепловой. Биоактивные соединения в лиофилизированных образцах сохраняются значительно лучше, чем в высушенных горячим воздухом, вероятно, из-за меньшего воздействия кислорода в процессе (Korotkiya et al., 2016; Araya-Farias et al., 2011).

Таблица 4

Стабильность БАВ плодов облепихи через 15 часов при различных температурных режимах тепловой и сублимационной сушки (Korotkiya et al., 2016; Araya-Farias et al., 2011)

БАВ	Содержание БАВ								
	свежие	Тепловая сушка				Сублимационная сушка			
		50°C	% снижения	60°C	% снижения	20°C	% снижения	50°C	% снижения
Токоферолы, мг/кг	108,5	75,95	30	70,53	35	71,61	34	64,02	41
Витамин С, мг%	184,63	123,70	33	112,62	39	149,55	19	166,17	10
Фенольные соединения, мг%	175,25	155,97	11	150,72	14	168,24	4	173,50	1
Каротиноиды, мг%	3,99	1,44	64	1,80	55	3,11	22	3,15	21

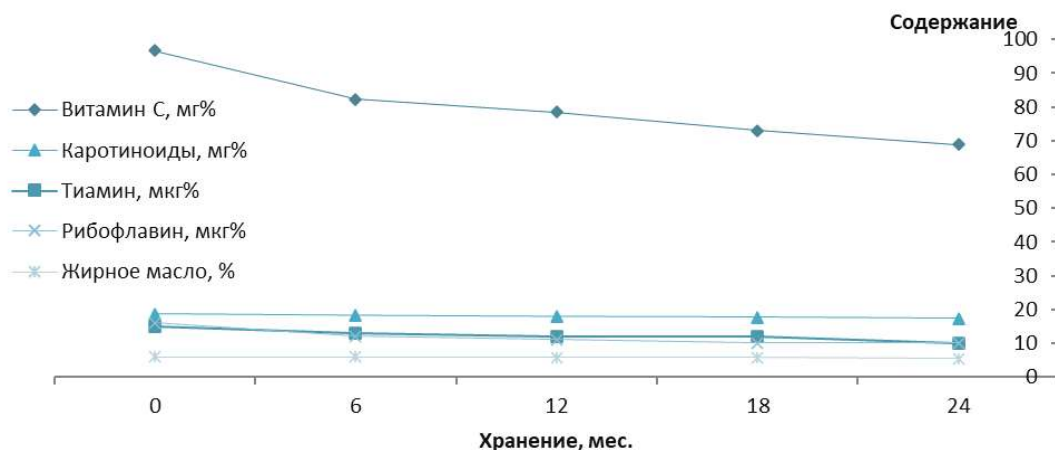


Рисунок 4. Влияние микроволновой вакуумной сушки на сохранность комплекса БАВ обезвоженных плодов, по данным литературных источников, Таблица 4

Динамика состава минерального комплекса плодов облепихи крушиновидной при различных способах консервации

Группа ученых (Котова и др.) исследовали влияние микроволновой вакуумной сушки на сохранность БАВ и минерального комплекса плодов (Котова и др., 2007). Обобщенные данные представлены в Таблице 5. Меньшие потери макро- и микронутриентов в сырье связаны с более низкой

температурой процесса, применением вакуума, равномерным СВЧ-прогревом, а также снижением длительности сушки. Полученные таким способом консервации плоды показывают достаточно высокие показатели сохранности ценных БАВ облепихи (Рисунок 4). На основе анализа литературы по влиянию микроволновой вакуумной сушки на сохранность комплекса БАВ (витамина С, каротиноидов, витаминов группы В₁ и В₂, жирного масла) обезвоженных плодов построена диаграмма (Рисунок 4).

Таблица 5

Данные о влиянии различных способов высушивания плодов облепихи на минеральный состав (Котова и др., 2007)

№ п/п	Элемент	Содержание, мг%		
		Обезвоженные плоды (СВЧ-сушка)	Сухие плоды (ИК-сушка)	% снижения по сравнению с СВЧ-сушкой
Макроэлементы плодов				
1	K	32575,0	28325,0	13,05
2	Na	256,3	218,38	14,80
3	P	12208,0	11 008,0	9,83
4	Ca	1679,5	1459,5	13,10
5	Mg	2228,0	2012,3	9,68
Микроэлементы плодов				
1	Fe	92,6	90,2	2,59
2	Co	0,038	0,025	34,21
3	Ni	1,21	0,85	29,75
4	Mn	15,2	13,6	10,53
5	Cr	0,32	0,28	12,5
6	Cu	4,4	4,0	9,09
7	Zn	29,6	25,4	14,19
8	Al	160	140,3	12,31
9	Si	61,1	59,2	3,11

Таблица 6

Данные о влиянии замораживания плодов облепихи на минеральный состав (Belinska et al., 2020)

№ п/п	Элемент	Содержание, мг%	
		свежие	замороженные
1	Кальций	15	15
2	Калий	18,7	18,7
3	Железо	0,53	0,53
4	Магний	7,6	7,4
5	Медь	0,05	0,05

Таким образом, по данным Таблицы 5, меньшие потери микроэлементов при ИК-сушке плодов, по сравнению с их обезвоживанием методом СВЧ-сушки, приходится на железо и кремний. Максимальное снижение содержания характерно для кобальта и никеля. Однако, минеральный комплекс плодов облепихи, как видно из данных Таблицы 6, не подвергается изменениям при хранении в условиях замораживания (Belinska et al., 2020).

Микробиологическая стабильность плодов при хранении

При хранении ЛРС, важное значение, особенно сладких сочных плодов, приобретает вопрос микробиологической стабильности во всесторонней оценке качества ЛРС и ЛРП на его основе. Микроорганизмы – причина появления негативных побочных явлений при применении загрязненного сырья, а также служат причиной снижения содержания БАВ в процессе хранения. Результаты исследования обсемененности плодов микроорганизмами (МО) разных авторов приведены в Таблице 7. Нормы микробиологической чистоты ЛРС и ЛРП определены в Государственной фармакопее РФ (ОФС.1.2.4.0002.18 «Микробиологическая чистота» ГФ XIV изд.). Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАиФАМ) может достигать в свежих плодах и плодах, замороженных или обезвоженных СВЧ-воздействием, порядка 10^5 КОЕ/г. Только тепловая сушка значительно снижает данный показатель. Свежие плоды – питательная среда для развития микроорганизмов, поэтому они

Таблица 7

Результаты оценки микрофлоры на плодах при различных способах хранения

Исследуемый объект	Результаты анализа						Ссылка
	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (коли-формы) в 0,01 г	S. aureus в 0,1 г	Патогенные МО (в т.ч. сальмонеллы) в 25 г	Дрожжи, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г	
	ГОСТ 10444.15-94 ¹	ГОСТ Р 52816-2007 ²	ГОСТ Р 52815-2007 ³	ГОСТ Р 52814-2007 ⁴	ГОСТ 10444.12-88 ⁵		
Плоды свежие	$1,1 \cdot 10^2$	-	-	-	$8,2 \cdot 10^4$	10	(Тринеева и др., 2017)
	$1,7 \cdot 10^5$	-	-	-	Нет данных	30	(Чепелева & Гуленкова, 2012)
Плоды высушенные (тепловая сушка)	Менее 10	-	-	-	Менее 10	Менее 10	(Тринеева и др., 2017)
Замороженные плоды	$1,5 \cdot 10^5$	-	-	-	<1,0		(Котова, 2007)
	-	-	-	-	1-10	Нет данных	(Гусейнова & Даудова, 2012)
Плоды обезвоженные (СВЧ-сушка)	$1,7 \cdot 10^5$	-	-	-	<1,0		(Котова, 2021)

БГКП – бактерии группы кишечной палочки; S. aureus – золотистый стафилококк.

¹ ГОСТ 10444.15-94. (2010). *Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов*. М. Стандартинформ.

² ГОСТ Р 52816-2007. (2010). *Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)*. М. Стандартинформ.

³ ГОСТ Р 52815-2007. (2010). *Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и Staphylococcus aureus*. М. Стандартинформ.

⁴ ГОСТ Р 52814-2007. (2010). *Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода Salmonella*. М. Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 10444.12-88. (2010). *Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов*. М. Стандартинформ.

Таблица 8

Данные по загрязнению плодов микотоксинами при различных способах консервации

Микотоксин, мг/кг	Ссылка	Плоды			
		высушенные	замороженные	свежие	Требования по НД
Афлатоксин В ₁	(Тринеева и др., 2016)	Менее 0,005	–	Менее 0,005	Не более 0,005
Охратоксин А					Не нормируется
Патулин	(Губина и др., 2010)	–	не обнаружен	–	

подвержены значительному обсеменению спорами грибов и дрожжей. При исследовании состава микрофлоры плодов авторы обнаруживали присутствие до 10^4 КОЕ/г дрожжей (не соответствуют требованиям НД) и 10–30 плесеней КОЕ/г.

Данные литературы (Золотарева и др., 1994; Золотарева и др., 2005; Золотарева, 2006) демонстрируют, что количество дрожжей на плодах, в течение 1 сут хранившихся при комнатной температуре, возрастает на порядок. При замораживании плодов до -6°C и ниже, через 5 сут количество дрожжей снижается в 10 раз. В небольшом количестве (менее 20 КОЕ/г) замороженные плоды могут иметь плесень, что не представляет опасности. Норма для данного показателя не более $2 \cdot 10^2$ КОЕ/г. Предполагаемый род дрожжей – обитателей плодов облепихи – *Saccharomyces*, а также *Hansenula* или *Pichia* (Лазарева Д.А. и др.).

Хранение в условиях заморозки, как правило, снижает общую микробную обсемененность, не уничтожая микрофлору полностью. В литературе имеются данные о сохранении жизнеспособности микроорганизмами через 3 года хранения плодов замороженными (Лазарева Д.А. и др.). То есть, замораживание плодов позволяет стабилизировать содержание дрожжей на уровне не выше $1 \cdot 10^2$ – $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г.

В литературе имеются отдельные сведения о результатах оценки плодов на предмет контаминации микотоксинами – вторичными продуктами жизнедеятельности плесневых грибов (Таблица 8). Нормативы их содержания приведены в СанПин 2.3.2.1078-01 для БАД на растительной основе. Данные показывают, что плоды не подвержены загрязнению этими токсичными веществами.

Выводы

В настоящее время сублимационная (молекулярная) сушка, по мнению специалистов в области

пищевых производств, является наиболее предпочтительным способом консервации плодов облепихи в виду возможности сохранения нативного комплекса БАВ. Кроме того, применяют предварительное замораживание в скороморозильных камерах до -40°C или до -80°C в жидком азоте. При этом показано, что первый способ более целесообразен для плодов данного растения. Вакуумная сушка, в т.ч. ИК-лучами, также используется для консервации плодового сырья и позволяет сохранить по разным данным от 80 до 90% исходного комплекса БАВ.

В работах Короткого И.А. и др. установлены оптимальные режимы такого способа сушки для стабилизации БАВ плодов облепихи (Короткий и др., 2015). Способы консервации плодов облепихи жидкой углекислотой или азотом, позволяющие охладить сырье за несколько минут до -80°C (Щеголев и др., 2021), пока не нашли широкого применения в промышленных масштабах, однако, обсуждаются в научной литературе (Короткий & Короткая, 2008; Короткий, 2009; Короткий и др., 2015). Тепловой способ консервации плодов также применяется и позволяет использовать сырье в течение 2 лет в производстве ЛРП (масляный экстракт и препараты на его основе). Однако, эффективность сохранения фитохимического состава плодов при этом значительно ниже по сравнению с другими способами.

Анализ результатов по оценке влияния хранения в условиях заморозки на сохранность комплекса БАВ плодов показал, что к 9 месяцу наблюдений в наибольшей степени окислению подвергаются такие группы БАВ полифенольной природы, как антоцианы, дубильные вещества и флавоноиды, что согласуется с данными определения АОА. Снижаются при хранении менее интенсивно каротиноиды, сахара и витамин С. Замораживание практически не оказывает влияния на долю органических кислот в плодах или приводит к незначительному росту вследствие повреждения кристаллами льда клеточных стенок и выхода

сока. Большинство исследователей отмечают увеличение количества титруемых органических кислот в процессе хранения замороженных плодов. Содержание витамин-Р-активных веществ уменьшается в первые 3 месяца наблюдений в среднем на 10%, достигая 40% к 9 месяцу хранения. Отмечено увеличение содержания ГKK при хранения плодов в морозильной камере до 9 месяцев. На основании обобщения результатов изучения авторами динамики содержания БАВ в процессе хранения в замороженном состоянии, рекомендованы сроки хранения – до 9 месяцев при температуре не выше -18 °C.

При тепловой сушки содержание органических кислот уменьшается в среднем на 50%. Такой режим сушки приводит также к окислению витамина С и флавоноидов практически на 60% от исходного значения. Следует отметить достаточную стабильность фенолкарбоновых кислот в процессе теплового консервирования. Аминокислоты, в т.ч. и незаменимые, при различных способах консервации имеет тенденцию к возрастанию содержания. Высушенные плоды облепихи, согласно литературным данным, при хранении не подвергаются обсеменению микроорганизмами. Несмотря на потери БАВ, высушенные цельные плоды содержат еще достаточное количество микронутриентов и могут быть рекомендованы к промышленному выпуску в виде сырья ангро и/или в одноразовых дозированных фильтр-пакетах в измельченном виде для получения поливитаминных отваров населением.

В масштабах фармацевтических производств свежие плоды должны быть немедленно переработаны в жирное масло, а также готовые ЛРП. Для увеличения возможных сроков хранения свежих плодов облепихи могут быть применены способы быстрой заморозки или заморозки в условиях вакуума или в атмосфере инертного газа (азота) и низкотемпературного хранения, что позволит сохранить БАВ, однако, приведет к увеличению стоимости готовой продукции. Также прогрессивными способами высушивания плодов для фармацевтических производств является низкотемпературная ИК- или СВЧ-сушки.

Установлены различия в количестве потерь БАВ при хранении в одинаковых условиях, что можно объяснить видовыми и сортовыми особенностями, показателями влажности, толщиной и прочностью кожицы плодов, массовой долей мякоти и жирного масла, а также некоторыми другими характеристиками.

Литература

- Асабутаев, И. Х., Ашурбеков, И. М., & Гусейнова, Б. М. (2020). Сохранность биохимического комплекса плодово-ягодного сырья при холодом хранении. В *Современные проблемы и перспективы развития АПК Республики Дагестан: Материалы республиканской научно-практической конференции* (с. 84-91). Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джембулатова. <https://doi.org/10.52671/9785604677452>
- Губина, М. Д., & Лучина, Н. А. (2010). Замороженные ягоды как стратегический запас для переработки в межсезонный период. *Пищевая промышленность*, 8, 46-47.
- Гусейнова, Б. М., & Даудова, Т. И. (2012). Микробиологическая чистота плодов в процессе замораживания и холодового хранения. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 4, 36-39.
- Гусейнова, Б. М. (2016). Пищевая ценность дикорастущих плодов из горного Дагестана и ее сохранность после быстрого замораживания и холодового хранения. *Вопросы питания*, 85(4), 76-81.
- Гусейнова, Б. М. (2016). Стабильность биохимического комплекса плодов дикоросов при длительном низкотемпературном хранении. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 2-3, 14-17.
- Гусейнова, Б. М. (2017). Влияние быстрого замораживания и последующего холодового хранения на пищевую ценность плодов дикоросов. *Известия ТСХА*, 3, 127-137.
- Гусейнова, Б. М., Асабутаев, И. Х., & Ашурбеков, И. М. (2020). Плоды садовых культур и дикоросов – ценное сырье для производства продуктов питания функциональной направленности. В *Наука и образование в инновационном развитии АПК: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне* (с. 8-13). Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джембулатова.
- Земцова, А. Я., Зубарев, Ю. А., Гунин, А. В., & Морсель, Д. Т. (2016). Влияние замораживания на содержание суммы каротиноидов в сортах образцах плодов облепихи различного эколого-географического происхождения. В *Пища. Экология. Качество: Труды XIII Международной научно-практической конференции* (с. 429-433). Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет.
- Золотарева, А. М., Чиркина, Т. Ф., Гончикова, С. Д., & Карпенко, Л. Д. (1994). Химический состав облепихового шрота. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 1-2, 24-26.

- Золотарева, А. М., Бороноева, Г. С., Чиркина, Т. М., & Павлова, А. Б. (2003). Исследование древесной зелени облепихи при производстве хлебобулочных изделий. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 1, 80-81.
- Золотарева, А. М., Чиркина, Т. Ф., & Мешкова, Е. А. (2004). Использование биотехнологических приемов при производстве облепиховой пасты. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 4, 43-45.
- Золотарева, А. М. (2004). *Основы ресурсосберегающей технологии переработки биомассы Hipporphae rhamnoides L.* [Докторская диссертация, Сибирский государственный технологический университет]. Красноярск, Россия.
- Золотарева, А. М., Габанова, Г. В., & Чиркина, Т. Ф. (2005). Семена облепихи как пищевой источник биологически активных веществ. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 1, 30-31.
- Золотарева, А. М. (2006). Биотехнологические аспекты переработки облепихового сока. *Известия ВУЗов. Пищевая технология*, 1, 68-71.
- Карпова, Е. А. (1999). *Изменчивость биохимического состава плодов облепихи крушиновидной при интродукции в лесостепь Западной Сибири* [Кандидатская диссертация, Центральный сибирский ботанический сад СО РАН]. Новосибирск, Россия.
- Кислухина, О. В., Румянцев, В. Ю., Малахов, А. Е., & Соболева, К. Е. (2003). Витаминизированные масла из плодов кустарниковых пород. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 5, 60-62.
- Кислухина, О. В. (2004). *Витаминные комплексы из растительного сырья*. М.: ДеЛипринт.
- Короткая, Е. В., Короткий, И. А., Задвинская, О. С., & Кареева, Е. А. (2005). Влияние замораживания на физико-химические показатели ягод облепихи. *Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов*, 10, 65-66.
- Короткая, Е. В., & Короткий, И. А. (2006). Изменение физико-химических показателей плодов облепихи при замораживании. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2, 35-36.
- Короткий, И. А., & Короткая, Е. В. (2008). Определение температуры замерзания плодов облепихи. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 1, 30.
- Короткий, И. А. (2009). *Исследование и разработка технологии замораживания и низкотемпературного хранения плодово-ягодного сырья Сибирского региона* [Докторская диссертация, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности]. Кемерово, Россия.
- Короткий, И. А., Расщепкин, А. Н., & Федоров, Д. Е. (2015). Исследование процессов вакуумной сушки ягод облепихи. *Национальная ассоциация ученых*, 8, 108-110.
- Котова, Т. И., Хантургаева, Г. И., & Хараев, Г. И. (2006). Сушка плодов облепихи в микроволновой вакуумной установке. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 9, 25-26.
- Котова, Т. И., Хантургаева, Г. И., Хараев, Г. И., & Полякова, Л. Е. (2006). Обоснование метода сушки плодов облепихи в микроволновой вакуумной установке. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 8, 27-28.
- Котова, Т. И. (2007). *Разработка процесса обезвоживания облепихи замороженной микроволновым вакуумным методом*. [Кандидатская диссертация, Восточно-Сибирский государственный технологический университет]. Улан-Удэ, Россия.
- Котова, Т. И., Комиссаров, Ю. А., & Хантургаева, Г. И. (2007а). Оптимальный режим сушки на основе математического моделирования процесса. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 9, 28-30.
- Котова, Т. И., Хантургаева, Г. И., & Ширеторова, В. Г. (2007б). Исследование теплофизических характеристик замороженных плодов облепихи. *Вестник Бурятского гос. университета. Физика и техника*, 6, 95-96.
- Котова, Т. И., Хараев, Г. И., Хантургаева, Г. И., & Ширеторова, В. Г. (2008). Оптимальные способы сушки облепихи обезвоженной. *Пищевая промышленность*, 1, 41.
- Котова, Т. И., Хантургаев, А. Г., Ширеторова, В. Г., & Хантургаева, Г. И. (2012). Разработка микроволнового вакуумного способа получения порошка из замороженного плодово-ягодного сырья. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 6, 21-23.
- Котова, Т. И., Хантургаев, А. Г., Котов, А. И., & Ягелло, Э. В. (2021). Исследование процесса получения облепихового сока из замороженного сырья в электромагнитном поле сверхвысоких частот. *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления*, 2, 25-32.
- Мустафаева, К. К. (2013). *Совершенствование технологии переработки плодов облепихи, произрастающей в республике Дагестан, с использованием инновационных технологических приемов* [Кандидатская диссертация, Кубанский государственный технологический университет]. Краснодар, Россия.
- Нилова, Л. П., & Малютенкова, С. М. (2021). Антиоксидантные комплексы облепихи крушиновидной (*Hipporphae rhamnoides L.*) северо-запада России. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 83(1), 108-114. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-108-114>
- Павлова, А. Б., Чиркина, Т. Ф., & Золотарева, А. М. (2001). Биологически активная пищевая до-

- бавка на основе древесной зелени облепихи. *Химия растительного сырья*, 4, 73-76.
- Половникова, И. В. (2016). Технологические процессы хранения плодов и овощей для производства консервированной продукции. *Экономическая среда*, 4, 55-59.
- Рожнов, Е. Д. (2021). Антиоксидантный потенциал плодов облепихи крушиновидной и продуктов ее переработки. *Индустрия питания*, 6(1), 23-30. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-1-3>
- Рудая, М. А. (2021). *Сравнительное фармакогностическое изучение плодов облепихи крушиновидной различных сортов*. [Кандидатская диссертация, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова]. М., Россия.
- Сергунова, Е. В. (2015). *Изучение состава биологически активных веществ лекарственного растительного сырья различных способов консервации и лекарственных препаратов на его основе*. [Докторская диссертация, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова]. М., Россия.
- Солоненко, Л. П., Лоскутова, Г. А., Дружкова, Т. А., & Шёрсткин, А. Ф. (1991). Свободные аминокислоты сока и семян облепихи. *Новое в биологии, химии и фармакологии облепихи*, 6, 79-85.
- Терещук, Л. В., & Павлова, С. С. (2000). Получение биологически ценных продуктов из плодов облепихи. *Известия вузов. Пищевая технология*, 1, 46-48.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2012а). Определение флавоноидов и исследование влияния условий хранения на их содержание в плодах облепихи методом ТСХ. *Сорбционные и хроматографические процессы*, 12(5), 806-813.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2012б). Определение антиоксидантной активности извлечений из плодов облепихи крушиновидной. *Вестник Воронежского государственного университета. Химия. Биология. Фармация*, 2, 266-268.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2012в). Определение флавоноидов в плодах облепихи крушиновидной. *Фармация*, 7, 18-21.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2013а). Определение биологически активных веществ в плодах облепихи крушиновидной (*Hipporhaes rhamnoides L.*). *Химия растительного сырья*, 3, 181-186.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2013б). Органические кислоты в плодах облепихи крушиновидной. *Фармация*, 7, 7-10.
- Тринеева, О. В., Сливкин, А. И., & Карлов, П. М. (2013в). Определение экстрактивных веществ в некоторых видах лекарственного растительного сырья. *Вестник Воронежского государственного университета. Химия. Биология. Фармация*, 2, 220-224.
- Тринеева, О. В., Сливкин, А. И., & Казьмина, М. А. (2014а). Исследование спектральных характеристик антоциановых соединений плодов облепихи крушиновидной. *Вестник Воронежского государственного университета. Химия. Биология. Фармация*, 3, 118-122.
- Тринеева, О. В., Сливкин, А. И., & Дмитриева, А. В. (2014б). Определение аминокислот в плодах облепихи крушиновидной различных способов консервации. *Разработка и регистрация лекарственных средств*, 4, 136-142.
- Тринеева, О. В., Сафонова, И. И., Сафонова, Е. Ф., & Сливкин, А. И. (2014в). Исследования по выбору оптимальных условий хранения плодов облепихи крушиновидной. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*, 2, 47-52.
- Тринеева, О. В., & Сливкин, А. И. (2015а). Исследование влияния условий хранения плодов облепихи крушиновидной на содержание суммы свободных аминокислот. В *Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах: Материалы VII Всероссийской конференции* (с. 564-565). Воронеж: Научная книга.
- Тринеева, О. В., Казьмина, М. А., & Сливкин, А. И. (2015а). Исследование стабильности антоциановых соединений в плодах облепихи крушиновидной. В *Физико-химические процессы в конденсированных средах и на межфазных границах: Материалы VII Всероссийской конференции* (с. 565-566). Воронеж: Научная книга.
- Тринеева, О. В., & Сливкин, А. И. (2015б). Определение кальция в плодах облепихи крушиновидной (*Hipporhaes rhamnoides L.*). *Химия растительного сырья*, 1, 101-106.
- Тринеева, О. В., Сливкин, А. И., Самылина, И. А., & Казьмина, М. А. (2015б). Разработка методики количественного определения антоцианов в плодах облепихи крушиновидной. *Фармация*, 7, 9-13.
- Тринеева, О. В., Сливкин, А. И., & Дортгулыев, Б. (2015в). Определение микробиологической чистоты и микотоксинов в лекарственном растительном сырье и масляных препаратах на его основе (на примере плодов облепихи крушиновидной и листьев крапивы двудомной). *Вестник Воронежского государственного университета. Химия. Биология. Фармация*, 3, 124-128.
- Тринеева, О. В., & Сливкин, А. И. (2016). Валидация методики определения каротиноидов в пло-

- дах облепихи различных способов консервации *Вестник Воронежского государственного университета. Химия. Биология. Фармация*, 2, 145-151.
- Тринеева, О. В., Шикунова, Н. С., & Сливкин, А. И. (2016). Исследования по определению дубильных веществ в плодах облепихи крушиновидной. *Фармация*, 65(3), 16-21.
- Тринеева, О. В. (2016). *Комплексное исследование содержания и специфического профиля БАВ плодов облепихи крушиновидной*. Воронеж: Издательский дом ВГУ.
- Тринеева, О. В., Казьмина, М. А., & Сливкин, А. И. (2017). Разработка и валидация методики определения суммы свободных и связанных простых сахаров в плодах облепихи крушиновидной. *Разработка и регистрация лекарственных средств*, 1, 138-143.
- Тринеева, О. В. (2017). *Теоретические и методологические подходы к стандартизации и оценке качества лекарственного растительного сырья и масляных экстрактов на его основе*. [Докторская диссертация, Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова]. М., Россия.
- Фарзалиев, Э. Б., Голубев, В. Н., & Цыганова, Т. Б. (2021). Исследование и идентификация пектиновых веществ дикорастущих плодов облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.). *Хранение и переработка сельхозсырья*, 3, 115-125. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.247>
- Филимонова, Е. Ю. (2013). Применение общих принципов предохранения сырья от порчи при консервировании плодов облепихи. *Ползуновский вестник*, 4, 104-108.
- Хараев, Г. И., Котова, Т. И., Хантургаева, Г. И., & Ширеторова, В. Г. (2006). Исследование диэлектрических характеристик замороженных плодов облепихи. *Вестник Бурятского государственного университета. Физика и техника*, 3, 93-96.
- Хараев, Г. И., Комиссаров, Ю. А., Котова, Т. И., & Хантургаева, Г. И. (2007). Влияние нового способа сушки на содержание тяжелых металлов, пестицидов и радионуклидов в облепихе обезвоженной. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 8, 65-67.
- Чепелева, Г. Г., & Гуленкова, Г. С. (2012). Функциональные продукты на основе плодов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.). *Вестник Красноярского государственного аграрного*, 9, 206-210.
- Чугунова, О. В., Заворохина, Н. В., & Вяткин, А. В. (2019). Исследование антиоксидантной активности и ее изменения при хранении плодово-ягодного сырья Свердловской области. *Аграрный вестник Урала*, 11, 59-65. https://doi.org/10.32417/article_5dcd861e8e0053.57240026
- Щеголев, А. А., Биктимирова, О. Е., Старцева, Л. Г., & Юрьев, Ю. Л. (2021). Криохимическая переработка плодов облепихи крушиновидной с получением функциональных продуктов питания. *Леса России и хозяйство в них*, 1, 53-57. <https://doi.org/10.51318/FRET.2021.39.73.007>
- Araya-Farias, M., Makhoul, J., & Ratti, C. (2011). Drying of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry: Impact of dehydration methods on kinetics and quality. *Drying Technology*, 29, 351-359. <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.497590>
- Arimboor, R., & Arumugham, C. (2012). HPLC-DAD-MS/MS profiling of antioxidant glycosides in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seeds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(6), 730-738. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.652075>
- Bayraktar, V. (2013). Organic acids concentration in wine stocks after *Saccharomyces cerevisiae* fermentation. *Biotechnologia Acta*, 6(3), 97-106.
- Belinska, S., Moroz, O., & Safiullina, L. (2020). Consumer properties of fresh and frozen hippophae berries of the velikan variety. *Commodities and Markets*, 4, 113-120. <https://doi.org/10.31617/tr.knute>
- Christaki, E. (2012). *Hippophae Rhamnoides* L. (Sea Buckthorn): a Potential Source of Nutraceuticals. *Food and Public Health*, 2, 69-72. <https://doi.org/10.5923/j.fph.20120203.02>
- Gutzeit, D., Wray, V., & Winterhalter, P. (2006). Preparative isolation and purification of flavonoids from sea buckthorn juice concentrate (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *rhamnoides*) by high-speed counter-current chromatography. *Chromatographia*, 65(12), 1-7. <https://doi.org/10.1365/s10337-006-0105-6>
- Heyen, S., Scholz-Böttcher, B. M., Rabus, R., & Wilkes, H. (2020). Method development and validation for the quantification of organic acids in microbial samples using anionic exchange solid-phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412, 7491-7503. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02883-3>
- Kashyap, P., Deepshikha, C. S. R., & Jindal, N. (2020). Sea Buckthorn. *Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits*, 2, 201-225. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7285-2_11
- Korotkiya, A., Korotkaya, E. V., & Kireev, V. V. (2016). Energy efficiency analysis of the sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) fruits quick freezing. *Foods and Raw Materials*, 4(1), 110-120. <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-110-120>
- Kumar, V., Sharma, A., Bhardwaj, R., & Thukral, A. T. (2017). Analysis of organic acids of tricarboxylic acid cycle in plants using GC-MS, and system modeling. *Journal of Analytical Science and Technology*, 8, Article 20. <https://doi.org/10.1186/s40543-017-0129-6>

- Nour, V., Panaite, T. D., Corbu, A. R., Ropota, M., & Turcu, R. P. (2021). Nutritional and Bioactive Compounds in Dried Sea-Buckthorn Pomace. *Erwerbs-Obstbau*, 63, 91-98. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00539-1>
- Raffo, A., Paoletti, F., & Antonelli, M. (2004). Changes in sugar, organic acid, flavonol and carotenoid composition during ripening of berries of three seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars. *European Food Research and Technology*, 219, 360-368. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0984-4>
- Rösch, D., Krumbein, A., & Mügge, C. (2004). Structural investigations of flavonol glycosides from sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) pomace by NMR spectroscopy and HPLC-ESI-MS(n). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(13), 4039-4046. <https://doi.org/10.1021/jf0306791>
- Sabir, S. M., Maqsood, H., Hayat, I., Khan, M. Q., & Khaliq, A. (2005). Elemental and nutritional analysis of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica*) berries of Pakistani origin. *Journal of Medicinal Food*, 8(4), 518-522. <https://doi.org/10.1089/jmf.2005.8.518>
- Yadav, A., Stobdan, T., Chauhan, O. P., Dwivedi, S. K., & Chaurasia, O. P. (2019). Sea Buckthorn: A Multipurpose Medicinal Plant from Upper Himalayas. *Medicinal Plants*, 1, 399-426. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.09.024>
- Wanchao, C., Pengjuan, C., Huaying, S., Weiqing, G., Chunwu, Y., Hao, J., Bin, F., & Decheng, S. (2009). Comparative effects of salt and alkali stresses on organic acid accumulation and ionic balance of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Industrial Crops and Products*, 30(3), 351-358. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.06.007>

Biologically Active Substances of Sea Buckthorn Fruits (*Hippophae Rhamnoides L.*) During Storage Using Various Methods of Conservation

Olga V. Trineeva

Voronezh State University

1, Universitetskaya sq., Voronezh, 1394006, Russian Federation

E-mail: trineevaov@mail.ru

Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*), which grows wild and is widely cultivated in the territory of the Russian Federation, stands out with a consistently high yield of fruits and is important in the technology of food production, cosmetics, animal husbandry, as well as in the pharmaceutical industry. The complex of biologically active substances (BAS) of sea buckthorn fruits includes a large number of classes of various compounds. This article carried out a deep analysis of the literature data (scientific articles in domestic and foreign journals, abstracts of dissertations, regulatory documentation) for the period from 1991 to 2021 to assess the stability of BAS and substantiate the norms of quality indicators when creating a modern regulatory documentation for dried and frozen sea buckthorn fruits using various methods and temperature regimes for preserving fruits (drying and freezing). The work revealed the general patterns of the influence of the method of preserving sea buckthorn fruits on the content of a complex of substances of a polyphenolic nature, amino acids, vitamin C, carotenoids and organic acids in them. Based on the systematization of Russian and international studies on the dynamics of BAS content during the storage of frozen fruits, storage periods of 9 months in the freezer at a temperature not higher than -18°C are recommended. Thermal drying refers to a less energy-saving technology for preserving BAS in fruits. However, it can be applied taking into account a sufficient residual amount of BAS and the economic rationality of using this method in the conditions of annual multi-tonnage harvesting and processing of fruits. Progressive methods and techniques of drying and freezing should also be gradually introduced into the practice of pharmaceutical and food industries.

Keywords: sea buckthorn, biologically active substances, stability, preservation method, fruits

References

- Asabutaev, I. Kh., Ashurbekov, I. M., & Guseynova, B. M. (2020). Sokhrannost' biokhimicheskogo kompleksa plodovo-yagodnogo syr'ya pri kholodovom khranenii. In *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya APK Respubliki Dagestan: Materialy respublikanskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Modern problems and prospects for the development of the agro-industrial complex of the Republic of Dagestan: Materials of the republican scientific-practical conference] (pp. 84-91). Makhachkala: Dagestanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. M. M. Dzhambulatova. <https://doi.org/10.52671/9785604677452>
- Chepeleva, G. G., & Gulenkova, G. S. (2012). Funktsional'nye produkty na osnove plodov oblepikhi krushinovidnoi (*Hippophae rhamnoides L.*) [Functional products based on the fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*)]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], 9, 206-210.
- Chugunova, O. V., Zavorokhina, N. V., & Vyatkin, A. V. (2019). Issledovanie anti-oksidantnoi aktivnosti i ee izmeneniya pri khranении plodovo-yagodnogo syr'ya Sverdlovskoi oblasti [Study of anti-oxidant activity and its changes during storage of fruit and berry raw materials in the Sverdlovsk region]. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 11, 59-65. https://doi.org/10.32417/article_5dcd861e8e0053.57240026
- Farzaliev, E. B., Golubev, V. N., & Tsyganova, T. B. (2021). Issledovanie i identifikatsiya pektinovyykh veshchestv dikorastushchikh plodov oblepikhi (*Hippophae rhamnoides L.*) [Research and identification of pectin substances of wild fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*)]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 3, 115-125. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.247>
- Filimonova, E. Yu. (2013). Primenenie obshchikh printsipov predokhraneniya syr'ya ot porchi pri konservirovaniy plodov oblepikhi [Application of the general principles of protection of raw materials from spoilage in the preservation of sea buckthorn]

- fruits]. *Polzunovskii vestnik* [Polzunovskiy Bulletin], 4, 104-108.
- Gubina, M. D., & Luchina, N. A. (2010). Zamorozhennyye yagody kak strategicheskii zapas dlya pererabotki v mezhsezonnyi period [Frozen berries as a strategic stock for processing during the off-season]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 8, 46-47.
- Guseinova, B. M. (2016a). Pishchevaya tsennost' dikorastushchikh plodov iz gornogo Dagestana i ee sokhrannost' posle bystrogo zamorazhivaniya i kholodovogo khrane-niya [Nutritional value of wild fruits from the mountainous Dagestan and its preservation after rapid freezing and cold storage]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Matters], 85(4), 76-81.
- Guseinova, B. M. (2016b). Stabil'nost' biokhimicheskogo kompleksa plodov di-korosov pri dlitel'nom nizkotemperaturnom khraneni [Stability of the biochemical complex of fruits of wild plants during long-term low-temperature storage]. *Izvestiya VUZov. Pi-shchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food Technology], 2-3, 14-17.
- Guseinova, B. M. (2017). Vliyanie bystrogo zamorazhivaniya i posleduyushchego kho-lodovogo khraneniya na pishchevuyu tsennost' plodov dikorosov [Influence of quick freezing and subsequent cold storage on the nutritional value of wild fruits]. *Izvestiya TSKhA* [Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy], 3, 127-137.
- Guseinova, B. M., & Daudova, T. I. (2012). Mikrobiologicheskaya chistota plodov v protsesse zamorazhivaniya i kholodovogo khraneniya [Microbiological purity of fruits during freezing and cold storage]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food Technology], 4, 36-39.
- Guseinova, B. M., Asabutaev, I. Kh., & Ashurbekov, I. M. (2020). Plody sadovykh kul'tur i dikorosov – tsennoe syr'e dlya proizvodstva produktov pitaniya funktsional'noi napravlennosti [The fruits of horticultural crops and wild plants are a valuable raw material for the production of functional foodstuffs]. In *Nauka i obrazovanie v innovatsionnom raz-vitii APK: Sbornik nauchnykh trudov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 75-letiyu Pobedy v Velikoi Otechestvennoi voine* [Science and education in the innovative development of the agro-industrial complex: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War] (pp. 8-13). Makhachkala: Dagestanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. M. M. Dzhambulatova.
- Karpova, E. A. (1999). *Izmenchivost' biokhimicheskogo sostava plodov oblepikhi krushinovidnoi pri introduktsii v lesostep' Zapadnoi Sibiri* [Variability of the biochemical composition of sea buckthorn fruits during introduction into the forest-steppe of Western Siberia]. [Candidate Dissertation, Tsentral'nyi sibirskii botanicheskii sad SO RAN]. Novosibirsk, Russia.
- Kharaev, G. I., Komissarov, Yu. A., Kotova, T. I., & Khanturgaeva, G. I. (2007). Vliyanie novogo sposoba sushki na sodержание tyazhelykh metall-ov, pestitsidov i radionuklidov v oblepikhe obezvozhennoi [Effect of a new drying method on the content of heavy metals, pesticides and radionuclides in dehydrated sea buckthorn]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 8, 65-67.
- Kharaev, G. I., Kotova, T. I., Xantupgaeva, G. I., & Shipetopova, V. G. (2006). Issledovanie dielektricheskikh kharakteristik zamorozhennykh plodov oblepikhi [Study of the dielectric characteristics of frozen sea buckthorn fruits]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Fizika i tekhnika* [Bulletin of the Buryat State University. Physics and Technology], 3, 93-96.
- Kim, J.-S., Yu, C.-Y., & Kim, M.-J. (2010). Pharmacological effect and component of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Journal of Plant Biotechnology*, 37(1), 47-56. <https://doi.org/10.5010/IPB.2010.37.1.047>
- Kislukhina, O. V. (2004). *Vitaminnye komplekсы iz rastitel'nogo syrya* [Vitamin complexes from vegetable raw materials]. Moscow: DeLiprint.
- Kislukhina, O. V., Rumyantsev, V. Yu., Malakhov, A. E., & Soboleva, K. E. (2003). Vitaminizirovannyye masla iz plodov kustarnikovykh porod [Vitaminized oils from shrub fruits]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 5, 60-62.
- Korotkaya, E. V., & Korotkii, I. A. (2006). Izmenenie fiziko-khimicheskikh poka-zatelei plodov oblepikhi pri zamorazhivanii [Changes in the physicochemical parameters of sea buckthorn fruits during freezing]. *Khranenie i pererabotka sel'khoz-syrya* [Storage and processing of Farm Products], 2, 35-36.
- Korotkaya, E. V., Korotkii, I. A., Zadvinskaya, O. S., & Kareeva, E. A. (2005). Vliyanie zamorazhivaniya na fiziko-khimicheskie pokazateli yagod oblepikhi [The effect of freezing on the physicochemical parameters of sea buckthorn berries]. *Produkty pitaniya i ratsional'noe ispol'zovanie syrykh resursov* [Food and rational use of raw materials], 10, 65-66.
- Korotkii, I. A. (2009). *Issledovanie i razrabotka tekhnologii i zamorazhiva-niya i nizkotemperaturnogo khraneniya plodovo-yagodnogo syrya Sibirskogo regiona* [Research and development of technologies for freezing and low-temperature storage of fruit and berry raw materials in the Siberian region] [Doctoral Dissertation, Kemerovskii tekhnologicheskii institut pishche-voi promyshlennosti]. Kemerovo, Russia.

- Korotkii, I. A., & Korotkaya, E. V. (2008). Opredelenie temperatury zamerza-niya plodov oblepikhi [Determination of the freezing point of sea buckthorn fruits]. *Khrenenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 1, 30.
- Korotkii, I. A., Rasshchepkin, A. N., & Fedorov, D. E. (2015). Issledovanie pro-tsessov vakuumnoi sushki yagod oblepikhi [Study of the processes of vacuum drying of sea buckthorn berries]. *Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh* [National Association of Scientists], 8, 108-110.
- Kotova, T. I. (2007). *Razrabotka protsessa obezvozhivaniya oblepikhi zamoro-zhennoi mikrovolnovym vakuumnym metodom* [Development of the process of dehydration of sea buckthorn frozen by microwave vacuum method] [Candidate Dissertation, Vostochno-Sibirskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet]. Ulan-Ude, Russia.
- Kotova, T. I., Khanturgaev, A. G., Shiretorova, V. G., & Khanturgaeva, G. I. (2012). Razrabotka mikrovolnovogo vakuumnogo sposoba polucheniya poroshka iz zamorozhennogo plodovo-yagodnogo syr'ya [Development of a microwave vacuum method for obtaining powder from frozen fruit and berry raw materials]. *Khrenenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 6, 21-23.
- Kotova, T. I., Khanturgaeva, G. I., & Kharaev, G. I. (2006a). Sushka plodov oblepikhi v mikrovolnovoi vakuumnoi ustanovke [Drying sea buckthorn fruits in a microwave vacuum unit]. *Khrenenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 9, 25-26.
- Kotova, T. I., Khanturgaeva, G. I., Kharaev, G. I., & Polyakova, L. E. (2006b). Obosnovanie metoda sushki plodov oblepikhi v mikrovolnovoi vakuumnoi usta-novke [Substantiation of the method of drying sea buckthorn fruits in a microwave vacuum unit]. *Khrenenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 8, 27-28.
- Kotova, T. I., Komissarov, Yu. A., & Khanturgaeva, G. I. (2007). Optimal'nyi rezhim sushki na osnove matematicheskogo modelirovaniya protsessa [Optimal drying mode based on mathematical modeling of the process]. *Khrenenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 9, 28-30.
- Kotova, T. I., Xantupgaev, A. G., Kotov, A. I., & Yagello, E. V. (2021). Issledovanie protsessa polucheniya oblepikhovogo soka iz zamorozhennogo syr'ya v elektromagnitnom pole cvepxvy-cokix chactot [Study of the process of obtaining sea buckthorn juice from frozen raw materials in an electromagnetic field of ultrahigh frequencies]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i upravleniya* [Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management], 2, 25-32.
- Kotova, T. I., Xantupgaeva, G. I., & Shipetopova, V. G. (2007). Issledovanie teplofizicheskikh kharakteristik zamorozhennykh plodov oblepikhi [Study of the thermophysical characteristics of frozen sea buckthorn fruits]. *Vestnik Buryatskogo gos. universiteta. Fizika i tekhnika* [Bulletin of the Buryat State University. Physics and Technology], 6, 95-96.
- Kotova, T. N., Kharaev, G. I., Khanturgaeva, G. I., & Shiretorova, V. G. (2008). Optimal'nye sposoby sushki oblepikhi obezvozhennoi [Optimal ways of drying sea buckthorn dehydrated]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 1, 41.
- Mustafaeva, K. K. (2013). *Sovershenstvovanie tekhnologii pererabotki plodov oblepikhi, proizrastayushchei v respublike Dagestan, s ispol'zovaniem innovatsionnykh tekhnologicheskikh priemov* [Improving the processing technology of sea buckthorn fruits growing in the Republic of Dagestan, using innovative technological methods] [Candidate Dissertation, Kubanskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet]. Krasnodar, Russia.
- Nilova, L. P., & Malyutenkova, S. M. (2021). Antioksidantnye komplekсы ob-lepikhi krushinovidnoi (*Hippophaë rhamnoides* L.) severo-zapada Rossii [Antioxidant complexes of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) of northwestern Russia]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 83(1), 108-114. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-108-114>
- Pavlova, A. B., Chirkina, T. F., & Zolotareva, A. M. (2001). Biologicheski aktivnaya pishchevaya dobavka na osnove drevesnoi zeleni oblepikhi [Biologically active food supplement based on sea buckthorn wood greens]. *Khimiya rasti-tel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 4, 73-76.
- Polovnikova, I. V. (2016). Tekhnologicheskie protsessy khraneniya plodov i ovo-shchei dlya proizvodstva konservirovannoi produktsii [Technological processes of storage of fruits and vegetables for the production of canned products]. *Ekonomicheskaya sreda* [Economic Environment], 4, 55-59.
- Rozhnov, E. D. (2021). Antioksidantnyi potentsial plodov oblepikhi krushino-vidnoi i produktov ee pererabotki [Antioxidant potential of sea buckthorn fruits and products of its processing]. *Industriya pitaniya* [Food Industry], 6(1), 23-30. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-1-3>
- Rudaya, M. A. (2021). *Sravnitel'noe farmakognosticheskoe izuchenie plodov ob-lepikhi krushinovidnoi razlichnykh sortov* [Comparative pharmacognostic study of sea buckthorn fruits of various varieties] [Candidate Dissertation, Pervyi Moskovskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet im. I. M. Sechenova]. Moscow, Russia.

- Sergunova, E. V. (2015). *Izuchenie sostava biologich-eski aktivnykh veshchestv le-karstvennogo rastitel'nogo syr'ya razlichnykh sposobov konservatsii i lekar-stvennykh preparatov na ego osnove* [The study of the composition of biologically active substances of medicinal plant raw materials of various methods of conservation and drugs based on it] [Doctoral Dissertation, Pervyi Moskovskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet im. I. M. Sechenova]. Moscow, Russia.
- Shchegolev, A. A., Biktimirova, O. E., Startseva, L. G., & Yur'ev, Yu. L. (2021). Kriokhimicheskaya pererabotka plodov oblepikhi krushinovidnoi s polucheniem funktsional'nykh produktov pitaniya [Cryochemical processing of sea buckthorn fruits with the production of functional food products]. *Lesa Rossii i khozyaistvo v nikh* [Forests of Russia and economy in them], 1, 53-57. <https://doi.org/10.51318/FRET.2021.39.73.007>
- Solonenko, L. P., Loskutova, G. A., Druzhkova, T. A., & Sherstkin, A. F. (1991). Svobodnye aminokisloty soka i semyan oblepikhi [Free amino acids from sea buckthorn juice and seeds]. *Novoe v biologii, khimii i farmakologii oblepikhi* [New in biology, chemistry and pharmacology of sea buckthorn], 6, 79-85.
- Tereshchuk, L. V., & Pavlova, S. S. (2000). Poluchenie biologicheskii tsennykh produktov iz plodov oblepikhi [Obtaining biologically valuable products from sea buckthorn fruits]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [University news. Food Technology], 1, 46-48.
- Trineeva, O. V. (2016). *Kompleksnoe issledovanie soderzhaniya i spetsificheskogo profilya BAV plodov oblepikhi krushinovidnoi* [A comprehensive study of the content and specific profile of biologically active substances in the fruits of sea buckthorn]. Voronezh: Izdatel'skii dom VGU.
- Trineeva, O. V. (2017). *Teoreticheskie i metodologicheskie podkhody k standartizatsii i otsenke kachestva lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya i maslyanykh ekstraktov na ego osnove* [Theoretical and methodological approaches to standardization and quality assessment of medicinal plant materials and oil extracts based on it] [Doctoral Dissertation, Pervyi Moskovskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet im. I. M. Sechenova]. Moscow, Russia.
- Trineeva, O. V., & Slivkin, A. I. (2015). Issledovanie vliyaniya uslovii khraneniya plodov oblepikhi krushinovidnoi na soderzhanie summy svobodnykh aminokislot [Study of the influence of storage conditions of sea buckthorn fruits on the content of the amount of free amino acids]. In *Fiziko-khimicheskie protsessy v kondensirovannykh sredakh i na mezhfaznykh granitsakh: Materialy VII Vserossiiskoi konferentsii* [Physical and chemical processes in condensed media and at interphase boundaries: Proceedings of the 7th All-Russian Conference] (pp. 564-565). Voronezh: Nauchnaya kniga.
- Trineeva, O. V., & Slivkin, A. I. (2015). Opredelenie kal'tsiya v plodakh oblepikhi krushinovidnoi (Nippophaes rhamnoides L.) [Determination of calcium in the fruits of sea buckthorn (Hippophaes rhamnoides L.)]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of Plant Raw Materials], 1, 101-106.
- Trineeva, O. V., & Slivkin, A. I. (2016). Validatsiya metodiki opredeleniya ka-rotinoidov v plodakh oblepikhi razlichnykh sposobov konservatsii [Validation of the method for determining carotenoids in sea buckthorn fruits of various preservation methods]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy], 2, 145-151.
- Trineeva, O. V., Kaz'mina, M. A., & Slivkin, A. I. (2015). Issledovanie stabil'nosti antotsianovykh soedinenii v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Study of the stability of anthocyanin compounds in the fruits of sea buckthorn]. In *Fi-ziko-khimicheskie protsessy v kondensirovannykh sredakh i na mezhfaznykh grani-tsakh: Materialy VII Vserossiiskoi konferentsii* [Physical and chemical processes in condensed media and at interphase boundaries: Proceedings of the 7th All-Russian Conference] (pp. 565-566). Voronezh: Nauchnaya kniga.
- Trineeva, O. V., Kaz'mina, M. A., & Slivkin, A. I. (2017). Razrabotka i validatsiya metodiki opredeleniya summy svobodnykh i svyazannykh prostykh sakharov v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Development and validation of a methodology for determining the amount of free and bound simple sugars in sea buckthorn fruits]. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv* [Drug development & registration], 1, 138-143.
- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2012). Opredelenie flavonoidov i issledovanie vliyaniya uslovii khraneniya na ikh soderzhanie v plodakh oblepikhi metodom TSKh [Determination of flavonoids and study of the effect of storage conditions on their content in sea buckthorn fruits by TLC]. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy* [Sorption and Chromatographic Processes], 12(5), 806-813.
- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2012a). Opredelenie antioksidantnoi aktivnosti izvlechenii iz plodov oblepikhi krushinovidnoi [Determination of antioxidant activity of extracts from sea buckthorn fruits]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy], 2, 266-268.

- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2012b). Opredelenie flavonoidov v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Determination of flavonoids in the fruits of sea buckthorn]. *Farmatsiya [Pharmacy]*, 7, 18-21.
- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2013). Opredelenie biologicheskii aktivnykh veshchestv v plodakh oblepikhi krushinovidnoi (Nippophaes rhamnoides L.) [Determination of biologically active substances in the fruits of sea buckthorn (*Hippophaes rhamnoides* L.)]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials]*, 3, 181-186.
- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2013). Organicheskie kisloty v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Organic acids in the fruits of sea buckthorn]. *Farmatsiya [Pharmacy]*, 7, 7-10.
- Trineeva, O. V., Safonova, I. I., Safonova, E. F., & Slivkin, A. I. (2014). Issledovaniya po vyboru optimal'nykh uslovii khraneniya plodov oblepikhi krushinovidnoi [Research on the choice of optimal storage conditions for fruits of sea buckthorn]. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii [Questions of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry]*, 2, 47-52.
- Trineeva, O. V., Shikunova, N. S., & Slivkin, A. I. (2016). Issledovaniya po opredeleniyu dubil'nykh veshchestv v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Studies on the determination of tannins in the fruits of sea buckthorn]. *Farmatsiya [Pharmacy]*, 65(3), 16-21.
- Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., & Dmitrieva, A. V. (2014). Opredelenie ami-nokislot v plodakh oblepikhi krushinovidnoi razlichnykh sposobov konservatsii [Determination of amino acids in the fruits of sea buckthorn by various methods of preservation]. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv [Drug development & registration]*, 4, 136-142.
- Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., & Dortgulyev, B. (2015). Opredelenie mikro-biologicheskoi chistoty i mikotoksinov v lekarstvennom rastitel'nom syr'e i maslyanykh preparatakh na ego osnove (na primere plodov oblepikhi krushinovidnoi i list'ev krapivy dvudomnoi) [Determination of microbiological purity and mycotoxins in medicinal plant raw materials and oil preparations based on it (on the example of sea buckthorn fruits and stinging nettle leaves)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, 3, 124-128.
- Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., & Karlov, P. M. (2013). Opredelenie ekstrak-tivnykh veshchestv v nekotorykh vidakh lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya [Determination of extractive substances in some types of medicinal plant materials]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Farma-tsiya [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, 2, 220-224.
- Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., & Kaz'mina, M. A. (2014). Issledovanie spek-tral'nykh kharakteristik antotsianovykh soedinenii plodov oblepikhi krushinovidnoi [Investigation of the spectral characteristics of anthocyanin compounds in the fruits of sea buckthorn]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, 3, 118-122.
- Trineeva, O. V., Slivkin, A. I., Samylina, I. A., & Kaz'mina, M. A. (2015). Razrabotka metodiki kolichestvennogo opredeleniya antotsianov v plodakh oblepikhi krushinovidnoi [Development of a method for the quantitative determination of anthocyanins in the fruits of sea buckthorn]. *Farmatsiya [Pharmacy]*, 7, 9-13.
- Zemtsova, A. Ya., Zubarev, Yu. A., Gunin, A. V., & Morsel', D. T. (2016). Vliyanie zamorazhivaniya na sodержanie summy karotinoidov v sortobraztsakh plodov oblepikhi razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya [Influence of freezing on the content of total carotenoids in varieties of sea buckthorn fruits of various ecological and geographical origin]. In Pishcha. Ekologiya. Kachestvo: Trudy XIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Food. Ecology. Quality: Proceedings of the 13th International scientific-practical conference] (pp. 429-433). Krasnoyarsk: Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Zolotareva, A. M. (2004). *Osnovy resursosberegayushchei tekhnologii pererabotki biomassy Hippophae rhamnoides L. [Fundamentals of resource-saving technology for processing biomass Hippophae rhamnoides L.]* [Doctoral Dissertation, Sibirskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet]. Krasnoyarsk, Russia.
- Zolotareva, A. M. (2006). Biotekhnologicheskie aspekty pererabotki oblepikho-vogo soka [Biotechnological aspects of sea buckthorn juice processing]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya [Proceedings of universities. Food Technology]*, 1, 68-71.
- Zolotareva, A. M., Boronoeva, G. S., Chirkina, T. M., & Pavlova, A. B. (2003). Issledovanie drevesnoi zeleni oblepikhi pri proizvodstve khlebobulochnykh izdelii [Study of sea buckthorn tree greens in the production of bakery products]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya [Proceedings of universities. Food Technology]*, 1, 80-81.

- Zolotareva, A. M., Chirkina, T. F., & Meshkova, E. A. (2004). Ispol'zovanie biotekhnologicheskikh priemov pri proizvodstve oblepikhovoi pasty [The use of biotechnological methods in the production of sea buckthorn paste]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food Technology], 4, 43-45.
- Zolotareva, A. M., Chirkina, T. F., Gonchikova, S. D., & Karpenko, L. D. (1994). Khimicheskii sostav oblepikhovogo shrota [Chemical composition of sea buckthorn meal]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food Technology], 1-2, 24-26.
- Zolotareva, A. M., Gabanova, G. V., & Chirkina, T. F. (2005). Semena oblepikhi kak pishchevoi istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv [Sea buckthorn seeds as a food source of biologically active substances]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Food Technology], 1, 30-31.
- Araya-Farias, M., Makhlof, J., & Ratti, C. (2011). Drying of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry: Impact of dehydration methods on kinetics and quality. *Drying Technology*, 29, 351-359. <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.497590>
- Arimboor, R., & Arumugan, C. (2012). HPLC-DAD-MS/MS profiling of antioxidant glycosides in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seeds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(6), 730-738. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.652075>
- Bayraktar, V. (2013). Organic acids concentration in wine stocks after *Saccharomyces cerevisiae* fermentation. *Biotechnologia Acta*, 6(3), 97-106.
- Belinska, S., Moroz, O., & Safiullina, L. (2020). Consumer properties of fresh and frozen hippophae berries of the velikan variety. *Commodities and Markets*, 4, 113-120. <https://doi.org/10.31617/tr.knute>
- Christaki, E. (2012). *Hippophae Rhamnoides* L. (Sea Buckthorn): a Potential Source of Nutraceuticals. *Food and Public Health*, 2, 69-72. <https://doi.org/10.5923/j.fph.20120203.02>
- Gutzeit, D., Wray, V., & Winterhalter, P. (2006). Preparative isolation and purification of flavonoids from sea buckthorn juice concentrate (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *rhamnoides*) by high-speed counter-current chromatography. *Chromatographia*, 65(12), 1-7. <https://doi.org/10.1365/s10337-006-0105-6>
- Heyen, S., Scholz-Böttcher, B. M., Rabus, R., & Wilkes, H. (2020). Method development and validation for the quantification of organic acids in microbial samples using anionic exchange solid-phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412, 7491-7503. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02883-3>
- Kashyap, P., Deepshikha, C. S. R., & Jindal, N. (2020). Sea Buckthorn. *Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits*, 2, 201-225. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7285-2_11
- Kim, J.-S., Yu, C.-Y., & Kim, M.-J. (2010). Pharmacological effect and component of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Journal of Plant Biotechnology*, 37(1), 47-56. <https://doi.org/10.5010/IPB.2010.37.1.047>
- Korotkiya, A., Korotkaya, E. V., & Kireev, V. V. (2016). Energy efficiency analysis of the sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) fruits quick freezing. *Foods and Raw Materials*, 4(1), 110-120. <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-110-120>
- Kumar, V., Sharma, A., Bhardwaj, R., & Thukral, A. T. (2017). Analysis of organic acids of tricarboxylic acid cycle in plants using GC-MS, and system modeling. *Journal of Analytical Science and Technology*, 8, Article 20. <https://doi.org/10.1186/s40543-017-0129-6>
- Nour, V., Panaite, T. D., Corbu, A. R., Ropota, M., & Turcu, R. P. (2021). Nutritional and Bioactive Compounds in Dried Sea-Buckthorn Pomace. *Erwerbs-Obstbau*, 63, 91-98. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00539-1>
- Raffo, A., Paoletti, F., & Antonelli, M. (2004). Changes in sugar, organic acid, flavonol and carotenoid composition during ripening of berries of three seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars. *European Food Research and Technology*, 219, 360-368. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0984-4>
- Rösch, D., Krumbein, A., & Mügge, C. (2004). Structural investigations of flavonol glycosides from sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) pomace by NMR spectroscopy and HPLC-ESI-MS(n). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(13), 4039-4046. <https://doi.org/10.1021/jf0306791>
- Sabir, S. M., Maqsood, H., Hayat, I., Khan, M. Q., & Khaliq, A. (2005). Elemental and nutritional analysis of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica*) berries of Pakistani origin. *Journal of Medicinal Food*, 8(4), 518-522. <https://doi.org/10.1089/jmf.2005.8.518>
- Yadav, A., Stobdan, T., Chauhan, O. P., Dwivedi, S. K., & Chaurasia, O. P. (2019). Sea Buckthorn: A Multipurpose Medicinal Plant from Upper Himalayas. *Medicinal Plants*, 1, 399-426. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.09.024>
- Wanchao, C., Pengjuan, C., Huaying, S., Weiqing, G., Chunwu, Y., Hao, J., Bin, F., & Decheng, S. (2009). Comparative effects of salt and alkali stresses on organic acid accumulation and ionic balance of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Industrial Crops and Products*, 30(3), 351-358. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.06.007>

Особенности изменения температуры пристенных слоев зерна пшеницы при хранении в силосах элеваторов

Лоозе Валерий Владимирович

ФГБУ Научно-исследовательский институт проблем хранения Росрезерва

Адрес: Москва, 11033, Волочаевская ул. д. 40, корп. 1

E-mail: vaalfa@yandex.ru

Гурьева Ксения Борисовна

ФГБУ Научно-исследовательский институт проблем хранения Росрезерва

Адрес: Москва, 11033, Волочаевская ул. д. 40, корп. 1

E-mail: guriewa.ksen@yandex.ru

Белецкий Сергей Леонидович

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской

промышленности – филиал Федерального научного

центра пищевых систем им. В. М. Горбатова

Адрес: Москва, 107023, Электрозаводская ул. д. 20, стр. 3

E-mail: grain-miller@yandex.ru

Костромина Татьяна Геннадьевна

ФГБУ Научно-исследовательский институт проблем хранения Росрезерва

Адрес: Москва, 11033, Волочаевская ул. д. 40, корп. 1

E-mail: kazbanova.t@yandex.ru

Динамика изменения внутренних температур в железобетонных силосах освещена в отечественных и зарубежных исследованиях в недостаточной мере. Цель данной статьи – изучение динамики изменения температуры зерна в центре силоса традиционным способом с помощью термоподвесок, а также по горизонтальным слоям, определение толщины пристенного зернового слоя подверженного наибольшему нагреванию/охлаждению, а также выделения в нём критичного слоя. Представлен анализ результатов мониторинга температурного режима хранения пшеницы с помощью измерительной системы из термогигрометров (логгеров) типа DS1923-F5. Исследование проведено в течение годового цикла в наружных силосах элеватора, расположенного в умеренном климате Западно-Сибирской климатической области. Изучено распределение температур по вертикали силосов по трем уровням (верхний, средний и нижний), распределение температур по горизонтали силосов (на разном расстоянии от стенки силоса от 5 до 75 см). Сделан сравнительный анализ данных температурного режима в силосах, расположенных с южной и северной сторон элеватора. Получены новые оригинальные данные с термогигрометров, которые статистически обработаны. Определена толщина пристенного слоя зерновой массы, наиболее подверженного нежелательным температурным воздействиям для наружных силосов южной и северной сторон элеватора. пристенных слоёв зерна и отстоящих от наружной стены до одного метра. Показано, что наиболее критичным с более высокой температурой является верхний уровень, где необходимо более тщательно контролировать качество зерна. Средний и нижний уровни находятся в более благоприятных температурных условиях сохранности. К наиболее критичным горизонтальным слоям зерна (т.е. имеющим в летний период температуру выше 15 °С) на нижнем уровне отнесены слои от пристенного до отстоящего от стен силоса на 35 см, а на верхнем уровне все слои от пристенного до отстоящего от стен силоса на 75 см.

Ключевые слова: температура, контроль, термоподвеска, термогигрометр, южная сторона, северная сторона, климат, зерно, пшеница, качество, хранение, наружный силос, элеватор, железобетон, теплопроводность

Введение

Влияние температуры хранения на качество зерна

В зерне, заложенном на длительное хранение, продолжают процессы обмена веществ, свойственные живым организмам. Их интенсивность при определенных неблагоприятных условиях может повыситься настолько, что значительно изменяется состав и свойства компонентов. Исследования, посвященные влиянию условий хранения на качество зерна разных культур (Тохтиева, 2016; Черкасов, 2013; Усатиков & Малеева, 2007), свидетельствуют о том, что температурный режим хранения является определяющим фактором сохранности зерна. Возможными причинами нагрева зерна в период хранения являются дыхательные, микробиологические процессы и развитие вредителей. В результате дыхательных процессов происходят биологические потери зерна. Многочисленные исследования показали отрицательное влияние повышенных температур на интенсивность дыхания зерна (Гурьева & Иванова, 2016; Орловцева и др., 2016). Энергия дыхания возрастает при повышении температуры и влажности, а резко увеличивается при увеличении влажности до значения 15 % и температуры до 30.

Влияние условий хранения на биологические свойства и пораженность плесневыми грибами зерна пшеницы и ячменя было изучено (Waszkiewicz & Sypula, 2008). Ими было показано увеличение числа плесневых грибов родов *Aspergillus* и *Penicillium* с возрастанием влажности зерна и температуры хранения. Из литературных источников (Трисвятский, 1991; Мачихина, 2006) также известно, что пониженные температуры до 10-11 °C большинство насекомых переносят плохо: насекомые становятся вялоподвижными, не питаются, поэтому задерживается развитие всех стадий. Температура 0 °C и ниже губительна для большинства насекомых. На этом факторе основаны профилактические мероприятия борьбы с вредителями хлебных запасов.

Похожие данные, опубликованные зарубежными исследователями (Wilkes & Copeland, 2008), показали, что температура 4 °C позволяет избежать снижения качества зерна, однако при температуре 30 °C возрастание содержания высокомолекулярных субъединиц глютеина в мягкой пшенице отрицательно повлияло на хлебопекарные свойства муки из исследованного зерна.

Температура хранения влияет на продолжительность хранения продовольственного зерна (Yahya, 2001). Этот исследователь разработал экспериментальную установку для измерений допустимого времени хранения пшеницы в зависимости от температуры воздуха, влажности и степени повреждения зерна. По результатам статистического вариационного анализа было показано, что при увеличении температуры хранения, влажности и степени поврежденности зерна допустимая длительность хранения снижается. Увеличение температуры хранения с 4 до 40 °C для зерна одной и той же влажности уменьшает допустимый срок хранения в 2-3 раза. Пониженные температуры обеспечивают хорошую сохранность не только продовольственного зерна, но и семян (Chamurliyski & Stoyanova, 2012). Хранение семян мягкой пшеницы из селекционной коллекции в морозильной камере позволило сохранить генетические ресурсы в течение 10-летнего периода. Оптимальной температурой хранения признан уровень не выше +10°C, при которой зерно находится в охлажденном состоянии, снижается интенсивность дыхания, жизнедеятельности вредителей и микрофлоры (Малеева и др., 2012; Орловцева и др., 2016; Гурьева и др., 2013).

Таким образом, температура зерна относится к физическим факторам риска при длительном хранении зерна, и для того чтобы своевременно выявлять возникновение очагов с повышенной температурой в зерновой насыпи необходимо измерение температуры зерна.

Обоснование и алгоритм экспериментальных исследований

Зерно на длительное многолетнее хранение размещается в силосы элеваторов из сборного или монолитного железобетона, поскольку именно железобетонные конструкции наилучшим образом сглаживают воздействие наружных колебаний температур воздуха. В железобетонных силосах элеваторов зерно хранится большой массой, емкость силоса шириной 3 м и высотой до 30 м, имеет в основном небольшую поверхность соприкосновения с наружным воздухом в надсилосном и подсилосном помещениях, кроме внешних силосов. Наружный силос взаимодействует с окружающей средой по всей поверхности наружной стены. Именно поэтому состояние зерна по температуре необходимо контролировать по всей хранящейся массе (Трисвятский, 1991; Масло и др., 2014). Измерение температуры зерна должно осуществляться дистанционно с использованием централизо-

ванного пульта контроля температуры и автоматического по заданной программе считывания, накопления и выдачи результатов измерения. Средства, применяемые для контроля температуры, должны обладать высокой чувствительностью и малой погрешностью измерения (Мерзляков и др., 2010; Масло и др., 2014; Бибик, 2014).

В период хранения зерна необходимо применять способы поддержания температуры и влагосодержания зерна, при этом наиболее эффективным признано активное вентилирование охлажденным воздухом, имеющим температуру окружающей среды. Большую помощь в организации вентилирования оказывают математические методы с разработкой компьютерных моделей для расчета тепло- и массопередачи (Montross et al., 2002; Abbouda, 2001). Наилучшее совпадение расчетных и экспериментальных данных получено для хорошо герметизированных емкостей.

Научные работы последних лет посвящены в основном исследованию мониторинга температуры, режима вентилирования, тепломассообменных процессов и технологических основ процесса вентилирования в *металлических силосах* большой емкости (Кечкин 2019; Беляева & Кечкин, 2020а; Беляева & Кечкин, 2020б; Разворотнев & Гавриченко, 2020; Yisa et al., 2018). При этом, в литературе приведено мало данных по исследованию динамики изменения внутренних температур в *железобетонных силосах*, к тому же они получены достаточно давно с использованием аналогового оборудования с низким функционалом (Сологубик и др., 1981; Анастасиади и др., 1981; Шендеров & Сорока, 1994). Поэтому проведение экспериментальных исследований актуально для уточнения механизма миграции температуры внутри железобетонных силосов.

Стационарные измерительные устройства, применяемые в силосе - термоподвески, предназначены осуществлять контроль температурного режима хранения, но они расположены на значительном удалении от наиболее критичного слоя зерна, расположенного у наружной стены силоса элеватора.

Цель данной статьи – описать эксперимент по исследованию динамики изменения температуры зерна как в центре силоса традиционным способом с помощью термоподвесок, так и на трех горизонтальных уровнях, при помощи специально созданной измерительной системы логгеров, определения размера пристенного зернового слоя подверженного наибольшему

нагреванию/охлаждению, а также выделения в нём критичного слоя.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования

Объектами исследования служили наружные силоса элеватора из сборного железобетона, заполненные пшеницей 3 класса. Элеватор расположен в зоне умеренного климата южной континентальной Западно-Сибирской климатической области.

Оборудование и схемы его закладки

Для контроля температуры зерна в центре силоса по вертикали применяли следующее оборудование: автоматизированная система диспетчерского контроля АСДК-1152/6 с термоподвесками ТП-8, ТП-01, ТП-32, представляющая аппаратно-программный комплекс. Термоподвески снабжены шестью датчиками (по 2 датчика на верхний, средний и нижний зерновой слой). В соответствии с требованиями длительного хранения зерна регистрация температуры в силосах с помощью системы АСДК проводилась 2 раза в неделю в течение всего срока хранения пшеницы (до 6 лет).

Для контроля горизонтального распределения температуры пристенных слоев зерновой массы был создан измерительный комплекс iBDL (Рисунок 1), состоящий из трех измерительных систем из термогигрометров (логгеров) (тип DS1923-F5), каждая по 8 штук. Установленные в металлические держатели логгеры были закреплены при помощи жгутов (Рисунок 2), общее количество логгеров 24 штуки. Логгеры настроили на измерение параметров температуры два раза в сутки в продолжении



Рисунок 1. Измерительная система с термогигрометрами DS1923-F5 и аксессуарами



Рисунок 2. Крепление логгеров в металлические держатели

годового цикла. Логгеры на канатах (Рисунок 3) были расположены внутри зерновой массы пшеницы на разных расстояниях (от 5 до 75 см) от внутренней поверхности наружного силоса согласно схеме, приведенной на Рисунке 5. Схема размещения логгеров по вертикали силосов на трех уровнях приведена на Рисунке 6. Параметры наружного климата, измерял один датчик в климатической будке расположенной снаружи силоса (Рисунок 4).

Этапы мониторинга температурных параметров внутри силоса были следующие :

- на первом этапе (март 2018 по март 2019 гг) контролировали температурный режим во внешнем силосе элеватора с южной стороны;
- на втором этапе (апрель 2019 по апрель 2020 гг) датчики были перемещены во внешний силос элеватора с северной стороны.



Рисунок 4. Термогигрометр DS1923-F5 установленный в наружной климатической будке



Рисунок 3. Расположение термогигрометров на канате внутри силоса

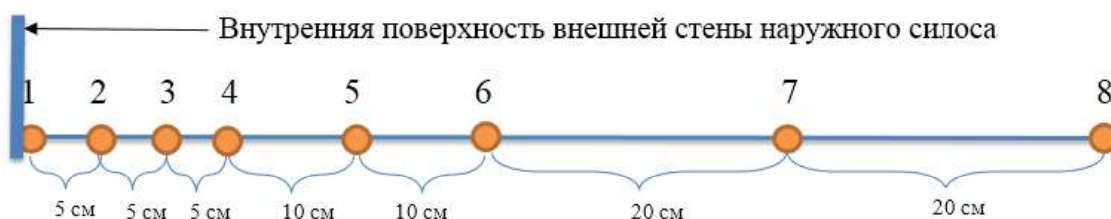


Рисунок 5. Схема крепления термогигрометров от 1 до 8 слоя на горизонтальной подвеске

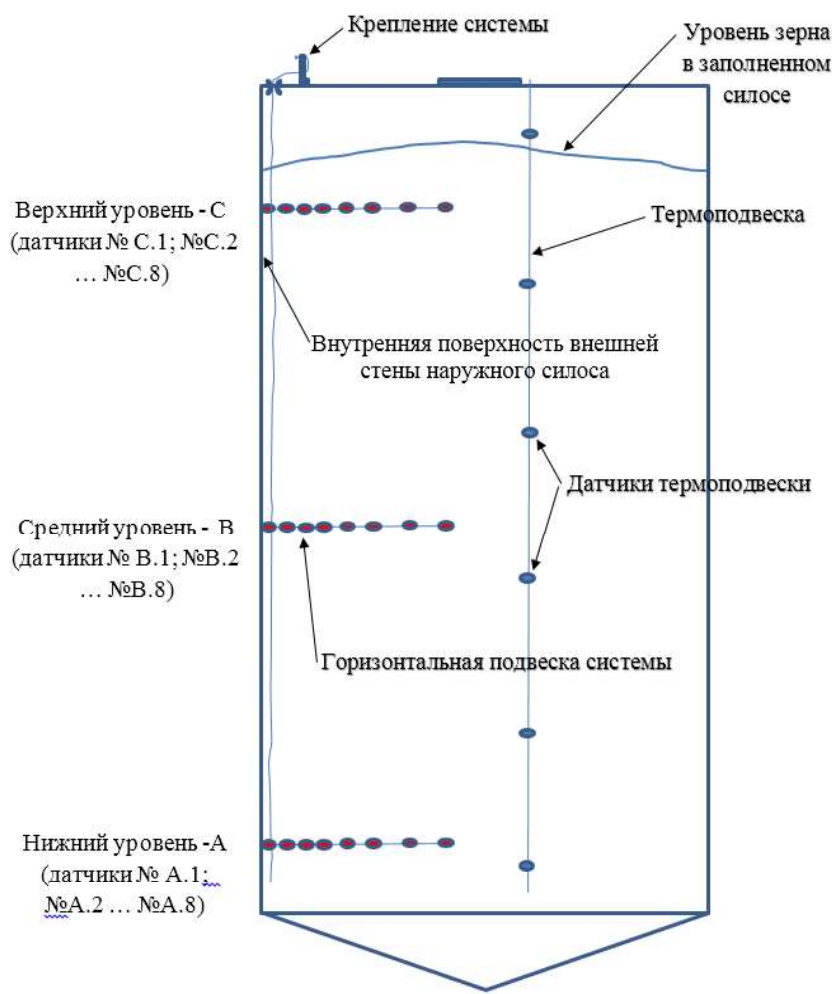


Рисунок 6. Схема закладки горизонтальных подвесок из термогигрометров по вертикали силоса
А - на нижнем уровне (2-3 метра насыпи зерна), В – на среднем уровне (16-17 метров насыпи зерна)
и С – на верхнем уровне (25-26 метров насыпи зерна)

Анализ данных

Статистическая обработка всех полученных данных с термогигрометров проводилась с использованием специализированного программного обеспечения iBDL. Методы статистической обработки экспериментальных данных также подробно изложены в предыдущей нашей работе (Белецкий & Лоозе, 2019).

Результаты и их обсуждение

Распределение температур зерна по вертикали по центру силоса (контроль по термоподвескам). Характер изменения температуры зерновой массы при хранении в течение 2014-2019гг представлен на Рисунок 7, а статистические результаты обработки данных в Таблице 1.

Для континентального климата сибирского региона характерна динамика изменения температуры наружного воздуха в годовом цикле, о чём свидетельствует значительный интервал между зимним и летним периодом (от минус 15 °С до плюс 23 °С). Температура зерна в центре силоса изменяется периодически в след за температурой наружного воздуха, но изменяется с запаздыванием на 3-4 месяца. Данный факт свидетельствует о хороших теплоизолирующих свойствах стен из железобетона. Для обеспечения требуемых температурных условий длительного хранения зерна и выполняются периодические охлаждения зерна. На формирование температурного режима оказывает незначительное влияние конвекционный процесс внутри массы зерна. Конвекция в межзерновом пространстве возникает из-за наличия разницы давлений воздуха снаружи и внутри силосов и наличия разницы температур по высоте



Рисунок 7. Температурные данные зерновой массы в центре силоса по слоям при хранении за 2014-2019 гг. и наружный воздух

заполненного силоса. Известно, что конвекционный процесс обладает сильной инерцией в массе зерна, поскольку в силосах большой объём и скважистость для пшеницы составляет в среднем 30-40%, именно поэтому необходимо значительное время для снижения или повышения температуры (Мерзляков и др., 2010).

Таблица 1

Статистическая обработка данных температуры наружного воздуха и зерновой массы в центре силоса за 2014-2019гг.

	наружный воздух	верх- ний слой	сред- ний слой	нижний слой
Среднее	4,49	7,2	5,75	4,02
Мода	18	17	12	11
Дисперсия выборки	192.72	74.36	44.06	67.16
Минимум	-28	-11	-8	-12
Максимум	26	23	20	18

Расположенное на разной высоте зерно в силосе элеватора, по разному изменяет свою температуру в течении года. Из Рисунка 7 видно, что максимальная температура хранящегося зерна в центре силоса наблюдалась во все годы в верхнем слое в июле-сентябре и составляла 15-20 °C; минимальное значение температуры зерна (минус 6-10 °C) было достигнуто тоже в верхнем слое. В 2018 была отмечена наибольшая разница температур в годовом цикле между отрицательными и положительными значениями она составляла около 22 °C. В течение 2015, 2016, 2017гг. разброс данных по температуре зерна в годовом цикле составлял меньшую амплитуду: максимум (от 13 до 18 °C) в основном приходился на верхний слой в авгу-

сте – сентябре, минимум (от минус 6 °C до минус 10 °C) – на нижний слой в феврале-марте.

Анализ обработанных данных в течение годового цикла наблюдений, представленных в Таблице 1 показал, что температура по вертикали зерновой массы в центре силоса различается по слоям: нижний и средний слои в большей степени имеют стабильные температуры, чем верхний слой. Данные статистического показателя «мода», – это то значение в анализируемой совокупности данных, которое встречается чаще других показывает, что нижний слой наиболее часто имеет температуру 11 °C, средний 12 °C, а верхний 17 °C. Подтверждается доступность верхних слоёв воздействию атмосферного воздуха в большей степени, чем средних и нижних, так как имеют соприкосновение с воздухом надсилосного пространства. Рекомендуется применять профилактические меры по снижению температуры в надсилосном этаже с наступлением весенне-летнего, ограничивая доступ в него тёплого воздуха.

Статистических анализ измеренных параметров температуры зерна в силосах позволил установить корреляционную зависимость между температурой наружного воздуха и температурой зерна по слоям. Проведенная оценка влияния температуры наружного воздуха на температуру зернового слоя выявила заметную положительную корреляцию с верхним слоем зерна ($r=+0,62$), и слабую положительную корреляцию с нижним и средним слоями зерновой массы (соответственно $r=+0,20$ и $r=+0,34$). Это свидетельствует о слабом влиянии наружной температуры на температуру зерна, следствие хороших теплоизолирующих свойств стен силосного корпуса и ограничение доступа наружного воздуха. Ранее в литературе не встре-

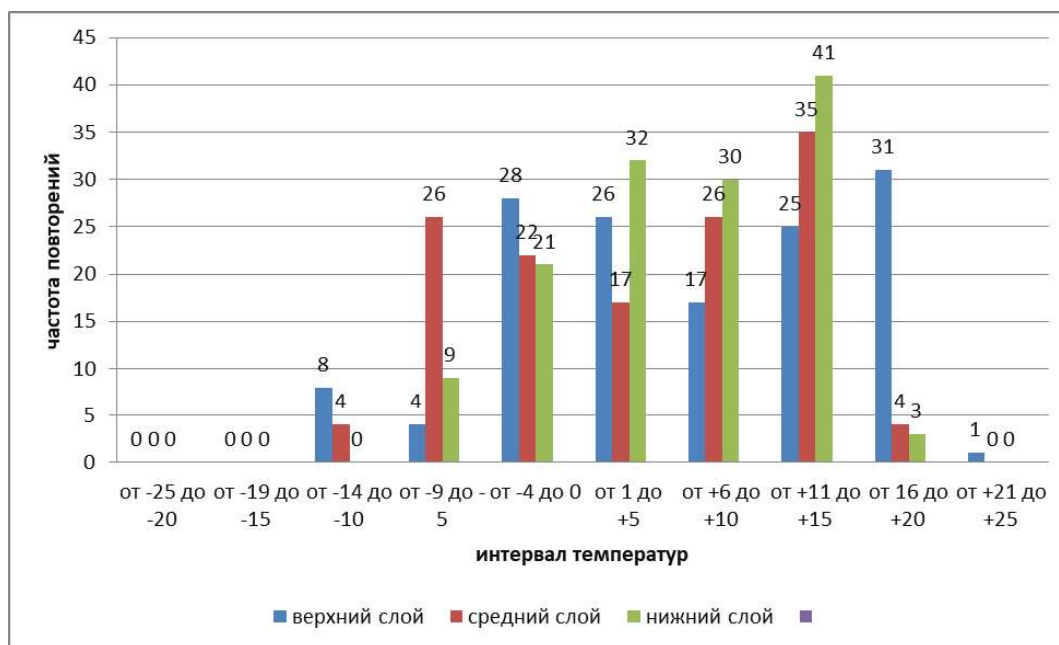


Рисунок 8. Распределение значений температур зерновой массы за 2014-2019 гг. в центре силоса в зависимости от высоты расположения в силосе

чали оценку влияния параметров наружного воздуха на температуру зерновой массы.

Характер разброса значений температур зерновой массы на разных по высоте уровнях в силосе элеватора представлены на гистограмме распределения температур, Рисунок 8. На Рисунке 8 наглядно представлены три слоя имеющие примерно одинаковый температурный разброс значений по количеству повторений. Отличия наблюдаются только по абсолютной величине. Особенно следует отметить, что в рекомендуемом для длительного хранения зерна интервале температур располагается наибольшее количество измеренных температур для нижнего и среднего слоя зерновой массы. Верхний слой характеризуется наличием повышенных температур. Зерно верхнего слоя находится в критически опасной температурной зоне.

Таким образом, при хранении на элеваторах и складах зерно подвергается воздействию температур, связанных с сезонными колебаниями, что подтверждает литературные данные (Скрябин, 2006; Скрябин, 2008). Степень этого влияния зависит от влажности зерна и температуры окружающей среды. Колебания атмосферных условий вызывают колебания температуры внутри хранящейся зерновой массы, размещенной в силосной

емкости, а под воздействием температурных перепадов наружного воздуха в насыпи происходит влагоперенос, т.е. перемещение влаги к более холодным участкам, вызывая их увлажнение, что может привести к повышению влажности зерна выше критической¹. В наиболее неблагоприятных условиях находятся пристенные слои зерна в силосе, в направлении которых происходит основной перенос влаги. Для устранения возможности увлажнения пристенных слоев зерна рекомендовано уменьшить потенциал переноса влаги, т.е. температурные перепады, и проводить аэрацию зерна с целью выравнивания температуры в периферийных слоях.

Распределение температур пристенных слоев зерновой массы (контроль по термогигрометрам (логгерам))

Оценка результатов мониторинга температурного режима хранения пшеницы с помощью измерительной системы из термогигрометров (логгеров) типа DS1923-F5 проведена по следующим направлениям:

- распределение температур по вертикали силосов – датчики были заложены на трех уровнях: 1 – верхний уровень, 2 – средний уровень, 3 – нижний уровень;

¹ Громошин, Н. А., & Новиков, С. А. (1982). Патент РФ № 959679. Способ хранения кондиционного зерна в металлических хранилищах. Федеральный институт промышленной собственности. https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0000959679_19820923_A1_SU/

- распределение температур по горизонтали силосов (измерения проводились в 8 точках на разном расстоянии от стенки силоса: пристенный, 5 см, 10 см, 15 см, 25 см, 35 см, 55 см, 75 см;
- сравнительный анализ данных температурного режима в силосе, расположенном с северной стороны элеватора (2017-2018 гг.) и в

силосе, расположенном с южной стороны элеватора (2018-2019 гг.).

Анализ температуры зерна по уровням вертикали силосов

На Рисунках 9-12 представлены графики значений наружной температуры и температуры зерна

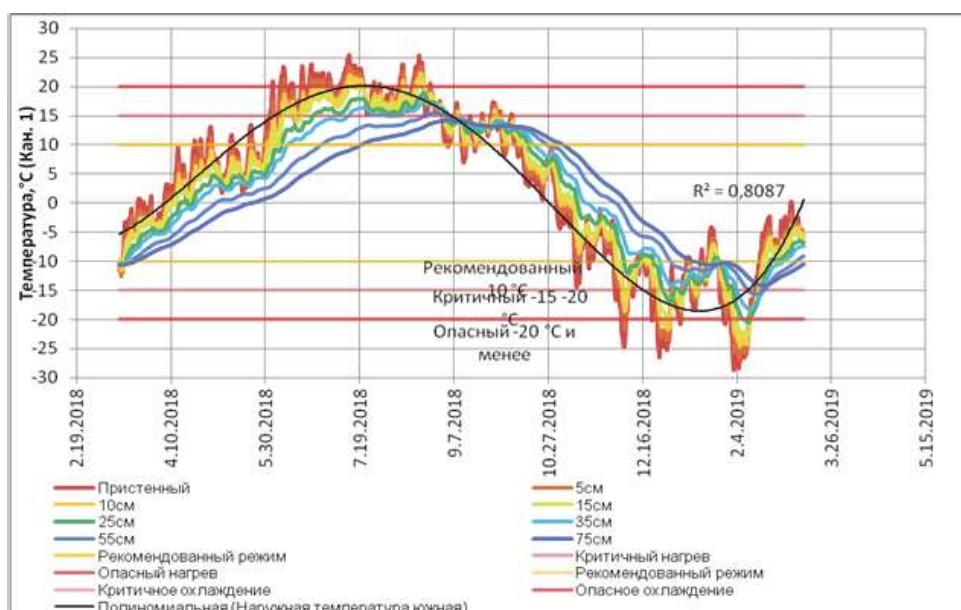


Рисунок 9. Южный нижний уровень. Графики значений наружной температуры и температуры зерновой массы на разных расстояниях от стены силоса

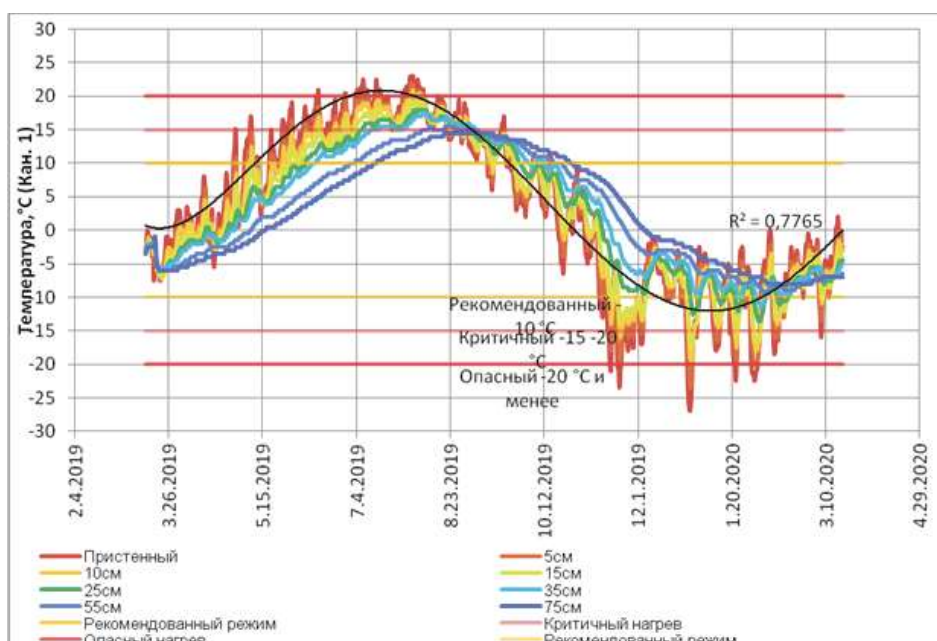


Рисунок 10. Северный нижний уровень. Графики значений наружной температуры и температуры зерновой массы на разных расстояниях от наружной стены внешнего силоса

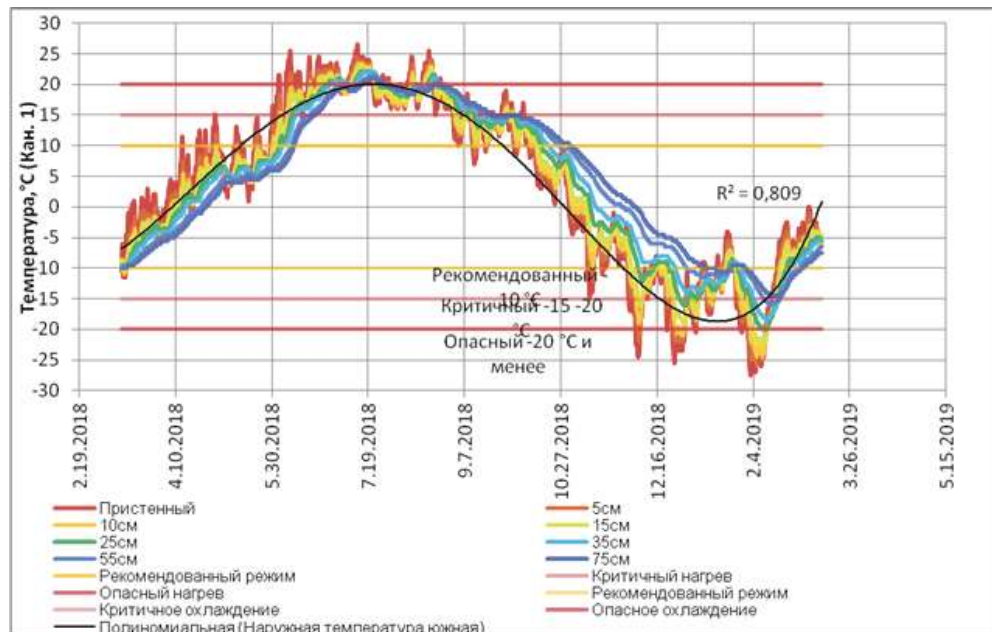


Рисунок 11. Южный верхний уровень. Графики значений наружной температуры и температуры зерновой массы на разных расстояниях от наружной стены внешнего силоса

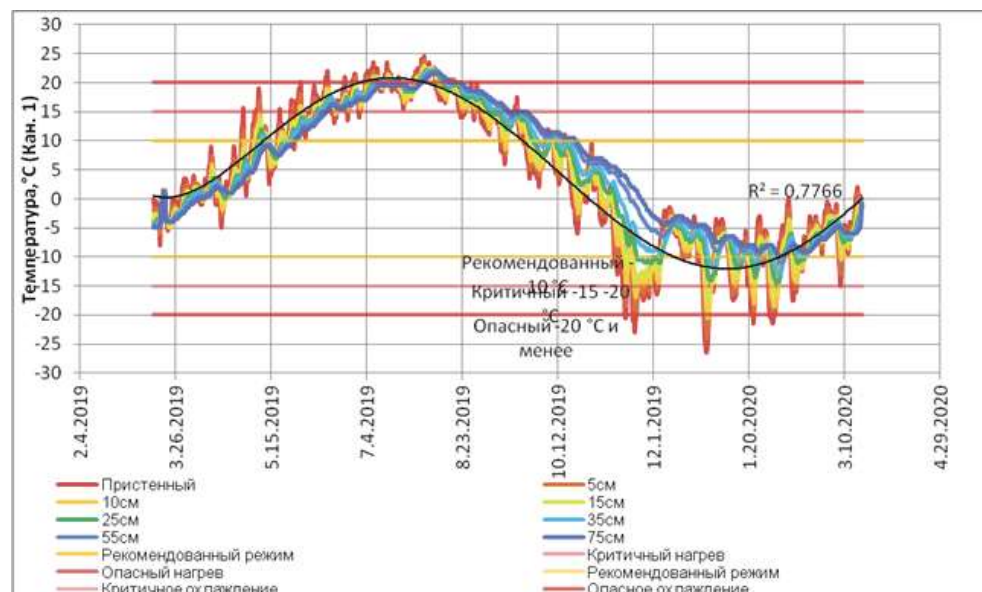


Рисунок 12. Северный верхний уровень. Графики значений наружной температуры и температуры зерновой массы на разных расстояниях от наружной стены внешнего силоса

нижнего и верхнего уровней для разных расстояний от наружной стены.

В условиях Российской Федерации оптимальный температурный диапазон длительного хранения товарного зерна пшеницы составляет от -10°C до $+10^{\circ}\text{C}$, а допустимым можно считать диапазон от -15°C до $+15^{\circ}\text{C}$. На графиках, для сравнения указаны эти диапазоны оптимальных температур.

Графики построены с допущением, что воздействие наружного воздуха на зерновую массу равномерное, хотя в реальных условиях эксплуатации железобетонных силосов, внешняя температура значительно изменяется в зависимости от времени суток. Графики на Рисунках 9-12 показывают, что в зависимости от температуры наружного воздуха изменяются температуры зерна в силосах элеватора. Наглядно видно, что для всех слоев зер-

на характерно цикличное изменение температуры на верхнем уровне с задержкой 2-3 месяца, на нижнем - с задержкой 4-5 месяцев.

Из Рисунков 9-10 (нижний уровень зерна в силосе) видно, что максимальная температура зерна: 18-25 °С достигалась в пристенном слое в период с апреля по сентябрь. В слоях зерна, отстоящих от стен силоса на 10-75 см, максимум температур (13-18 °С) приходился на май-октябрь.

Из Рисунков 11-12 (верхний уровень зерна в силосе) видно, что максимум температур зерна был более коротким, чем на нижнем уровне, и максимальная температура зерна в пристенном слое была в мае-августе в диапазоне 20-27 °С, в слоях зерна, отстоящих от стен силоса на 10-75 см, отмечена также в мае-августе и составляла 18- 23 °С.

Статистически обработанные данные температуры зерна, расположенные на разных высотах внутри силоса представлены на Рисунке 13, где показано наличие различий температуры на разных высотах. Из Рисунка 13 видно, что температура зерновой массы на расстоянии 75 см от стен силоса имеет расхождения по его высоте. Слои зерна верхнего уровня прогревались и охлаждались несколько сильнее (до +20° летом и до -10° зимой), чем среднего и нижнего. Зерно верхнего уровня больше подвержено внешнему воздействию особенно в весенне-летний период

годового цикла, при повышении температуры и нагреве зерновой массы. А нижний слой характеризуется меньшим расхождением температурного диапазона. Это объясняется конструктивной особенностью силосов элеватора, поскольку силосы располагаются под надсилосной плитой, которая не имеет теплоизоляции, к тому же происходит естественное перераспределение температуры по высоте, более холодным остаётся нижний уровень и нагревается верхний. Значения температуры зерна верхнего слоя даже выходят за пределы критического интервала, попадая в зону опасную для качественных характеристик, что не рекомендуется при длительном хранении.

Таким образом, зерно верхнего уровня силоса по температуре находится с мая по сентябрь в более критичном положении, чем зерно нижнего уровня силоса, при этом температура зерна верхнего уровня в эти периоды года превышает оптимальную температуру 15 °С во всех слоях по горизонтали. Температура зерна в нижнем уровне превышает оптимальную температуру только в слоях, отстоящих от стен силоса на 10-35 см. А слои 55-75 см нижнего уровня имеют оптимальную температуру зерна ниже 15 °С.

В отдельных научных исследованиях получены данные, что при хранении зерна повышенные температуры наибольшее воздействие оказывают в южной зоне России (Ветелкин и др., 2003) и в

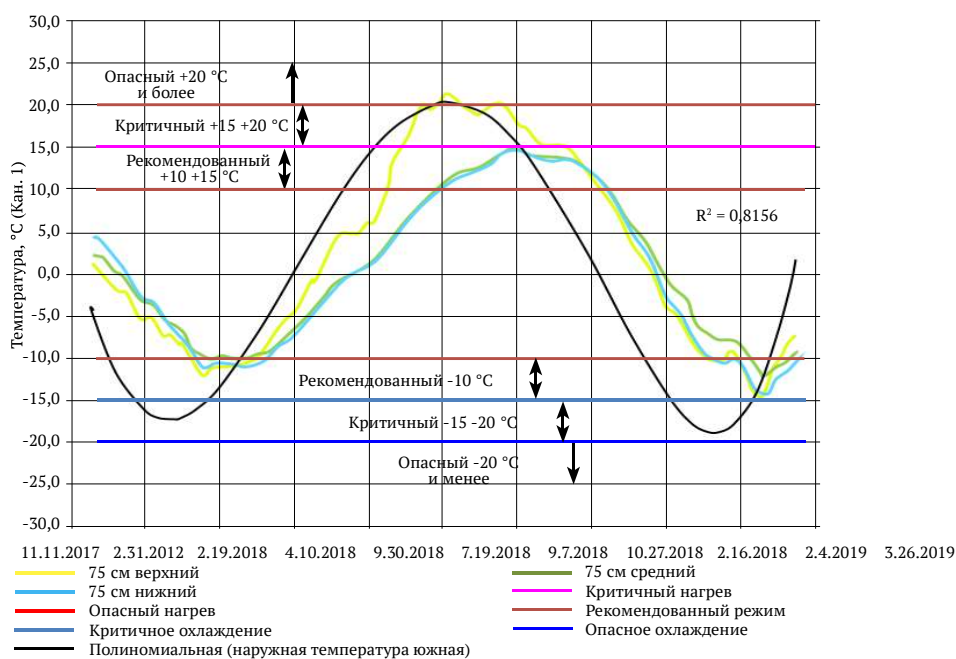


Рисунок 13. Графики значений наружной температуры и температуры зерновой массы нижнего, среднего и верхнего уровня на расстоянии 75 см от наружной стены внешнего силоса

Казахстане (Шаймерденова, 2017). Хранение зерна мягкой пшеницы в условиях температуры 30 °С и относительной влажности 70% вызывало снижение клейковины, а пониженные температуры на уровне 10 °С обеспечивали наименьшие изменения технологических достоинств зерна мягкой пшеницы, и сохраняли исходное качество на уровне исходного.

В дополнение к имеющимся в литературе данным наши результаты позволили выявить наличие зависимости температуры хранимого зерна от расположения в силосе по высоте. Наиболее критичным с более высокой температурой является верхний уровень, где необходимо более тщательно контролировать качество зерна. Средний и нижний уровни находятся в более благоприятных температурных условиях сохранности.

Анализ данных температуры зерна по слоям горизонтали силоса Представленные графики на Ри-

сунках 9-13 наглядно показывают, что влияние температуры атмосферного воздуха на величину температуры зерна уменьшается с увеличением расстояния вглубь от наружной стены внешнего силоса (увеличением толщины зернового слоя) и остается существенным только для зернового слоя толщиной 50 см. Измеренные данные температур показали, что температура пристенного слоя зерна толщиной до 5 см охлаждается в течение трёх суток на 10 °С, а слой зерна толщиной 5-10 см также охлаждается на 9 °С.

Зафиксированные температурные режимы (Рисунки 9-13) свидетельствуют, что самыми неустойчивыми с большими колебаниями температуры зерна являются пристенный слой и слои, отстоящие от стенок силоса на 5-25см. В слоях от стен силоса на 55-75 см температура зерновой массы более стабильная. Эту тенденцию можно отметить и для верхнего, и для нижнего уровней по вертикали силосов, а также в силосах, расположенных с северной и южной сторон.

Таблица 2

Статистическая обработка данных температуры верхнего уровня южного силоса (2019-2018гг)

Показатели температуры	Наружная температура	Пристенный слой	Температура зерна в слоях на расстоянии от наружной стены внешнего силоса элеватора						
			5см	10см	15см	25см	35см	55см	75см
Среднее	2.5	3.5	3.3	3.1	3.5	3.7	4.1	4.4	4.6
Интервал	66.5	54.0	50.5	48.0	45.5	42.0	40.5	37.5	35.5
Минимум	-35.5	-27.5	-26.0	-24.5	-22.5	-20.0	-18.5	-16.0	-14.5
Максимум	31.0	26.5	24.5	23.5	23.0	22.0	22.0	21.5	21.0

Результаты статистической обработки данных температуры верхнего уровня силосов, расположенных на северной и южной сторонах, представлены в Таблицах 2 и 3. Как видно из Таблиц 2 и 3 наибольший интервал значений температур годового

периода наблюдений между отрицательными и положительными значениями температуры зерна составлял на верхнем уровне в пристенном слое (51-54 °С). В слоях 5-10 см от стены – от 43 до 50 °С, в слоях 15-35 см от стены – от 35,0 до

Таблица 3

Статистическая обработка данных температуры верхнего уровня северного силоса (2019-2020гг)

Показатели температуры	Наружная температура	Пристенный слой	Температура зерна в слоях на расстоянии от наружной стены внешнего силоса элеватора						
			5см	10см	15см	25см	35см	55см	75см
Среднее	4.3	3.6	3.6	3.5	4.0	4.3	4.8	5.2	5.5
Интервал	61.5	51.0	48.0	43.5	40.5	36.5	35.0	33.0	31.5
Минимум	-31.0	-26.5	-24.0	-20.5	-18.0	-14.5	-13.0	-11.0	-10.0
Максимум	30.5	24.5	24.0	23.0	22.5	22.0	22.0	22.0	21.5

45,5 °С. В более дальних слоях 55-75 см от стены интервал температур был меньше и составил от 31,5 до 37,5 °С.

Получены различия и по средней температуре зерна: если в слое 5 см от стены средняя температура составляла 3,5-3,6 °С, то в глубине силоса на расстоянии 55-75 см средняя температура выше – 4,6-5,5 °С. На основании этого, можно говорить о тенденции – чем ближе к центру силоса, тем средняя температура зерна выше. Это наглядно видно на Рисунке 14.

Значительные различия в температуре обнаружены в слоях зерна, удаленных на различное расстояние от стен наружных силосов. Прогревается и охлаждается зерно в зависимости от удаленности от наружной стены внешнего силоса с разной интенсивностью. С увеличением расстояния от наружной стены внешнего силоса температура зерна понижается, а разница между наружной температурой и температурой зерна увеличивается. Так для южного силоса пристенный слой при охлаж-

дении зимой имеет минимальную температуру ниже наружной на 8 °С, при прогревании летом максимальную – ниже наружной на 5 °С, прилегающие слои (5-15 см от наружной стены) соответственно ниже при охлаждении на 10-13 °С, при прогревании ниже на 6-8 °С, а более удаленные слои (55-75 см от наружной стены силоса) – соответственно при охлаждении ниже наружной на 19,5 - 21 °С и при прогревании ниже наружной на 9,5-10 °С.

В весенне-летний период колебания температуры зерна в различных точках силоса достигают 10-12 °С. Такой значительный перепад может неблагоприятно отразиться на сохранности зерна, вызвав явление конденсации влаги в более холодной части силоса. Отсюда вытекает необходимость тщательного контроля состояния зерна, хранящегося в силосах элеваторов в весенне-летний период.

Рассматривая изменение температуры зерна в слоях на разном расстоянии от стенок силоса

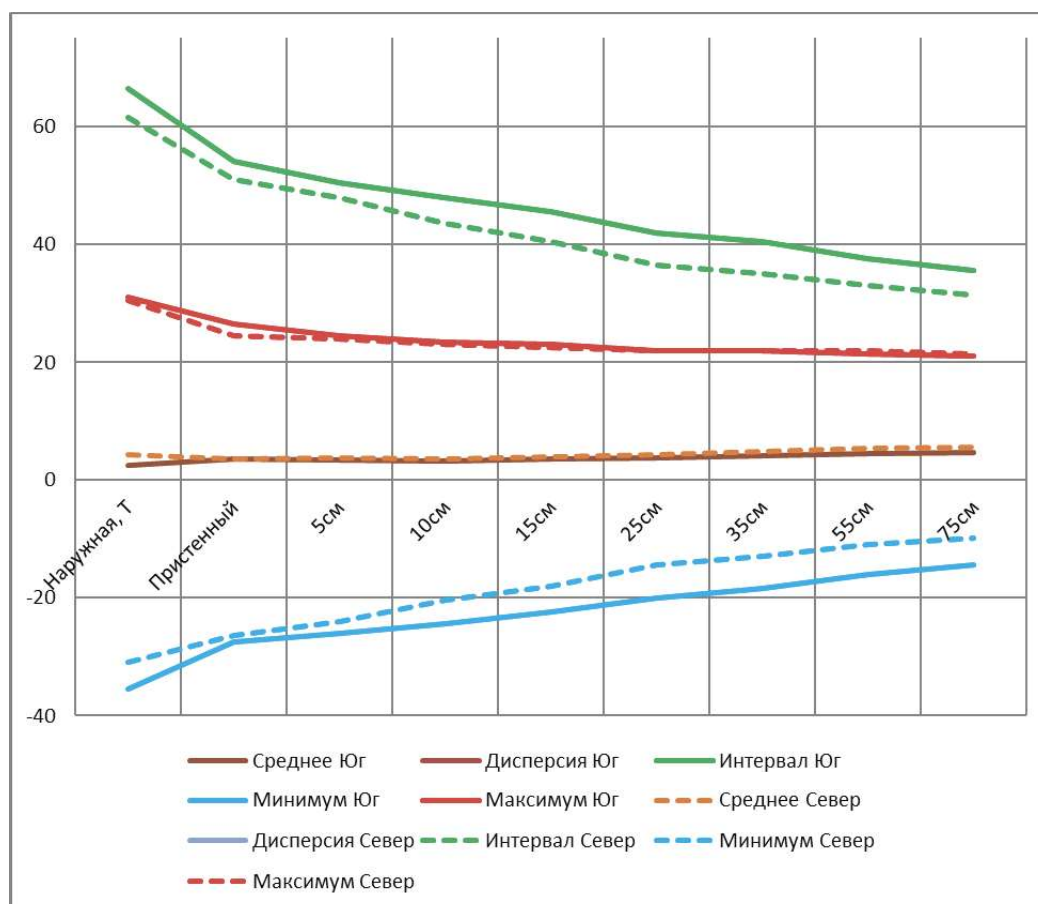


Рисунок 14. Графики сравнения статистических данных температуры зерна южного и северного силоса (верхний уровень)

и сравнивая температуру на уровнях по вертикали силоса (Рисунки 7-10), можно определить критичные слои зерна на нижнем и верхнем уровнях, т.е. имеющие в летний период температуру выше 15 °С. Так на нижнем уровне к слоям зерна, имеющим в летний период температуру выше 15 °С, можно отнести слои от пристенного до отстоящего от стен силоса на 35 см. На верхнем уровне к слоям зерна, имеющим в летний период температуру выше 15 °С, можно отнести все слои от пристенного до отстоящего от стен силоса на 75 см. На основании полученных данных можно сделать вывод: пристенный слой зерновой массы, наиболее критичный, подверженный прогреванию/охлаждению слой, по исследуемым уровням с южной стороны силосного корпуса достаточно большой.

Ранее считалось, что влияние нагрева зерновой массы ограничивалось для железо-бетонных силосов слоем 10-20 см от наружной стены внешнего силоса, (Сологубик и др., 1981), для металлических – слоем 50 см (Сорочинский, 2016). В работе (Шендеров & Сорока, 1994) показано, что суточные колебания температуры наружного воздуха оказывают влияние лишь на пристенные слои толщиной 25-30 см, и эти слои названы температурно-активными. Согласно литературным источникам распространение температуры в наружных железобетонных силосах происходит с низкой скоростью, примерно 10 см в месяц, скорость распространения быстрее в металлических силосах: около 10 см в день, при этом размер пристенного слоя зерна реагирующего на изменения температуры внешней стены металлического силоса достигает 15-20 см. Это происходит из-за более сильного влияния атмосферного воздуха на наружные силосы элеваторов. Имеются наблюдения, определяющие размер пристенного слоя зерна в 10-20 см расположенного в силосе элеватора из сборного железобетона, способного изменить свою температуру на 10 °С не менее, чем за 6 месяцев, при наружной отрицательной температуре минус 30 °С. Для сравнения, в металлическом силосе, пристенный слой зерна, при тех же условия будет нагреваться всего за 2-3 недели. Именно по этой причине в металлических силосах допускается только временное хранение (Махихина и др., 2012).

Полученные нами результаты можно считать оригинальными, так как они уточняют насколько параметры наружного воздуха влияют на температуру зерна в силосе из сборного железобетона.

Сравнение по расположению силоса с южной или северной стороны

Анализ данных, представленных на Рисунках 9-13 показал, что прослеживается схожая тенденция развития временного температурного ряда для силосов, расположенных с северной и южной стороны во всех слоях от наружной стены силоса. Однако для северной стороны характерны меньшие значения интервала колебания температур и большие значения минимальных температур для всех расстояний от наружной стены (Таблицы 2-3).

Ранней весной в силосах, обращенных на юг за 2 недели, температура зерна повышается на 7 °С, тогда как в силосах, выходящих на север - только на 4,5-4,0 °С; осенью же первые охлаждаются медленнее. В силосе, обращенном на юг, зерно в пристенном слое (15-25 см) достигает температуры 15 °С к середине мая, в глубоких слоях (55-75 см) к середине июня. В силосе, обращенном на север, зерно достигает температуры 15 °С в пристенном слое (15-25 см) к середине июня, в глубоких слоях (55-75 см) к концу июня. В целом, в силосах на обоих направлениях (юг или север) температура зерна выше 15 °С держится в течение 4-х месяцев с июня по сентябрь. Более высокую температуру имеют слои, отстоящие от стенки силоса на 5-25 см на верхнем уровне.

По результатам статистической обработки измеренных значений температур, расчёта коэффициентов корреляции, между температурой наружного воздуха и температурой горизонтальных слоёв зерновой массы внутри силоса на верхнем уровне установлена в основном положительная линейная корреляция. Наибольшее значение зависимости в пристенном слое внешнего силоса южной стороны элеватора $r =$ от +0,60 до +0,92. Качественная оценка такой связи определена как высокая. В силу меньших перепадов наружной температуры для северного силоса, зависимость температуры зерна от изменений наружного воздуха для северного силоса выражена слабее. Зависимость от внешних температурных условий ослабляется с увеличением толщины слоя зерна вглубь силоса от наружной стены внешнего силоса.

Таким образом, выполненный статистический анализ распределения полученных значений температур и анализ распределения температуры зерновой массы на верхнем уровне по толщине слоя у наружной стены внешнего южного и внешнего северного наружных силосов позволил выявить наличие зависимости температуры хранимого зерна от стороны расположения силоса в элеваторе.

Оценка зависимости охлаждения пристенных слоев от разных факторов

Для построения графика зависимости температуры охлаждения пристенного слоя зерна от толщины слоя и продолжительности воздействия наружного холодного воздуха за исследуемый период 2017 - 2019 гг., был выделен интервал времени с 20 по 25 января 2017 года, с температурой наружного воздуха близкой к минимальной и с незначительными перепадами по абсолютному значению. Средняя температура наружного воздуха составляла величину - 29,4 °С, со стандартным отклонением 3,6 °С. Начальная температура зерна варьировалась в зависимости от расстояния до наружной стены от - 6,7 °С для 75 см до - 19 °С для пристенного слоя.

На Рисунке 15 показано одновременное влияние толщины слоя и продолжительности охлаждения на изменение температуры зерна. Из графика (Рисунок 15) видно, что после охлаждения зерна в течение 5 дней наружным воздухом с температурой минус 29,4 °С:

- слой зерна на расстоянии от 5 см до 25 см от стенки силоса имели температуру в интервале от минус 20 до минус 25 °С;
- слой зерна 35 см - от минус 10 до минус 15 °С;

- слой зерна 55 см - от минус 5 до минус 10 °С;
- слой зерна 75 см - от 0 до минус 5 °С.

По результатам произошло охлаждение пристенных слоев на расстоянии до 25 см, глубокие слои практически не меняли температуру в условиях передачи холода. Анализ экспериментальных данных с применением современного оборудования термогигрометров (логгеров), заложенных в зерновую массу, показал:

- получены новые оригинальные экспериментальные данные, определяющие критичные слои зерновой массы по вертикальным уровням силоса и по горизонтальным слоям на каждом уровне;
- наиболее критичным с более высокой температурой является верхний уровень. Зерно верхнего уровня силоса находится с мая по сентябрь в более неблагоприятном состоянии по температуре, чем зерно нижнего уровня силоса, при этом температура зерна верхнего уровня в эти периоды года превышает оптимальную 15 °С во всех слоях по горизонтали. Температура зерна в нижнем уровне превышает оптимальную только в слоях, отстоящих от стен силоса на 10-35 см, слои 55-75 см нижнего уровня имеют оптимальную температуру зерна ниже 15 °С;

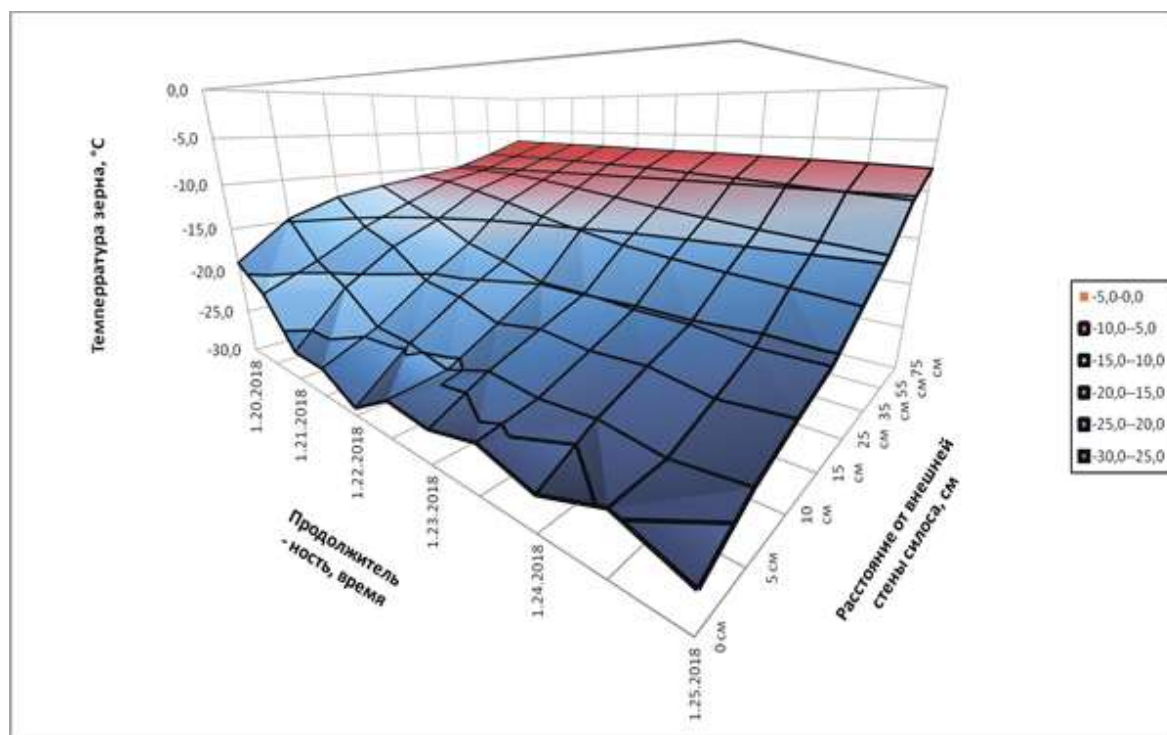


Рисунок 15. Нижний уровень. Зависимость температуры охлаждения пристенного слоя зерна от толщины слоя и продолжительности воздействия температуры наружного воздуха. Средняя температура наружного воздуха - 29,4 °С

- к наиболее критичным горизонтальным слоям зерна (т.е. имеющим в летний период температуру выше 15 °С) на нижнем уровне можно отнести слои от пристенного до отстоящего от стен силоса на 35 см, а на верхнем уровне все слои от пристенного до отстоящего от стен силоса на 75 см;
- для силосов, расположенных с северной и южной стороны элеватора, во всех слоях от наружной стены силоса прослеживается схожая тенденция развития временного температурного ряда. Однако для северной стороны характерны меньшие значения интервала колебания температур и большие значения минимальных температур для всех расстояний от наружной стены. В целом, в силосах на обоих направлениях (юг или север) температура зерна выше 15 °С держится в течение 4-х месяцев с июня по сентябрь. Более высокую температуру имеют слои, отстоящие от стенки силоса на 5-25 см на верхнем уровне;
- между температурой наружного воздуха и температурой горизонтальных слоёв зерновой массы внутри силоса на верхнем уровне установлена в основном положительная линейная корреляция. Наибольшее значение зависимости в пристенном слое внешнего силоса южной стороны элеватора $r =$ от +0,60 до +0,92. Качественная оценка такой связи определена как высокая. В силу меньших перепадов наружной температуры для северного силоса, зависимость температуры зерна от изменений наружного воздуха для северного силоса выражена слабее. Зависимость от внешних температурных условий ослабляется с увеличением толщины слоя зерна вглубь силоса от наружной стены внешнего силоса.

Выводы

Анализ данных температуры, полученных за период 2013-2019 гг в наружных силосах элеватора из сборного железобетона, расположенного в сибирском регионе России, показал подверженность изменения температуры зерна к следованию за изменениями температуры наружного воздуха, также подтверждена инерционность зерновой массы за счёт низкой термовлагопроводности зерна. За счёт дополнительного охлаждения зерна в процессе длительного хранения удаётся сохранять низкие температуры в средних и нижних слоях в течение длительного периода. Это позволяет осуществлять надёжное хранения зерна с температурой ниже 10 °С. Состояние зерна в верхних слоях силоса менее устойчиво при

длительном хранении зерна, температура может достигать 15-20 °С, а в особенно жаркие периоды года условия хранения могут быть неблагоприятны, поскольку температура в зерне может достигать 25 °С и выше.

Толщину слоя зерновой массы расположенного возле наружной стены внешнего силоса элеватора из сборного железобетона, с критическими для сохранности значениями температуры, удалось определить путём анализа годового цикла измерений температуры межзернового пространства внутри силоса элеваторного комплекса.

Литература

- Анастасиади, И. П., Фомин, Н. И., Костенко, Ю. В., & Трубицын, В. А. (1981). Исследование условий хранения зерна в наружных силосах элеваторов из сборных железобетонных конструкций. *Труды ВНИИЗ*, 96, 38-42.
- Белецкий, С. Л., & Лоозе, В. В. (2019). Динамика изменения влажности пристенного слоя зерна наружных силосов элеватора из сборного железобетона. *Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд*, 12, 27-41.
- Беляева, М. А., & Кечкин, И. А. (2020а). Тепломассообменные процессы при длительном хранении зерна пшеницы в металлических силосах. *Пищевая промышленность*, 6, 57-60. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10067>
- Беляева, М. А., & Кечкин, И. А. (2020б). Технологическая схема хранения зерна в металлических силосах большой емкости. *Пищевая промышленность*, 1, 46-49. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10012>
- Бибик, Г. А. (2014). Устройство контроля влажности и температуры сыпучих материалов. *Вестник АПК Верхневолжья*, 3, 63-66.
- Ветелкин, Г. В., Марков, Ю. Ф., & Саулькин, В. И. (2003). Контроль качества зерна при хранении в условиях юга России. В *Хранение зерна: Материалы Второй международной конференции* (с. 88-89). М.: Пищепромиздат.
- Гурьева, К. Б., & Иванова, Е. В. (2016). Исследование биологических потерь сухих веществ пшеницы за счет дыхания. В *Вопросы продовольственного обеспечения в XXI веке: Сборник материалов научно-практической конференции* (с. 307-309). М.: МГУПП.
- Гурьева, К. Б., Иванова, Е. В., & Белецкий, С. Л. (2013). Проблемы длительного хранения зерна злаковых культур. *Сборник научных трудов МПА*, 11, 175-190.

- Кечкин, И. А. (2019). Влияние режима вентилирования на хранимое зерно в металлических силосах большой емкости. *Научные труды Кавказского Федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*, 26, 44-50.
- Малеева, О. Л., Брикота, Т. Б., & Ксенз, М. В. (2012). Изменение качества зерновой массы при хранении. *Журнал КФРГТУ*, 7, 29-40.
- Масло, А. Д., Кропачев, Д. Ю., & Неделько, Д. Ю. (2014). Система мониторинга температуры зерна в элеваторах и зернохранилищах. *Автоматизация технологических и бизнес процессов*, 2, 61-64.
- Мачихина, Л. И. (2006). *Хранение зерна и продуктов его переработки*. М.: Росинформагротех.
- Мачихина, Л. И., Ушаков, Т. И., Львова, Л. С., & Денисова, Е. В. (2012). Научный анализ хранения зерна в металлических силосах. *Хлебопродукты*, 9, 54-59.
- Мерзляков, А. А., Сизов, О. А., & Пугачев, П. М. (2010). Особенности топологии температурного контроля при силосном хранении зернопродуктов. В *Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве* (ч. 2, с. 562-572). М.: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. Москва.
- Орловцева, О. А., Игнатенко, Н. А., & Клейменова, Н. Л. (2016). Изучение влияния внешних условий на процесс хранения зерна. *Вестник ВГУИТ*, 4, 36-39.
- Разворотнев, А. С., & Гавриченко, Ю. Д. (2020). Технология мониторинга и управления воздушными потоками внутри металлического силоса при хранении зерна. *Инженерные технологии и системы*, 30(2), 232-251. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.030.202002.232-253>
- Скрябин, В. А. (2006). Изучение изменения технологических свойств зерна пшеницы в процессе хранения на мукомольных предприятиях Сибири в естественно-климатических условиях. *Хлебопродукты*, 4, 38-40.
- Скрябин, В. А. (2008). Влияние резко-континентального климата Сибири на технологические свойства зерна пшеницы при хранении. В *Научные основы хранения и переработки зерна в современных условиях: Монография к 80-летию ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии* (с. 545-559). М.: ВНИИЗ Россельхозакадемии.
- Сологубик, А. А., Камаева, Ж. А., & Фомин, Н. И. (1981). Изменение температуры зерна, хранящегося в силосах из сборных железобетонных конструкция и монолитного железобетона. *Труды ВНИИЗ*, 95, 31-39.
- Тохтиева, Л. Х. (2016). Влияние условий хранения на хлебопекарные качества зерна озимой пшеницы. В *Перспективы развития АПК в современных условиях* (с. 153-155). Владикавказ: Горский государственный аграрный университет.
- Трисвятский, Л. А. (1991). *Хранение зерна*. М.: Агропромиздат.
- Усатиков, С. В., & Малеева, О. Л. (2007). Влияние температурно-влажностных условий и способа обработки при хранении риса-зерна на его потребительские свойства. *Известия вузов. Пищевая технология*, 4, 95-99.
- Черкасов, О. В. (2013). Влияние режимов охлаждения зерна пшеницы в процессе хранения на изменение мукомольных и хлебопекарных свойств. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева*, 3, 53-55.
- Шаймерденова, Д. А. (2017). Влияние условий хранения на технологический потенциал зерна мягкой пшеницы Казахстана. *Новые технологии*, 2, 37-42.
- Шендеров, А. Р., & Сорока, В. И. (1994). Влияние наружных температурных колебаний на распределение температур в зерновых силосах. *Известия вузов. Пищевая технология*, 5-6, 66-67.
- Abbouda, S. K. (2001). Application of heat transfer model for prediction of temperature distribution in stored wheat. *Ama, Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America*, 32(3), 46-50.
- Chamurliyski, P., & Stoyanova, S. (2012). Ex situ storage of germplasm from common wheat (*Triticum aestivum* L.) for a ten-year period in a breeding collection. *Аграрни науки*, 4(11), 157-163.
- Montross, M. D., Maier, D. E., & Haghighi, K. (2002). Validation of a finite-element stored grain ecosystem model. *Transactions of the ASABE*, 45(5), 1465-1474.
- Waszkiewicz, C., & Sypula, M. (2008). Effect of storage conditions on biological value of wheat and barley grain. *Annals of Warsaw University of Life Sciences*, 52, 39-44.
- Wilkes, M., & Copeland, L. (2008). Storage of wheat grains at elevated temperatures increases solubilization of glutenin subunits. *Cereal Chemistry*, 85(3), 335-338. <http://dx.doi.org/10.1094/CCEM-85-3-0335>
- Yahya, S. A. (2001). Deterioration rates of wheat as measured by CO₂ production. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 32(2), 41-47.
- Yisa, M. G., Fadeyibi, A., Adisa, O. I. O., & Alabi, K. P. (2018). Finite element simulation of temperature variation in grain metal silo. *Research in Agricultural Engineering*, 64(3), 107-114. <https://doi.org/10.17221/101/2016-RAE>

Features of Temperature Changes in The Wall Layers of Wheat Grain During Storage in Silos of Elevators

Valerij V. Loose

*Research Institute for Storage Problems of the Federal State Reserve Agency
40/1, Volochaevskaya str., Moscow, 11033, Russian Federation
E-mail: vaalifa@yandex.ru*

Ksenia B. Gurieva

*Research Institute for Storage Problems of the Federal State Reserve Agency
40/1, Volochaevskaya str., Moscow, 11033, Russian Federation
E-mail: guriewa.ksen@yandex.ru*

Sergey L. Beletsky

*VNIKP - branch of the Federal Scientific Center for Food Systems
named after V. M. Gorbato
20/3 Elektrozavodskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation
E-mail: grain-miller@yandex.ru*

Tatyana G. Kostromina

*Research Institute for Storage Problems of the Federal State Reserve
40/1, Volochaevskaya str., Moscow, 11033, Russian Federation
E-mail: kazbanova.t@yandex.ru*

The dynamics of changes in internal temperatures in reinforced concrete silos is insufficiently covered in domestic and foreign studies. The purpose of this article is to study the dynamics of grain temperature change in the center of the silo in the traditional way using thermal hangers, as well as along horizontal layers, to determine the thickness of the near-wall grain layer subject to the greatest heating / cooling, as well as to highlight the critical layer in it. An analysis of the results of monitoring the temperature regime of wheat storage using a measuring system of thermohygrometers (loggers) of the DS1923-F5 type is presented. The study was carried out during the annual cycle in the outer silos of an elevator located in the temperate climate of the West Siberian climatic region. The distribution of temperatures along the vertical of silos at three levels (upper, middle and lower), the distribution of temperatures along the horizontal of silos (at different distances from the wall of the silo from 5 to 75 cm) was studied. A comparative analysis of the data on the temperature regime in silos located on the southern and northern sides of the elevator was made. New original data from thermohygrometers were obtained, which were statistically processed. The thickness of the near-wall layer of the grain mass, which is most susceptible to undesirable temperature effects for the outer silos of the southern and northern sides of the elevator, has been determined. near-wall layers of grain and spaced from the outer wall up to one meter. It is shown that the most critical with a higher temperature is the upper level, where it is necessary to more carefully control the quality of the grain. The middle and lower levels are in more favorable temperature conditions of preservation. The most critical horizontal layers of grain (i.e. those having a temperature above 15 °C in summer) at the lower level include layers from near-wall to silo separated from the walls by 35 cm, and at the upper level all layers from near-wall to silo separated from walls at 75 cm.

Keywords: temperature, control, thermal suspension, thermohygrometer, south side, north side, climate, grain, wheat, quality, storage, outdoor silo, elevator, reinforced concrete, thermal conductivity

References

Anastasiadi, I. P., Fomin, N. I., Kostenko, Yu. V.,
& Trubitsyn, V. A. (1981). Issledovanie uslovii

khreneniya zerna v naruzhnykh silosakh eleva-
torov iz sbornykh zhelezobetonnykh konstrukt-
sii [Investigation of grain storage conditions in
the external silos of elevators made of prefabri-
cated reinforced concrete structures]. *Trudy VNIIZ*

- [*Proceedings of the All-Russian Research Institute of Grain and its Processing Products*], 96, 38-42.
- Beletskii, S. L., & Looze, V. V. (2019). Dinamika izmeneniya vlazhnosti pristennogo sloya zerna nuzhnykh silosov elevatora iz sbornogo zhelezobetona [Dynamics of changes in the moisture content of the near-wall layer of grain in the outer silos of the precast concrete elevator]. *Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva i khraneniya material'nykh tsennostei dlya gosudarstvennykh nuzhd* [Innovative technologies for the production and storage of material assets for state needs], 12, 27-41.
- Belyaeva, M. A., & Kechkin, I. A. (2020a). Teplomas-soobmennyye protsessy pri dlitel'nom khraneni zerna pshenitsy v metallicheskiy silosakh [Heat and mass transfer processes during long-term storage of wheat grain in metal silos]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 6, 57-60. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10067>
- Belyaeva, M. A., & Kechkin, I. A. (2020b). Tekhnologicheskaya skhema khraneniya zerna v metallicheskiy silosakh bol'shoi emkosti [Technological scheme of grain storage in large-capacity metal silos]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 1, 46-49. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10012>
- Bibik, G. A. (2014). Ustroistvo kontrolya vlazhnosti i temperatury sypuchikh materialov [Bulk material moisture and temperature control device]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* [Bulletin of the APK Upper Volga], 3, 63-66.
- Vetelkin, G. V., Markov, Yu. F., & Saul'kin, V. I. (2003). Kontrol' kachestva zerna pri khraneni v usloviyakh yuga Rossii [Quality control of grain during storage in the conditions of the south of Russia]. In *Khraneniye zerna: Materialy Vtoroi mezhdunarodnoi konferentsii* [Grain storage: Proceedings of the second international conference] (pp. 88-89). Moscow: Pishchepromizdat.
- Gur'eva, K. B., & Ivanova, E. V. (2016). Issledovanie biologicheskikh poter' sukhikh veshchestv pshenitsy za schet dykhaniya [Investigation of biological losses of wheat dry matter due to respiration]. In *Voprosy prodovol'stvennogo obespecheniya v KhKhI veke: Sbornik materialov nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Questions of food security in the XXI century: Collection of materials of the scientific and practical conference] (pp. 307-309). Moscow: MGUPP.
- Gur'eva, K. B., Ivanova, E. V., & Beletskii, S. L. (2013). Problemy dlitel'nogo khraneniya zerna zlakovykh kul'tur [Problems of long-term storage of grain cereals]. *Sbornik nauchnykh trudov MPA* [Collection of scientific works of the IPA], 11, 175-190.
- Kechkin, I. A. (2019). Vliyanie rezhima ventilirovaniya na khranimoe zerno v metallicheskiy silosakh bol'shoi emkosti [Influence of the ventilation mode on the stored grain in large-capacity metal silos]. *Nauchnye trudy Kavkazskogo Federal'nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya* [Scientific works of the caucasian federal scientific center for horticulture, viticulture, wine-making], 26, 44-50.
- Maleeva, O. L., Brikota, T. B., & Ksenz, M. V. (2012). Izmeneniye kachestva zernovoi massy pri khraneni [Change in the quality of the grain mass during storage]. *Zhurnal KFRGTU* [Journal Russian University of Economics. G. V. Plekhanova], 7, 29-40.
- Maslo, A. D., Kropachev, D. Yu., & Nedel'ko, D. Yu. (2014). Sistema monitoringa temperatury zerna v elevatorakh i zernokhranilishchakh [Grain temperature monitoring system in elevators and granaries]. *Avtomatizatsiya tekhnologichnykh i biznes protsessov* [Automation of technological and business processes], 2, 61-64.
- Machikhina, L. I. (2006). *Khraneniye zerna i produktov ego pererabotki* [Storage of grain and products of its processing]. Moscow: Rosinformagrotekh.
- Machikhina, L. I., Ushakov, T. I., L'vova, L. S., & Denisova, E. V. (2012). Nauchnyi analiz khraneniya zerna v metallicheskiy silosakh [Scientific analysis of grain storage in metal silos]. *Khleboprodukty* [Bakery Products], 9, 54-59.
- Merzlyakov, A. A., Sizov, O. A., & Pugachev, P. M. (2010). Osobennosti topologii temperaturnogo kontrolya pri silosnom khraneni zernoproduktov [Features of the topology of temperature control during silo storage of grain products]. In *Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespecheniye proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaistve* [Automation and information support of production processes in agriculture] (vol. 2, pp. 562-572). Moscow: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut mekhanizatsii sel'skogo khozyaistva. Moskva.
- Orlovtsseva, O. A., Ignatenko, N. A., & Kleimenova, N. L. (2016). Izuchenie vliyaniya vneshnikh uslovii na protsess khraneniya zerna [Study of the influence of external conditions on the grain storage process]. *Vestnik VGUIT* [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 4, 36-39.
- Razvorotnev, A. S., & Gavrichenkov, Yu. D. (2020). Tekhnologiya monitoringa i upravleniya vozdushnymi potokami vnutri metallicheskogo silosa pri khraneni zerna [Technology for monitoring and controlling air flows inside a metal silo during grain storage]. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy* [Engineering Technologies and Systems], 30(2), 232-251. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.030.202002.232-253>

- Skryabin, V. A. (2006). Izuchenie izmeneniya tekhnologicheskikh svoystv zerna pshenitsy v protsesse khraneniya na mukomol'nykh predpriyatiyakh Sibiri v estestvenno-klimaticheskikh usloviyakh [The study of changes in the technological properties of wheat grain during storage at the flour mills of Siberia in natural and climatic conditions]. *Khleboprodukty [Bakery Products]*, 4, 38-40.
- Skryabin, V. A. (2008). Vliyanie rezko-kontinental'nogo klimata Sibiri na tekhnologicheskie svoystva zerna pshenitsy pri khraneni [The influence of the sharply continental climate of Siberia on the technological properties of wheat grain during storage]. In *Nauchnye osnovy khraneniya i pererabotki zerna v sovremennykh usloviyakh: Monografiya k 80-letiyu VNIIZ Rossel'khozakademii [Scientific foundations of storage and processing of grain in modern conditions: Monograph for the 80th anniversary All-Russian research institute of grain and its processing products of the Russian agricultural academy]* (pp. 545-559). Moscow: VNIIZ Rossel'khozakademii.
- Sologubik, A. A., Kamaeva, Zh. A., & Fomin, N. I. (1981). Izmenenie temperatury zerna, khranyashchegosya v silosakh iz sbornyykh zhelezobetonnykh konstruktsiya i monolitnogo zhelezobetona [Change in the temperature of grain stored in silos made of precast concrete structures and monolithic reinforced concrete]. *Trudy VNIIZ [Proceedings of the All-Russian Research Institute of Grain and its Processing Products]*, 95, 31-39.
- Sorochinskii, V. F. (2016). Izmenenie temperatury pristennogo sloya zerna v metallicheskh elevatorakh [Change in the temperature of the near-wall layer of grain in metal elevators]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of agricultural raw materials]*, 4, 13-16.
- Tokhtieva, L. Kh. (2016). Vliyanie uslovii khraneniya na khlebopekarnye kachestva zerna ozimoi pshenitsy [The influence of storage conditions on the baking quality of winter wheat grain]. In *Perspektivy razvitiya APK v sovremennykh usloviyakh [Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions]* (pp. 153-155). Vladikavkaz: Gorskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Trisvyatskii, L. A. (1991). *Khranenie zerna [Grain storage]*. M.: Agropromizdat.
- Shaimerdenova, D. A. (2017). Vliyanie uslovii khraneniya na tekhnologicheskii potentsial zerna myagkoi pshenitsy Kazakhstana [Influence of storage conditions on the technological potential of grain of soft wheat of Kazakhstan]. *Novye tekhnologii [New Technologies]*, 2, 37-42.
- Shenderov, A. R., & Soroka, V. I. (1994). Vliyanie naruzhnykh temperaturnykh kolebonii na raspredelenie temperatur v zernovykh silosakh [Influence of outdoor temperature fluctuations on temperature distribution in grain silos]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya [News Universities. Food Technology]*, 5-6, 66-67.
- Cherkasov, O. V. (2013). Vliyanie rezhimov okhlazhdeniya zerna pshenitsy v protsesse khraneniya na izmenenie mukomol'nykh i khlebopekarnykh svoystv [Influence of wheat grain cooling regimes during storage on the change in flour-grinding and baking properties]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva [Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. P. A. Kostycheva]*, 3, 53-55.
- Usatkov, S. V., & Maleeva, O. L. (2007). Vliyanie temperaturno-vlazhnostnykh uslovii i sposoba obrabotki pri khraneni risa-zerna na ego potrebitel'skie svoystva [The influence of temperature and humidity conditions and the method of processing during storage of rice-grain on its consumer properties]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya [News Universities. Food Technology]*, 4, 95-99.
- Abbouda, S. K. (2001). Applicatin of heat transfer model for prediction of temperature distribution in stored wheat. *Ama, Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America*, 32(3), 46-50.
- Chamurliyski, P., & Stoyanova, S. (2012). Ex situ storage of germplasm from common wheat (*Triticum aestivum* L.) for a ten-year period in a breeding collection. *Agrarni nauki [Agrarian Science]*, 4(11), 157-163.
- Yahya, S. A. (2001). Deterioration rates of wheat as measured by CO₂ production. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 32(2), 41-47.
- Montross, M. D., Maier, D. E., & Haghighi, K. (2002). Validation of a finite-element stored grain ecosystem model. *Transactions of the ASABE*, 45(5), 1465-1474.
- Yisa, M. G., Fadeyibi, A., Adisa, O. I. O., & Alabi, K. P. (2018). Finite element simulation of temperature variation in grain metal silo. *Research in Agricultural Engineering*, 64(3), 107-114. <https://doi.org/10.17221/101/2016-RAE>
- Wilkes, M., & Copeland, L. (2008). Storage of wheat grains at elevated temperatures increases solubilization of glutenin subunits. *Cereal Chemistry*, 85(3), 335-338. <http://dx.doi.org/10.1094/CCEM-85-3-0335>
- Waszkiewicz, C., & Sypula, M. (2008). Effect of storage conditions on biological value of wheat and barley grain. *Annals of Warsaw University of Life Sciences*, 52, 39-44.

Технологические свойства зерна тритикале казахстанской селекции продовольственного назначения

Абуова Алтынай Бурхатовна

*ТОО «Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности»*

Адрес: 050060, Республика Казахстан, КазАлматы, ул. Гагарина, 238Г

E-mail: a.abuova@rpf.kz

Умиралиева Лазат Бекеновна

*ТОО «Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности»*

Адрес: 050060, Республика Казахстан, Алматы, ул. Гагарина, 238Г

E-mail: l.umiraliyeva@rpf.kz

Исабекова Молдир Сабиткызы

*ТОО «Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности»*

Адрес: 050060, Республика Казахстан, Алматы, ул. Гагарина, 238Г

E-mail: molia_07@mail.ru

В Казахстане с 1970 г. в Казахском научно-исследовательском институте земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР) проводится работа по селекции тритикале. Тритикалевая мука, объединяя биологическую полноценность белковых веществ ржи с хлебопекарными свойствами пшеницы, способна устранить проблему дефицита ржаной муки в пищевой отрасли, кроме того может способствовать расширению ассортимента хлебобулочных и мучных кондитерских изделий так как имеет повышенную пищевую ценность. Целью данного исследования является определение технологических свойств различных сортов тритикале, как потенциального сырья для хлебопекарной и кондитерской промышленности. Объекты исследования - казахстанские сорта тритикале: Таза, Балауса, Азиада, Кожа, Вaгу. За последние 3 года представленные сорта показывают урожайность от 45 на богаре до 116-120 ц/га зерна в условиях регулярного орошения. Приведены результаты исследований органолептических и физико-химических показателей качества зерна тритикале, а также муки, полученной из различных сортов тритикале Казахстанской селекции. По результатам проведенных комплексных исследований 5 образцов зерна тритикале урожая 2021 г., включенных в государственный реестр селекционных достижений Республики Казахстан (Азиада, Кожа, Таза, Балауса, Вaгу), и районированных в южных регионах (Алматинской, Жамбылской) выявлено, что по содержанию сорной и зерновой примеси все исследуемые образцы не превышали установленных норм, а зараженности вредителями хлебных запасов не обнаружено. По содержанию сырой клейковины исследуемые сорта тритикале показали хорошие показатели в диапазоне 18-23%. Качественная оценка клейковины свидетельствует о том, что все образцы тритикале относились ко II группе (удовлетворительная слабая). Анализ физико-химических показателей полученных образцов тритикалевой муки свидетельствует о хороших потенциальных возможностях, позволяющих рекомендовать их использовать для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. По содержанию белка все полученные образцы тритикалевой муки превышают нормы стандарта, а наибольшее содержание белка оказалось в тритикалевой муке из сорта «Вaгу» - 13,3%. Анализ технологических свойств зерна тритикале, выращенные в южных регионах (Алматинской, Жамбылской) Казахстана показал, что новые сорта зерна тритикале («Таза», «Азиада», «Кожа», «Вaгу», «Балауса»), выведенные учеными Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР), могут занять достойное место в структуре посевных площадей республики для увеличения валового сбора продовольственного зерна и расширения сырьевой базы для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Ключевые слова: сорта тритикале казахстанской селекции, технологические свойства, стекловидность, белок, клейковина, мука

Введение

Казахстан занимает важную роль на международном торговом рынке по экспорту зерна и пшеничной муки. Однако за последние годы (по материалам Центра деловой информации Kapital.kz) в связи с пандемией COVID-19 и снижением урожайности зерновых наблюдается незначительный спад экспорта зерна и муки. Импорт муки в республике Казахстан вырос на 16,4%, в том числе завоз ржаной муки.

Тритикале - гибрид пшеницы и озимой ржи, является более перспективной культурой для получения хлебопекарной муки и приготовления ржаного хлеба, чем смесь двух видов муки (ржаной и пшеничной). Тритикалевая мука, объединяя биологическую полноценность белковых веществ ржи с хлебопекарными свойствами пшеницы, может устранить проблему дефицита ржаной муки в пищевой отрасли и, таким образом, будет способствовать расширению ассортимента хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности (Корячкина и др., 2012). В республике Казахстан тритикале выращиваются на небольших площадях, в основном на фураж. Выведенные сорта передаются на государственное сортоиспытание и предназначены для кормовых целей и применения в хлебопечении.

Культуре тритикале и возможности ее использования в пищевой промышленности посвящены исследования ученых разных стран: изучению хлебопекарных свойств тритикалевой муки - труды Ауэрмана Л.Я., Гриценко С.А., Черных В.Я., разработке технологических процессов размола и изучению технологические свойства новых сортов тритикалевой муки посвящены научные труды Панкратова Г.Н., Кандрокова Р.Х., Рындиной А.А., Урбанчик Е.Н., технологии производства хлеба и кондитерских изделий посвящены труды Донченко Л.В., Корячкиной С.Я., Кузнецовой Е.А. и Мелешкиной Е.П.

Исследования ученых носят разносторонний характер. Например, в Польше разработаны технологии переработки зерна в муку, в Германии производится сухие завтраки типа взорванных зерен. Индийские и болгарские ученые исследовали использование тритикалевой муки в смеси с пшеничной мукой (Урубков, 2014). В России ученые изучили и разработали технологию переработки зерна тритикале в муку, сортовые помолы

и способы обогащения муки, рецептуру хлебобулочных и кондитерских изделий. В «ВГТУ» Л.П. Пашенко, С.В. Гончаровым, А.В. Любарь и другими учеными разработана технология получения тритикалевой муки «Донская», учеными из ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии Урубковым С.А. и Смирновым С.О. разработан способ производства макаронной муки¹. В Европе, увлажняя зерно тритикале до 20% и нагревая до оптимальной температуры, получают продукт вполне хорошего вкуса, цвета и консистенции (Sharm et al., 2002). Установлено наличие 3-х этапов формирования тритикалевой муки при переработке новых сортов зерна тритикале. Установлена высокая достоверность зависимости зольности тритикалевой муки от ее выхода, которая составила 0,96-0,99 (Кандроков и др., 2021; Kandrov et al., 2019). Кроме того, в Республике Беларусь разработаны и производятся на предприятиях мука тритикалевая сеяная, обдирная и обойная с зольностью не более 0,75, 1,45 и 2,00% соответственно (Урбанчик и др., 2005).

Обосновано применение пектиновых веществ в различных областях промышленности. Разработана технология хлеба функционального назначения с добавлением пектиносодержащих веществ (ПВ). Мука тритикале обладает более низкой водопоглатительной способностью, а внесение ПВ положительно повлияли на упругость теста и полученное изделие с внесением установленной оптимальной дозировкой рекомендована как функциональный продукт питания (Донченко & Фирсов, 2007; Гриценко, 2003). Анализ свойств зерна сортов озимой тритикале, в сравнении с сортами озимой ржи и озимой пшеницы показал, что в условиях центральной зоны Самарской области качество зерна и муки тритикале не уступает сортам озимой ржи и пшеницы. Наилучший вариант использования тритикалевой муки получается в смеси с пшеничной мукой в соотношении 50:50 (Горянина, 2015). Ученый из Венгрии Z. Gyori установил, что добавление пшеничной муки в тритикалевую муку в пропорции 10-50% увеличило объем производимого хлеба на 10% (Gyori, 2018). Ученые Анискин, Еркинбаева и Налеев разработали технологию диетических, лечебно-профилактических и национальных хлебных изделий из тритикалевой муки (Анискин и др., 1992; Еркинбаева, 2004).

При производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий из нетрадиционных видов сырья имеются свои особенности, поскольку качество готовой продукции и выбор технологических

¹ Смирнов, С. О., & Урубков, С. А. (2020). Патент РФ RU2013145231A. Способ производства макаронной муки или крупы (типа манная) из зерна тритикале. ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии. https://yandex.ru/patents/doc/RU2013145231A_20140120

режимов зависят от происхождения и качества исходного сырья. В качестве подтверждения можно привести результаты исследований аккредитованной испытательной лаборатории ФБУ «Астраханский ЦСМ» на зерно тритикале, выращенной в засушливых условиях республики Калмыкия. Центром впервые были зарегистрированы Технические условия на муку хлебопекарную из зерна тритикале и на хлебобулочные изделия, разработанные вместе с калмыцким фермером и предпринимателем В.Ц. Ностаевым².

С 2010 года тритикале входит в список зерновых культур в итоговых данных Росстата. Селекционерами Российской Федерации (Башкирского НИИСХ, Дагестанской ОС), республики Беларусь, Украины и Казахстана созданы современные продуктивные сорта тритикале зернового и кормового назначения, которые обладают разнообразием биологических и агротехнологических признаков и свойств, отличающихся высокой стабильностью (Горбунов & Шевченко, 2015). Установлена целесообразность использования цельноизмельченного зерна тритикале при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности с обоснованием актуальности использования ферментных препаратов на основе целлюлаз для повышения качества хлебобулочных изделий. Выявлено, что из хлебопекарных качеств для зерна тритикале наибольший интерес представляет качество клейковины, а количество клейковины сильно зависит от внешних влияний погоды, климата и почвы (Корячкина и др., 2012).

В Казахстане селекция тритикале начата с 1970 года в КазНИИЗиР. За последние 2-3 года учеными Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства и Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина выведены новые сорта тритикале, как «Таза», «Азияда», «Кожа», «Baru», «Даурен» кормового и продовольственного назначения. Казахстанские сорта тритикале: Таза, Балауса, Азияда, Кожа, Baru показывают урожайность от 45 на богаре до 116-120 ц/га зерна в условиях регулярного орошения (Кененбаев и др., 2015; Вьюрков и др., 2017; Вьюрков и др., 2016).

Современные сорта тритикале казахстанской селекции имеют высокий потенциал урожайности - 5,9-8,2 т/га. Тритикалевая мука отличается от пшеничной повышенным содержанием калия,

витаминов В₂ и РР, минеральных веществ, белка, незаменимых аминокислот, что свидетельствует о целесообразности ее использования для производства мучных кондитерских изделий широкого ассортимента.

Однако, зерно тритикале в Казахстане не нашло признание как биологически ценного сырья для пищевой промышленности и отсутствуют промышленные мукомольные предприятия по производству тритикалевой сортовой хлебопекарной муки. Это связано с тем, что отсутствуют нормативные документы по организации и ведению технологических процессов переработки зерна тритикале в муку, также недостаточно изучены технологические свойства данной культуры. В Казахстане ежегодно вырабатывается около 640 тыс. тонн хлеба и хлебобулочных изделий. Хлебопекарные предприятия нуждаются в новых технологиях, рецептурах, эффективных заквасках, способных подавлять спонтанную микрофлору муки и обеспечивать полноценное качество хлеба и хлебобулочных изделий. Часто наблюдается использование производителями указанной продукции химических улучшителей муки, импортных заквасок, полученных из Франции, Голландии, Китая и др. Это экономически не выгодно, а в биологическом отношении не совсем приемлемо и допустимо (Сейдуманова, 2013; Попова, 2009; Исабекова и др., 2019).

Мука из тритикале с большим содержанием рибофлавина, тиамина, микро-и макроэлементов и слабой по качеству клейковины представляет большой интерес в производстве мучных кондитерских изделий. В зерне и в муке тритикале, как и в других зерновых культурах, содержится важная незаменимая аминокислота – лизин, процентное содержание которого может служить индексом общего качества белка. По этому показателю тритикале значительно превосходит пшеницу: 2-6% против 3%, соответственно. По сравнению с пшеницей тритикале содержит больше белка на 14%, лизина – 50%, метионина - 35% и цистеина – 15% (Карчевская и др., 2013; Онгарбаева и др., 2018). На качество зерна тритикале влияют множество факторов: сортовые особенности, условия выращивания и уборки урожая, неблагоприятные воздействия, которые испытывает зерно при хранении и обработке. Особенно на хлебопекарные свойства зерна тритикале наряду с наследственной природой сорта оказывает влияние сложный комплекс факторов, основными

² Калмыцкий хлеб оценят диabetологи страны. (2016). <https://riakalm.ru/index.php/news/society/1455-kalmytskij-khleb-otsenyat-diabetologi-strany>

из которых являются почвенно-климатические условия выращивания и агротехника возделывания.

Таким образом, есть потребность в изучении данной культуры с точки зрения использования в продовольственных целях, а не только кормовых. Исследования по разработке технологии хлебобулочных изделий с применением новых отечественных сортов тритикале соответствует стратегическому плану развития Казахстана до 2025 г. по профилактике заболеваний и улучшению здоровья людей.

Цель исследования – определение технологических свойств зерна казахстанских сортов тритикале для расширения ассортимента хлебобулочных, мучных кондитерских изделий из тритикалевой муки.

Материалы и методы исследования

Материалы

Объектами исследований являются отечественные сорта тритикале, включенные в Государственный реестр селекционных достижений Республики Казахстан (Таза, Балауса, Вату, Кожа, Азиада), районированные в южных регионах (Алматинской, Жамбылской) и тритикалевая мука.

Оборудование и инструменты

Исследования проведены в лаборатории Казахского научно-исследовательского института перерабатывающей и пищевой промышленности (КазНИИППП), аккредитованных лабораториях КазНИИЗиР и научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов АО «Алматинский технологический университет» на оборудовании в соответствии с требованиями ГОСТов. Помол исходных образцов зерна тритикале проводили на лабораторной мельнице ЛМ 202.

Процедура исследования

Определение состава и состояние зерна проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 34023-2016 Тритикале. Технические условия (переиздание)³ от 16.12.2016. Отбор проб осуществлен по ГОСТ 13586.3-2015 Зерно. Правила приемки и методы отбора проб⁴. Определение количества и качества клейковины определяли по СТ РК 1054-2002 Методы определения количества и качества клейковины⁵. Определение физико-химических показателей тритикалевой муки проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 34142-2017 «Мука тритикалевая. Технические условия»⁶. Определение природы зерна тритикале определяли по ГОСТ 10840-2017 Зерно. Методы определения природы⁷. Определение стекловидности зерна проведены по ГОСТ 10987-76 «Зерно. Методы определения стекловидности»⁸ с использованием диафаноскопа, выраженную в %. Определение массы 1000 зерен проведены по ГОСТ 10842-89 «Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян»⁹. Определение влажности зерна проведены по ГОСТ 13586.5-2015¹⁰ обезвоживанием навески измельченного зерна в воздушно-тепловом шкафу при фиксированных параметрах температуры и продолжительности сушки и определением снижения ее массы. Определение массовой доли углеводов проведены перманганатометрическим методом по ГОСТ 26176-2019 «Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов»¹¹. Определение содержания крахмала в зерне и муке проведены по ГОСТ 10845-98 Зерно и продукты его переработки¹². Определение массовой доли белка в зерне и муке проведены по методу Кьельдаля по ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка (Издание с Поправкой)¹³. Определение микробиологических показателей по ГОСТ 26972-86 «Методы микробиологического анализа»¹⁴ и ГОСТ 10444.12-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов

³ ГОСТ 34023-2016. (2016). *Межгосударственный стандарт. Тритикале. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ 13586.3-2015. (2015). *Зерно. Правила приемки и методы отбора проб*. М.: Стандартинформ.

⁵ СТ РК 1054-2002. (2002). *Методы определения количества и качества клейковины*. Казахстан: Национальный научный центр развития здравоохранения имени Салидат Каирбековой.

⁶ ГОСТ 34142-2017. (2017). *Мука тритикалевая. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ 10840-2017. (2017). *Зерно. Методы определения природы*. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ 10987-76. (2015). *Зерно. Методы определения стекловидности*. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ 10842-89. (2009). *Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян*. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ГОСТ 13586.5-2015. (2019). *Зерно. Метод определения влажности*. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ 26176-2019. (2019). *Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов*. М.: Стандартинформ.

¹² ГОСТ 10845-98. (2009). *Зерно и продукты его переработки*. М.: Стандартинформ.

¹³ ГОСТ 10846-91. (2009). *Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка*. М.: Стандартинформ.

¹⁴ ГОСТ 26972-86. (2003). *Методы микробиологического анализа*. М.: Стандартинформ.

для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов»¹⁵.

Проведены исследования на 5 образцах зерна озимого тритикале Казахстанской селекции в трех повторностях. Определены органолептические и физико-химические показатели зерна и муки различных сортов тритикале в аккредитованных лабораториях. На лабораторной мельнице ЛМ-202, согласно технологическому регламенту, проведен размол зерна и во время размола соблюдали требуемый режим измельчения. ЛМ-202 благодаря охлаждаемой размольной камере и высокоскоростного вращающегося ножа обеспечило высокую степень измельчения без нагревания продукта.

Результаты и их обсуждение

Современные сорта нуждаются в высоких агрофонах для формирования хорошего по качеству зерна. Несоблюдение севооборотов, рекомендованных для данной зоны, недостаток азота в почве, ранние заморозки, уборка в незрелом состоянии снижают количество сырой клейковины и ухудшают ее качество. В связи с этим, изучение технологических свойств различных сортов зерна тритикале, выращенных в условиях юга Казахстана, представляют не только научный, но и практический интерес как альтернативное доступное сырье для хлебопекарной и кондитерской отраслей пищевой промышленности.

На первом этапе исследований определяли качественные показатели исходных образцов зерна тритикале. Зерно 5 сортов озимого зерна тритикале казахстанской селекции исследовали в соответствии с требованиями ГОСТ 34023-2016 «Тритикале. Технические условия»¹⁶ (Таблица 1).

Сорт *Таза* допущен к использованию с 2002 года. Потенциальная урожайность составляет 8-10 т/га. В Южно-Казахстанской области средний урожай на орошении составил 5,9 т/га, в условиях богары в пределах 3,0-3,5 т/га. Содержание сырой клейковины - 19,5%, протеина - 12,6%, лизина - 3,8-3,96%. Сорт *Азиада* допущен к использованию с 2014 года. Средняя урожайность - 7,5 т/га. Содержание лизина - 3,8-3,96%, протеина - 12,6%. Сорт *Кожа* допущен к использованию с 2015 года, средняя урожайность - 8,2 т/га. Со-

держание лизина - 3,96%, протеина - 12,6%. Сорт *Baru* находится на сортоиспытании с 2019 года. Средняя урожайность - 7,1 т/га. Содержание протеина 11,6 %, сырой клейковины 14,1%. Сорт *Балауса*. С 1984 передан на госсортоиспытание, как тритикале фуражного назначения. Потенциальная продуктивность составляет до 8,5 т/га. В зерне содержится до 15% белка и 66-71% крахмала, масса 1000 зерен достигает 51-57 г.

Показатели качества исследуемых сортов зерна тритикале (*Таза*, *Балауса*, *Baru*, *Кожа*, *Азиада*) в соответствии со стандартом показаны в Таблице 2. В исследуемых образцах зерна тритикале зараженности не обнаружено. Содержание сорной и зерновой примеси во всех исследуемых образцах не превышало установленных норм. По результатам исследований установлено, что, содержание сорной примеси не превышало 1,0%, а зерновой примеси - не более 2,0%. Все исследуемые образцы по засоренности относились к категории «чистое». По натуре все исследуемые сорта казахстанской селекции превышали стандартные показатели на 0,1-0,15% и относится по данному показателю к 1 и 2 классу зерна тритикале, что обосновывается влиянием условия выращивания наряду с сортовыми особенностями.

Результаты исследования ученых (Кшникаткина & Галиуллин, 2017) несколько противоречит на влияние множество факторов на качество зерна озимой тритикале. Изучение качества озимой тритикале в условиях Среднего Поволжья показало, что сорта *Розовская 7* и *Успех* формируют высокую натуру и массу 1000 зерен, а сорт озимого зерна тритикале *Доктрина 110* имел наименьшую продуктивность и качество. В среднем, за годы исследований натура зерна у сортов варьировала в пределах 725-750 г/л, масса 1000 зерен - от 40,3 до 54,2 г, стекловидность - от 54 до 59 %, что подтверждает преимущество наследственных факторов, а не условий выращивания.

На втором этапе исследований провели лабораторные односортовые помолы исследуемых образцов зерна тритикале на лабораторной мельнице ЛМ 202 с получением тритикалевой муки. Выход муки, в среднем, из всех образцов зерна тритикале составил 86,6%. По сортам составил: сорта «*Азиада*»-87, сорта «*Кожа*»- 85, сорта «*Таза*»-88, сорта «*Балауса*»-86, сорта «*Baru*» 87%. Остальную часть составили тритикалевые отруби, отходы и потери при усушке.

¹⁵ ГОСТ 10444.12-2013. (2013). *Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов*. М.: Стандартинформ.

¹⁶ ГОСТ 34023-2016. (2016). *Межгосударственный стандарт. Тритикале. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

Таблица 1.

Характеристика и нормы для зерна тритикале различного класса

Наименование показателя	Характеристика и норма для тритикале класса		
	I	II	III
Состояние	В здоровом, негреющемся состоянии		
Цвет	Свойственный нормальному зерну тритикале, допускается степень обесцвеченности:		
	Первая	Первая и вторая	Любая
Запах	Свойственный здоровому зерну тритикале; посторонний запах (затхлый, солодовый, плесневый, гниlostный) не допускается		
Натура, г/л, не менее	700	680	Не ограничивается
Влажность, %, не более	14,0	14,0	14,0
Стекловидность, %, не менее	40	Не ограничивается	
Число падения, с, не менее	150	100	
Массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, %, не менее	12	10	
Количество клейковины, % не менее	22	18	Не ограничивается
Качество клейковины, группа	II удовлетворительная крепкая	II удовлетворительная крепкая	
	II удовлетворительная слабая	II удовлетворительная слабая	
Единица прибора ИДК	40-80	30-102	
Сорная примесь, %, не более	2,0	2,0	5,0
В том числе:			
Минеральная примесь	0,3	0,3	1,0
В числе минеральной примеси: галька, шлак, руда	0,1	0,1	0,1
Куколь	0,5	0,5	0,5
Испорченные зерна	0,5	0,5	1,0
Зерновая примесь, % не более	5,0	5,0	15,0
Содержание белка определяют по требованию покупателя			

Далее исследовано органолептические показатели, количество и качество клейковины из различных сортов зерна тритикале казахстанской селекции с целью возможности их использования для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Применение тритикалевой муки позволит расширить сырьевую базу, ассортимент и вывести на рынок новые виды изделий, обогащенных жизненно важными и необходимыми веществами: белком, незаменимыми аминокислотами, витаминами, минеральными веществами. Результаты анализа органолептических показателей полученных образцов тритикалевой муки представлены в Таблице 3. Анализ органолептических показателей муки показал, что у всех образцов тритикалевой муки цвет белый

с кремовым оттенком, вкус и запах свойственные данному виду муки. Результаты исследований физико-химических свойств муки различных сортов тритикале показывает, что по содержанию белка все образцы превышает нормы стандарта, а наибольшее содержание белка оказалось в тритикалевой муке из сорта «Вару» - 13,3%. По кислотности все образцы муки находятся в одинаковых уровнях и по содержанию влаги в пределах допустимой нормы.

Возможность применения тритикалевой муки в производстве мучных кондитерских изделий привлекает всех с момента создания культуры, так как по содержанию белка она в 1,5 раза превосходит рожь, и в 1,2-1,3 раза пшеницу. Зерно три-

Таблица 2.

Качественные показатели различных сортов зерна тритикале Казахстанской селекции

Показатели	Сорта тритикале				
	Азиада	Кожа	Таза	Балауса	Baru
Запах	Свойственный нормальному зерну (по сортам) желтовато-коричневого цвета				
Цвет	Свойственный здоровому зерну тритикале, без посторонних запахов				
Натура, г/л, не менее	745	805	790	753	739
Массовая доля влаги, %	12,8	13,1	13,0	12,9	13,0
Содержание сорной примеси, %	Не более 1,0				
Содержание зерновой примеси, %	Не более 2,0				
Стекловидность, %	84	86	81	82	83
Массовая доля углеводов, %	56,7	61,4	65,0	59,8	60,1
Массовая доля белка на сухое вещество, %	11,50	12,69	11,2	10,4	13,3
Массовая доля крахмала, %	58,6	59,90	60,64	58,92	58,61
Зольность, %	1,64	1,71	1,33	1,48	1,44

тритикале имеет повышенное значение активности амилолитических ферментов, а именно α -амилазы. Это приводит быстрому формированию теста и его разжижению, а также к накоплению значительного количества декстринов, образующихся вследствие ферментативного гидролиза крахмала амилазами. Готовые изделия характеризуются несколько влажным и липким мякишем. По этой причине при переработке зерна тритикале в муку необходимо уделять особое внимание показателю, характеризующему активность амилолитических ферментов (Панкратов и др., 2017).

Характеристика клейковинного комплекса муки из разных сортов тритикале приведена в Таблице 4. Содержание сырой клейковины исследуемых со-

ртов тритикале составило в пределах 18-23%, что по требованиям ГОСТ 34142-2017¹⁷ относятся ко II группе (удовлетворительная слабая) и вполне можно использовать для выпечки хлеба и мучных кондитерских изделий.

Таким образом, результаты исследований (ЧП, белка, крахмала и содержание сырой клейковины) тритикале подтверждает актуальность его использования для получения хлебопекарной муки, что позволит расширить сырьевую базу для производства некоторых видов хлебобулочных и мучных кондитерских изделий после полного исследования и соответствующей корректировки. Результаты исследования по микробиологическим показателям муки из разных сортов тритикале

Таблица 3.

Органолептические показатели тритикалевой муки из различных сортов зерна тритикале

Наименование показателей	Значение показателей				
	Сорта «Азиада»	Сорта «Кожа»	Сорта «Таза»	Сорта «Балауса»	Сорта «BARU»
Органолептические					
Цвет	Белый с кремовым оттенком				
Запах	Свойственный тритикалевой муке, без посторонних запахов, не затхлый и не плесневелый				
Вкус	Свойственный тритикалевой муке, без посторонних привкусов				
Содержание минеральных примесей	При разжевывании муки хруста не ощущается				
Загрязненность и зараженность вредителями	Не обнаружены				

¹⁷ ГОСТ 34142-2017. (2017). Мука тритикалевая. Технические условия. М.: Стандартинформ.

Таблица 4.

Характеристика клейковинного комплекса муки из различных сортов тритикале

Наименование показателей	«Азиада»	«Кожа»	«Таза»	«Балауса»	«Baru»
Содержание сырой клейковины, %	18,43	22,14	19,01	20,88	23,75
ИДК, ед. пр.	80	85	90	90	90

на соответствие требованиям ГОСТ 26972-86¹⁸ и ГОСТ 10444.12-2013¹⁹ показывают, что содержание дрожжей, плесени и кишечных палочек не обнаружено.

Выводы

По результатам проведенных комплексных исследований 5 образцов зерна тритикале урожая 2021 года, включенных в государственный реестр селекционных достижений Республики Казахстан (Азиада, Кожа, Таза, Балауса, Baru) и районированных в южных регионах (Алматинской, Жамбылской) выявлено, что по содержанию сорной и зерновой примеси все исследуемые образцы не превышали установленных норм, а зараженности вредителями хлебных запасов не обнаружено. По содержанию сырой клейковины исследуемые сорта тритикале показали хорошие показатели в диапазоне 18-23%. Качественная оценка клейковины свидетельствует о том, что все образцы тритикале относились ко II группе (удовлетворительная слабая). Анализ физико-химических показателей полученных образцов тритикалевой муки свидетельствует о хороших потенциальных возможностях, позволяющих рекомендовать их использовать для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. По содержанию белка все полученные образцы тритикалевой муки превышают нормы стандарта, а наибольшее содержание белка оказалось в тритикалевой муке из сорта «Baru» - 13,3%. Анализ технологических свойств зерна тритикале, выращенные в южных регионах (Алматинской, Жамбылской) Казахстана показал, что новые сорта зерна тритикале («Таза», «Азиада», «Кожа», «Baru», «Балауса»), выведенные учеными Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства (КазНИИ-ЗиР), могут занять достойное место в структуре посевных площадей республики для увеличения валового сбора продовольственного зерна и рас-

ширения сырьевой базы для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Финансирование

Материалы подготовлены в рамках выполнения проекта «Разработка технологии хлебобулочных, мучных кондитерских изделий и комбикормов на основе новых отечественных сортов тритикале» в рамках научно-технической программы BR10764977 «Разработка современных технологий производства БАДов, ферментов, заквасок, крахмала, масел и др. в целях обеспечения развития пищевой промышленности» бюджетной программы 267 «Повышение доступности знаний и научных исследований» подпрограмма 101 «Программно-целевое финансирование научных исследований и мероприятий» Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы.

Литература

- Анискин, В. И., Еркинбаева, Р. К., & Налеев, А. О. (1992). *Технологические особенности зерна тритикале и пути повышения эффективности его использования*. М.: ВНИИТЭИ Агропром Москва.
- Вьюрков, В. В., Абуова, А. Б., Баймуханов, Е. Н., & Джапаров, Р. Ш. (2017). Урожайность традиционных и перспективных озимых культур на темно-каштановых почвах Приуралья. *Наука и образование*, 2, 3-10.
- Вьюрков, В. В., Абуова, А. Б., Тлепов, А. С., & Ертаева, Н. Т. (2016). Хлебопекарные свойства муки из зерна тритикале и озимой ржи. В *Инновационные технологии производства пищевых продуктов: Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых* (с. 40-46). Саратов: Саратовский ГАУ имени Н. И. Вавилова.
- Горбунов, В. Н., & Шевченко, В. Е. (2015). Селекционные достижения потритикале в науч-

¹⁸ ГОСТ 26972-86. (2003). *Методы микробиологического анализа*. М.: Стандартинформ.

¹⁹ ГОСТ 10444.12-2013. (2013). *Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов*. М.: Стандартинформ.

- ных центрах России и ближайшего зарубежья. *Достижения науки и техники АПК*, 4, 24-27.
- Горянина, Т. А. (2015). Технологические и хлебопекарные свойства зерна тритикале в сравнении с озимой пшеницей и озимой рожью. *Достижение науки и техники АПК*, 12, 30-31.
- Гриценко, С. А. (2003). *Разработка технологии хлеба функционального назначения на основе муки тритикале* [Кандидатская диссертация, Кубанский государственный технологический университет]. Краснодар, Россия.
- Донченко, Л. В., & Фирсов, Г. Г. (2007). *Пектин: Основные свойства, производство и применение*. М.: ДеЛи принт.
- Еркинбаева, Р. К. (2004). Технологии хлебобулочных изделий из тритикалевой муки. *Хлебопечение России*, 4, 14-17.
- Исабекова, М. С., Умиралиева, Л. Б., & Касымбек, Р. (2019). Сравнительное изучение физико-химических показателей казахстанских сортов тритикале «Таза» и «Кожа». В *Пища. Экология. Качество: Сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции* (т. 1, с. 335-339). Барнаул: Алтайский государственный университет.
- Кандроков, Р. Х., Панкратов, Г. Н., Рындин, А. А., & Конарев, П. М. (2021). Мукомольные свойства озимых сортов тритикале. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2, 38-39. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.145>
- Карчевская, О. В., Дремучева, Г. Ф., & Грабовец, А. И. (2013). Научные основы и технологические аспекты применения зерна тритикале в производстве хлебобулочных изделий. *Хлебопечение России*, 5, 28-29.
- Кененбаев, С. Б., Айнабекова, Б. А., Уразалиев, Р. А., Уразалиев, К. Р., & Сарбаев, А. Т. (2015). *Рекомендация по новым сортам тритикале*. Караганда: LITERA.
- Корячкина, С. Я., Кузнецова, Е. А., & Черепница, Л. В. (2012). *Технология хлеба из целого зерна тритикале: Монография*. Орел: Госуниверситет-УНПК.
- Кшникаткина, А. Н., & Галиуллин, А. А. (2017). Агроэкологическое изучение сортов озимой тритикале в условиях лесостепи среднего Поволжья. *Нива Поволжья*, 1, 27-30.
- Онгарбаева, Н. О., Жанабаева, К. К., & Рукшан, Л. В. (2018). Представляем тритикале казахстанской селекции. В *Инновации. Образование. Энергоэффективность: Материалы XII Международной научно-практической конференции* (с. 146-149). Минск: ГАЗ-ИНСТИТУТ.
- Панкратов, Г. Н., Кандроков, Р. Х., & Коломиец, С. Н. (2017). Технологические свойства зерна тритикале с повышенной амилолитической активностью. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 7, 22-30.
- Попова, О. Г. (2009). *Разработка методологии и новых методов контроля качества продукции растениеводства* [Докторская диссертация, Кубанский государственный аграрный университет]. М., Россия.
- Сейдуманова, М. (2013). Перспективы развития пищевой промышленности Казахстана. *Курсы-взъ*, 23, 1-3.
- Урбанчик, Е. Н., Касьянова, Л. А., & Агеенко, В. (2005). Совершенствование технологии получения сортовой муки из зерна тритикале. *Хлебопек*, 1, 20-21.
- Урубков, С. А. (2014). *Разработка новых видов крупы и муки из зерна тритикале* [Кандидатская диссертация, Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Зерна и продуктов его переработки]. М., Россия.
- Gyori, Z. (2018). Finginson the making of triticale and wheat-based low calorie flour. *EC Nutrition*, 13(3), 113-125.
- Kandrokov, R., Pankratov, G., Meleshkina, E., Vitol, I., & Tulyakov, D. (2019). Effekive technological scheme for processing triticale grain into high-quality bakers grade flour. *Foods and Raw Materials*, 7(1), 107-117. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-107-117>
- Sharm, C. F., Cooper, R., & Jenner, K. V. (2002). Genetik variation for «waxy» and starch characteristics of triticale. In *Proceedings of the 5th international triticale symposium* (vol. 1, pp. 245-253). Poland: Radziko.

Technological Properties of Triticale Grain of Kazakh Selection for Food Purposes

Altynay B. Abuova

LLP "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry"
238G Gagarin st., Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan
E-mail: a.abuova@rpf.kz

Lazat B. Umiraliyeva

LLP "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry"
238G Gagarin st., Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan
E-mail: l.umiraliyeva@rpf.kz

Moldir S. Isabekova

LLP "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry"
238G Gagarin st., Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan
E-mail: molia_07@mail.ru

In Kazakhstan, triticale breeding has been started since 1970 at the Kazakh Research Institute of Agriculture and Crop Production (KazNIZiR). At present, the use of triticale grain processing products in the food industry has not been fully studied. Triticale flour, combining the biological usefulness of rye proteins with the baking properties of wheat, can eliminate the problem of rye flour deficiency in the food industry, and can also help expand the range of bakery and flour confectionery products of increased nutritional value. The purpose of our research is to determine the technological properties of various grades of triticale as a potential raw material for the baking and confectionery industry. The objects of study are Kazakh varieties of triticale: Taza, Balausa, Asiada, Kozha, Baru. Over the past 3 years, the presented varieties show a yield of 45 on rainfed to 116-120 c/ha of grain under regular irrigation. The results of studies of organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of triticale grain, as well as flour obtained from various varieties of triticale of Kazakhstan selection are presented. Based on the results of comprehensive studies of 5 samples of triticale grain harvested in 2021, included in the state register of breeding achievements of the Republic of Kazakhstan (Asiada, Kozha, Taza, Balausa, Baru) and zoned in the southern regions (Almaty, Zhambyl), it was revealed that, in terms of the content of weed and grain impurities, all the studied samples did not exceed the established norms, and pest infestation of grain stocks was not found. According to the content of crude gluten, the studied varieties of triticale showed good performance in the range of 18-23%. A qualitative assessment of gluten indicates that all samples of triticale belonged to group II (satisfactory weak). An analysis of the physicochemical parameters of the obtained samples of triticale flour indicates good potential, allowing us to recommend their use for the production of bakery and flour confectionery products. In terms of protein content, all obtained samples of triticale flour exceed the standard, and the highest protein content was found in triticale flour from the "Baru" variety - 13.3%. An analysis of the technological properties of triticale grains grown in the southern regions (Almaty, Zhambyl) of Kazakhstan showed that new varieties of triticale grains ("Taza", "Asiada", "Kozha", "Baru", "Balausa"), bred by scientists of the Kazakh Scientific and Research Institute of Agriculture and Crop Production (KazNIZiR), can take a worthy place in the structure of the sown areas of the republic to increase the gross harvest of food grain and expand the raw material base for the production of bakery and flour confectionery.

Keywords: triticale varieties of Kazakh breeding, technological properties, vitreousness, protein, gluten, flour

References

- Aniskin, V. I., Erkinbaeva, R. K., & Naleev, A. O. (1992). *Tehnologicheskie osobennosti zerna tritikale i puti povysheniya jeffektivnosti ego ispol'zovanija* [Technological features of triticale grain and ways to improve the efficiency of its use]. Moscow: VNIITel Agroprom Moskva.
- V'jurkov, V. V., Abuova, A. B., Bajmukanov, E. N., & Dzhaparov, R. Sh. (2017). Urozhajnost' tradicionnyh i perspektivnyh ozimyh kul'tur na temno-kashtanovyh pochvah Priural'ja [Productivity of traditional and promising winter crops on dark

- chestnut soils of the Urals]. *Nauka i obrazovanie [Science and Education]*, 2, 3-10.
- V'jurkov, V. V., Abuova, A. B., Tlepov, A. S., & Ertaeva, N. T. (2016). Hlebopekarnye svojstva muki iz zerna tritikale i ozimoz rzhii [Baking properties of triticale and winter rye flour]. In *Innovacionnye tehnologii proizvodstva pishhevyh produktov: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenykh [Innovative technologies for food production: Proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists]* (pp. 40-46). Saratov: Saratovskij GAU imeni N. I. Vavilova.
- Gorbunov, V. N., & Shevchenko, V. E. (2015). Selekcionnye dostizhenija potritikale v nauchnyh centrakh Rossii i blizhajshego zarubezh'ja [Breeding Achievements of Potriticale in Scientific Centers of Russia and Near Abroad]. *Dostizhenija nauki i tehniki APK [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex]*, 4, 24-27.
- Gorjanina, T. A. (2015). Tehnologicheskie i hlebopekarnye svojstva zerna tritikale v sravnenii s ozimoz pshenicej i ozimoz rozh'ju [Technological and baking properties of triticale grain in comparison with winter wheat and winter rye]. *Dostizhenie nauki i tehniki APK [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex]*, 12, 30-31.
- Gricenko, S. A. (2003). *Razrabotka tehnologii hleba funkcional'nogo naznacheniya na osnove muki tritikale [Development of technology for functional bread based on triticale flour]* [Candidate Dissertation, Kubanskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet]. Krasnodar, Russia.
- Donchenko, L. V., & Firsov, G. G. (2007). *Pektin: Osnovnye svojstva, proizvodstvo i primenenie [Pectin: Basic properties, production and application]*. Moscow: DeLi print.
- Erkinbaeva, R. K. (2004). Tehnologii hlebobulochnykh izdelij iz tritikalevoj muki [Technologies of bakery products from triticale flour]. *Hlebopechenie Rossii [Bakery of Russia]*, 4, 14-17.
- Isabekova, M. S., Umiraliyeva, L. B., & Kasymbek, R. (2019). Sravnitel'noe izuchenie fiziko-himicheskikh pokazatelej kazhstanskikh sortov tritikale "Taza" i "Kozha" [Comparative study of the physico-chemical parameters of Kazakh varieties of triticale "Taza" and "Kozha"]. In *Pishha. Jekologija. Kachestvo: Sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Food. Ecology. Quality: Proceedings of the 16th International scientific and practical conference]* (vol. 1, pp. 335-339). Barnaul: Altajskij gosudarstvennyj universitet.
- Kandrokov, R. H., Pankratov, G. N., Ryndin, A. A., & Konarev, P. M. (2021). Mukomol'nye svojstva ozimoz sortov tritikale [Flour-grinding properties of winter varieties of triticale]. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyra [Storage and Processing of Farm Products]*, 2, 38-39. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.145>
- Karchevskaja, O. V., Dremucheva, G. F., & Grabov, A. I. (2013). Nauchnye osnovy i tehnologicheskie aspekty primenenija zerna tritikale v proizvodstve hlebobulochnykh izdelij [Scientific basis and technological aspects of the use of triticale grain in the production of bakery products]. *Hlebopechenie Rossii [Bakery of Russia]*, 5, 28-29.
- Kenenbaev, S. B., Ajnabekova, B. A., Urazaliev, R. A., Urazaliev, K. R., & Sarbaev, A. T. (2015). *Rekomendacija po novym sortam tritikale [Recommendation for new grades of triticale]*. Karaganda: LITERA.
- Korjachkina, S. Ja., Kuznecova, E. A., & Cherepnica, L. V. (2012). *Tehnologija hleba iz celogo zerna tritikale: Monografija [Whole grain triticale bread technology: Monograph]*. Orel: Gosuniversitet-UNPK.
- Kshnikatkina, A. N., & Galiullin, A. A. (2017). Agroekologicheskoe izuchenie sortov ozimoz tritikale v uslovijah lesostepi srednego Povolzhja [Agroecological study of varieties of winter triticale in the conditions of the forest-steppe of the middle Volga region]. *Niva Povolzhja [Niva Volga Region]*, 1, 27-30.
- Ongarbaeva, N. O., Zhanabaeva, K. K., & Rukshan, L. V. (2018). Predstavljajem tritikale kazhstanskoy selekcii [Introducing triticale of Kazakh selection]. In *Innovacii. Obrazovanie. Jenergojeffektivnost': Materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Innovation. Education. Energy efficiency: Proceedings of the 12th international scientific and practical conference]* (pp. 146-149). Minsk: GAZ-INSTITUT.
- Pankratov, G. N., Kandrokov, R. H., & Kolomic, S. N. (2017). Tehnologicheskie svojstva zerna tritikale s povyshejnoj amiloliticheskoj aktivnost'ju [Technological properties of triticale grains with increased amylolytic activity]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agrarian University]*, 7, 22-30.
- Popova, O. G. (2009). *Razrabotka metodologii i novyx metodov kontrolja kachestva produkcii rastenievodstva [Development of methodology and new methods for quality control of crop products]* [Doctoral Dissertation, Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet]. Moscow, Russia.
- Sejdumanova, M. (2013). Perspektivy razvitiya pishhevoj promyshlennosti Kazhstana [Prospects for the development of the food industry in Kazakhstan]. *Kursiv [Italic]*, 23, 1-3.
- Urbanchik, E. N., Kas'janova, L. A., & Ageenko, V. (2005). Sovershenstvovanie tehnologii polucheniya sortovoj muki iz zerna tritikale [Improving the technology for obtaining high-quality flour from triticale grain]. *Hlebopek [Baker]*, 1, 20-21.
- Urubkov, S. A. (2014). *Razrabotka novyx vidov krupy i muki iz zerna tritikale [Development of new*

- types of cereals and flour from triticale grain* [Candidate Dissertation, Vserossiiskij Nauchno-Issledovatel'skij Institut Zerna i produktov ego pererabotki]. Moscow, Russia.
- Gyori, Z. (2018). Fingingson the making of triticale and wheat-based low calorie flour. *EC Nutrition*, 13(3), 113-125.
- Kandrokov, R., Pankratov, G., Meleshkina, E., Vitol, I., & Tulyakov, D. (2019). Effekative technological scheme for processing triticale grain into high-quality bakers grade flour. *Foods and Raw Materials*, 7(1), 107-117. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-107-117>
- Sharm, C. F., Cooper, R., & Jenner, K. V. (2002). Genetik variation for «waxy» and starch characteristics of triticale. In *Proceedings of the 5th international triticale symposium* (vol. 1, pp. 245-253). Poland: Radziko.

Продуктивность и технологические качества гибридов сахарной свёклы отечественной и зарубежной селекции при длительном применении удобрений в свекловичном севообороте Центрально-Черноземного региона

Минакова Ольга Александровна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: olalmin2@rambler.ru

Путилина Людмила Николаевна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: lputilina@bk.ru

Лазутина Надежда Александровна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: tehnolog745@gmail.com

Александрова Людмила Валерьевна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: lyuda.aleksandrova@bk.ru

Подвигина Татьяна Николаевна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»
Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, д. 86
E-mail: tatyanaPodwigina@yandex.ru

В настоящее время современные гибриды сахарной свёклы могут реализовать свой генетический потенциал только при агротехнике, адаптированной к их биологическим особенностям. Как культура, имеющая высокий вынос элементов питания, сахарная свёкла весьма требовательная к обеспеченности НРК. При выборе оптимальной системы удобрений для конкретной почвенно-климатической зоны необходимо рекомендовать тот вариант, при котором взаимодействие гибридов и систем питания особенно эффективно. Цель представленного исследования - выявить влияние различных схем длительного применения удобрений в свекловичном севообороте на изменение технологических показателей и продуктивности гибридов сахарной свёклы. Исследование реализовано в 2019-2020 гг. в стационарном опыте ФГБНУ «ВНИИСС имени А.Л. Мазлумова» (Воронежская область), заложенном в 1936 году в звене черный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла 9-польного зернопаропропашного севооборота. Для отечественных гибридов РМС 120 и РМС 127 установлены оптимальные дозы удобрений $N_{45}P_{45}K_{45}$ (схема I) и $N_{90}P_{90}K_{90}$ (схема II) на фоне 25 т/га навоза в пару, при применении которых получена достоверная прибавка урожайности – 6,6-11,1 т/га и 5,1-9,3 т/га, увеличение прогнозируемого выхода сахара на заводе на 0,75-2,52 и до 1,37 абс. % при наименьших потерях сахарозы в мелассе (на 0,13-0,35 и 0,07-0,14 абс. %) и извлекаемости ($K_{изв}$) не ниже 85 %, что

обеспечило повышение сбора очищенного сахара с 1 га посева на 1,3-2,0 т/га относительно неудобренного варианта и достижения окупаемости удобрений – 32,1-32,6 (РМС 120) и 24,8-27,3 кг/кг (РМС 127). Для иностранного гибрида Митика внесение $N_{135}P_{135}K_{135}$ на фоне 25 т/га навоза в пару (схема III) и $N_{120}P_{120}K_{120}$ на фоне 50 т/га навоза в пару (схема IV) обеспечило достоверное повышение урожая корнеплодов на 14,7 и 9,6 т/га, выхода сахара при переработке сырья – до 0,35 абс. % при извлекаемости сахарозы не менее 86 %, сбора очищенного сахара с 1 га посева – на 2,3 и 1,8 т/га. Окупаемость удобрений при применении схем III и IV в посевах иностранного гибрида составила 30,9 и 19,1 кг/кг соответственно. Полученные данные позволяют рекомендовать вышеуказанные схемы к длительному применению в севообороте для получения наибольшей продуктивности современных гибридов сахарной свёклы с высокими технологическими показателями переработки корнеплодов и окупаемостью вносимых удобрений.

Ключевые слова: сахарная свёкла, минеральные удобрения, навоз, урожайность, технологические показатели, сбор очищенного сахара, экономическая эффективность

Введение

Сахарная свёкла – ценная техническая культура, занимающая значительное место в растениеводстве РФ. Так, за период 2010-2019 гг. площадь посевов культуры составила 1102 тыс. га, урожайность – 40,0 т/га, объем производства сахара – 5,3 млн. т. С 2017 года в структуре производства доля отечественного свекловичного сахара достигла 100 % (Смирнов, 2018; Апасов & Смирнов, 2020а; Апасов & Смирнов, 2020б). В настоящее время в РФ районировано более 300 гибридов сахарной свёклы, отличающихся друг от друга сроками созревания, урожайностью, сахаристостью, устойчивостью к заболеваниям и т.д. (Путилина и др., 2017; Путилина и др., 2020), но большинство из них является достижениями иностранной селекции. Так, в последние 30 лет в свекловодстве наблюдается доминирование зарубежных гибридов (95 % посевных площадей и 78,9 % сортимента Госреестра)¹. Это произошло в результате снижения конкурентоспособности достижений отечественной селекции (Гончаров & Подпорошникова, 2017), так как иностранные гибриды имеют большую продуктивность по сравнению с отечественными (Святова & Солошенко, 2008; Глеваский, 2014; Беседин, 2015; Жеряков, 2015; Заволока и др., 2016) и вследствие этого они стали более востребованы у сельхозпроизводителей. Так, по данным О.В. Святовой с соавторами иностранные гибриды по разным регионам превышают отечественные по урожайности на 10,4-54,7 %, в ЦЧР – на 16,3 % (Святова & Солошенко, 2008).

Агротехника современных гибридов должна быть максимально адаптирована к их требованиям с целью реализации генетического потенциала. Как культура, имеющая значительный потенциал, сахарная свёкла предъявляет высокие требования к условиям питания. Для получения высоких устойчивых урожаев корнеплодов требуется внесение

значительных количеств минеральных и органических удобрений. Но переход к рыночной экономике негативно сказался на уровне удобренности культуры. Так, в 1990 году на 1 га посевов сахарной свёклы вносилось 431 кг д.в. (действующего вещества) минеральных удобрений, в 2019 – 308 кг д.в., снижение составило 28,5 %; органических – 5,3 т/га и 2,3 т/га соответственно, снижение – 56,6 % (Апасов & Смирнов, 2020а).

Действие удобрений на сахарной свёкле установлено во многих исследованиях (Тютюнов и др., 2016; Марчук & Яценко, 2008; Кожокина и др., 2018; Islamgulov et al., 2019). Их влияние по-разному проявляется на почвах с неодинаковой обеспеченностью NPK (Илюшенко, 2014), при различающихся погодных условиях одной местности (Бершадская и др., 2016; Боронтов и др., 2019), а также в разных зонах возделывания (Fasahat et al., 2018). Так, в исследованиях С.И. Бершадской с соавторами (2016) в благоприятные годы удобрения обеспечивали повышение урожайности корнеплодов на 39,2-79,7, умеренные – 11,8-43,5, благоприятные – 23,3-51,7 %. Применение органических удобрений (навоза КРС, компостов и др.) также в значительной мере изменяло продуктивность и качество культуры (Maharjan & Hergert, 2019; Hlisnikovský et al., 2021). Повышение доз удобрений не всегда сопровождается адекватным ростом урожайности (Никитина и др., 2019; Бутяйкин, 2014).

По данным одних исследователей на применение удобрений более отзывчивы гибриды зарубежной селекции (Жеряков, 2012), по данным других – отечественных (Смуров и др., 2008; Кравцов и др., 2019). Так, в исследованиях С.И. Смурова с соавторами (2008) урожайность гибридов отечественной селекции при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$ возрастала на 18,8-25,2 % относительно варианта без удобрений, тогда как зарубежных – на 16,1-18,1 %. Общей

¹ Рынок семян попал в зависимость. ИКАР - Институт Конъюнктуры Аграрного Рынка. URL: <http://www.ikar.ru/articles/138.html> (дата обращения: 12.02.2021).

тенденцией в свеклосахарном производстве является снижение содержания сахара в поступающей на сахарные заводы свёкле (Шеуджен и др., 2008). Такое положение требует повышенного внимания к условиям выращивания данной культуры и применения агроприёмов, обеспечивающих увеличение сахаристости корнеплодов (Шеуджен и др., 2008).

Несбалансированное внесение удобрений вызывает снижение в корнеплодах доли сухих веществ, общего содержания сахара, общего количества несахаров, повышение количества растворимых несахаров (в том числе, редуцирующих веществ, α -аминного азота), что приводит к сокращению сбора очищенного сахара с 1 га площади посевов культуры (Abdel-Motagally et al., 2009; Пигорев и др., 2017; Тютюнов и др., 2016; Лукьянюк и др., 2017; Цвей и др., 2019). В опыте С.И. Тютюнова с соавторами (2016) содержание сухого вещества в листьях сахарной свёклы под действием агрохимикатов уменьшалось на 0,9-1,4, в корнеплодах – 1,1-2,1 %.

При незначительном ухудшении технологического качества сахарной свёклы не было отмечено снижения сбора очищенного сахара, так как рост урожайности корнеплодов под влиянием удобрений компенсирует потери сахарозы при её производстве (Káš, et al., 2019). Так, в исследованиях С.И. Тютюнова с соавторами (2016) повышение урожайности сахарной свёклы на 4,1-13,9 т/га под влиянием удобрений способствовало увеличению сбора сахара на 0,75-1,56 т/га (Тютюнов и др., 2016). При выборе оптимальной системы удобрений сахарной свёклы для конкретной почвенно-климатической зоны необходимо остановиться на том варианте, при котором взаимодействие гибридов и систем питания особенно эффективно (Роик и др., 2014).

Целью описанного исследования являлось определение эффективности различных схем длительно вносимых в зерносвекловичном севообороте удобрений и выявление их влияния на изменение технологических показателей и продуктивности современных гибридов сахарной свёклы иностранной и отечественной селекции.

Материалы и методы исследования

Объекты

В качестве объектов исследования выступили корнеплоды и листья сахарной свёклы отечественных и иностранных гибридов: (1) Митика – однострочный диплоидный гибрид на стерильной основе нормального типа (N) селекции Lion Seeds (Вели-

кобритания). Регионы допуска: Центральнo-Черноземный и Средневолжский. Потенциальная урожайность – 54,0 т/га, сахаристость – 17,2 %. Форма корнеплода – коническая, погруженность корнеплода в почву 80-90 % устойчив к ризомании, рамуляриозу, афаномицетной гнили; (2) РМС 127 – односемянный диплоидный гибрид на стерильной основе нормального типа (N) селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова. Регионы допуска: Центральнo-Черноземный, Центральнoй, Волго-Вятский, Северо-Кавказский. Потенциальная урожайность – 47,6 т/га, сахаристость – 18,4 %. Форма корнеплода – цилиндрическая, погруженность корнеплода в почву 80-95 %, устойчив к корневым гнилям, мучнистой росе, церкоспорозу; (3) РМС 120 – односемянный диплоидный гибрид на стерильной основе нормального типа (N) селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова. Рекомендован для Центральнo-Черноземного, Уральско-го регионов. Потенциальная урожайность – 55,5 т/га, сахаристость – 17,4 %. Форма корнеплода – цилиндрическая, погруженность корнеплода в почву 80-95 %. Устойчив к церкоспорозу, мучнистой росе, корневой гнили, корневым гнилям.

Семена изученных гибридов были задражированы ООО «Бетагран Рамонь».

Условия проведения исследования

Полевые исследования проводили в 2019-2020 гг. в стационарном опыте ФГБНУ «ВНИИСС имени А.Л. Мазлумова» (Воронежская область), заложенном в 1936 году в звене черный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла 9-польного зернопаропропашного севооборота. Почва опытного участка представлена чернозёмом выщелоченным среднесиловым с содержанием гумуса в пахотном слое 4,83-5,22 %, N-NO₃ – 13,9-28,2, P₂O₅ – 106-188 и K₂O – 141-197 мг/кг (Таблица 1) (Минакова и др., 2018; Минакова и др., 2020).

Вегетационные периоды в 2019 и 2020 гг. отличались малым количеством осадков – 182,6 и 135,3 мм соответственно, что на 163,0 и 210,3 мм (или 47,2 и 60,8 %) ниже среднесилового значения (345,6 мм). Сумма среднемесячных температур как в 2019, так и 2020 году была несколько ниже среднесилового показателя (107,0 °C) на 3,8 и 3,2 °C соответственно (Таблица 2).

При среднесиловом показателе гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (ГТК) для данной местности, равному 1,1, в разные месяцы в годы исследований данный показатель колебался от 0,1 до 1,2 (Рисунок 1). В 2019 году ГТК

Таблица 1

Агрохимические свойства почвы вариантов с применением удобрений, слой 0-20 см

Вариант	Содержание гумуса, %	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Nг, мг-экв/100 г почвы	Ph _{KCl}
		мг/100 г почвы				
Контроль (без удобрений)	4,83	13,9	106	153	2,98	5,42
Схема удобрения I	4,70	19,8	132	197	3,41	5,32
Схема удобрения II	5,02	21,6	180	191	2,63	5,31
Схема удобрения III	5,20	19,6	188	141	3,41	5,37
Схема удобрения IV	5,22	24,4	152	181	3,59	5,23
Схема удобрения V	5,17	28,2	157	172	3,94	5,18

был равен 0,2-1,1 (в среднем – 0,65), в 2020 – 0,1-1,2 (в среднем – 0,50). В 2019 году он был ниже нормы в 4-х месяцах из 6, в 2020 – в 5 из 6. В целом, оба года исследований являлись неблагоприятными для роста и развития сахарной свёклы, так как ГТК был менее 0,7 и по Селянинову это характеризует условия вегетации как очень засушливые². Если 2019 год позволил удовлетворить потребность культуры в осадках за счет их большого количества в июле, то в 2020 году в месяцы наиболее активного роста сахарной свёклы (вторая половина июля, август, сентябрь) отмечалась сильная засуха, что обусловило более низкую урожайность культуры в 2020 году (Перспективная ресурсосберегающая технология..., 2008).

Продукция сахарной свёклы (листья и корнеплоды) была выращена на следующих вариантах опыта, которые включали контроль без удобрений и пять схем с разными дозами минеральных удобрений (вносили под сахарную свёклу) и органических удобрений (в пару – вторая культура перед сахарной свёклой) (Таблица 3). Минеральные удобрения были представлены в основном нитроаммофоской (азофоской) с содержанием NPK 16:16:16, органические удобрения – полуразложившимся навозом крупного рогатого скота (КРС) с содержанием N – 0,5, P₂O₅ – 0,25, K₂O – 0,6 % (Минеев, 2004). Минеральные удобрения в полной дозе вносились с осени под глубокую зяблевую вспашку (30-32 см), навоз – в пару (один раз за ротацию).

Таблица 2

Погодные условия периода вегетации сахарной свёклы по данным метеостанции ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» (2019-2020 гг.)

Год	Месяц						Сумма за вегетационный период
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Среднемесячная температура воздуха, °С							
2019	6,7	18,5	23,0	20,3	20,4	14,3	103,2
2020	7,0	13,7	23,1	22,7	20,4	16,9	103,8
Средне-многолетняя	8,6	17,1	20,8	23,1	22,2	15,2	107,0
Количество атмосферных осадков, мм							
2019	6,3	42,6	22,9	70,1	13,7	27,0	182,6
2020	15,9	50,1	23,7	34,5	5,7	5,4	135,3
Средне-многолетняя	48,1	57,0	62,7	60,1	73,6	44,1	345,6

² Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидротермический_коэффициент_увлажнения_Селянинова (дата обращения: 16.02.2021).

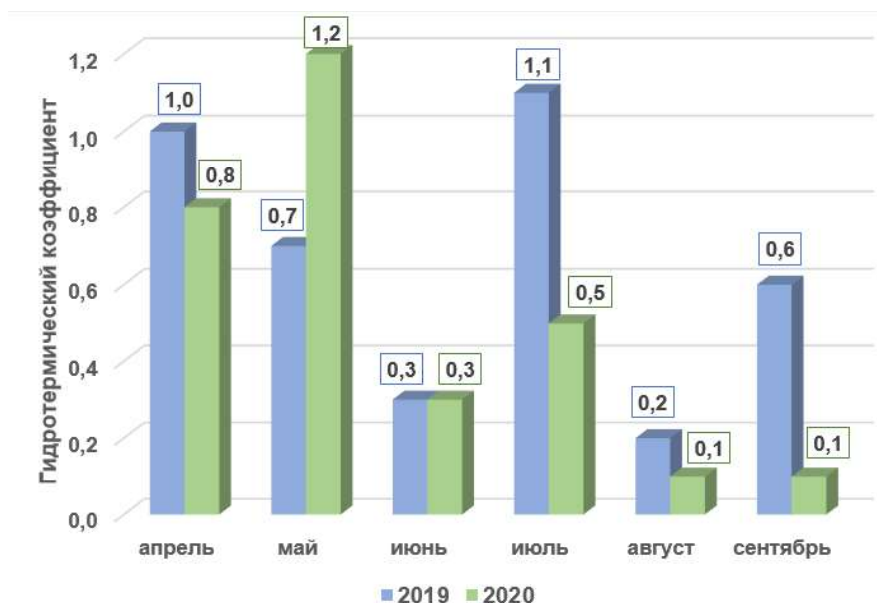


Рисунок 1. Гидротермический коэффициент за вегетационный период 2019 и 2020 гг.

Процедура исследования

На посевах сахарной свёклы проводили учет урожайности корнеплодов и листьев весовым методом (с учетных делянок) с пересчетом по методике ВНИС (1986). Метод заключается в выкопке с площади 10,8 м² (4 ряда по 6 м, ширина междурядья 0,45 м) и очистке от почвы корнеплодов, а также их взвешивании вместе с листьями. В дальнейшем листья отсекаются и корнеплоды повторно взвешиваются. Пересчет урожайности корнеплодов в т/га производится путем умножения веса пробы (в кг) на коэффициент 0,926. Урожайность листьев в т/га определяется по разности веса корнеплодов с листьями и веса корнеплодов без листьев и умножении на коэффициент 0,926 (Барнштейн & Гизбуллин, 1986).

При определении содержания сухого вещества в растениях использовали метод высушивания. На технических весах с точностью до 0,01 г взвешивается пустой бюкс. Далее в бюкс вносится исследуемый образец мезги сахарной свеклы и взвешивается еще раз. Затем бюкс помещается в сушильный шкаф и высушивается при температуре 105 °С в течение 6 часов. После предварительного взвешивания доводят до постоянной массы (разница не более 0,2 г) путем подсушивания при той же температуре в течение 30–40 мин.³

Расчет сбора сухого вещества сахарной свеклой с 1 га производили путем суммирования сбора сухого вещества в листьях и в корнеплодах. Сбор сухого вещества листьев определяли путем умножения содержания сухого вещества в листьях

Таблица 3

Схема стационарного опыта

Вариант	Минеральные удобрения под сахарную свёклу, кг д.в. на 1 га	Навоз в пару, т/га	Сумма поступления NPK, кг/га
Контроль (без удобрений)	N ₀ P ₀ K ₀	0	0
Схема удобрения I	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	25	205,6
Схема удобрения II	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	25	340,6
Схема удобрения III	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	25	475,6
Схема удобрения IV	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	50	501,2
Схема удобрения V	N ₁₉₀ P ₁₉₀ K ₁₉₀	0	570,0

³ ГОСТ 31640-2012 (2020). Корма. Методы определения содержания сухого вещества. М.: Стандартинформ.

на их урожайность и делении на 100, сбор сухого вещества корнеплодов - умножения содержания сухого вещества в корнеплодах на их урожайность и делении на 100.

Биологический сбор сахара (в т/га) определяли расчетным методом путем умножения величины сахаристости образца мезги на урожайность корнеплодов с данного варианта и делении на 100. Сбор очищенного сахара с 1 га посева (в т/га) рассчитывали как произведение величины прогнозируемого выхода сахара при переработке сырья на урожайность корнеплодов с данного варианта и делении на 100.

Окупаемость NPK удобрений урожаем сахарной свеклы определяли расчетным методом путем деления прибавки урожая корнеплодов (в т/га) в варианте с применением удобрений на количество действующего вещества минеральных удобрений (суммы NPK), а также и действующего вещества навоза, используемого культурой на второй год после его внесения в черном пару в этом варианте (Лапа и др., 2011). NPK навоза в этом случае используется сахарной свёклой на 20, 25 и 20 % соответственно (Гуреев & Агibalов, 2000).

Оценку технологического качества сахарной свёклы проводили экспресс-методом, включающим получение дигератов на автоматизированной линии *Veneta* и определение в них на компьютеризированной линии анализа сахарной свё-

клы *Betalyser* сахаристости, содержание K^+ , Na^+ и α -аминного азота. На основании результатов анализа проб свёклы рассчитывали по формуле Брауншвейгского университета прогнозируемые потери сахара в мелассе, прогнозируемый выход сахара, коэффициент его извлечения (Шпаар и др., 2012).

Результаты

Урожайность корнеплодов иностранного гибрида Митика составила в экспериментальных вариантах 51,8-61,6 т/га, отечественных гибридов РМС 120 – 40,2-45,2 т/га и РМС 127 – 40,5-46,0 т/га, тогда как в контроле – 46,9, 33,6 и 35,4 т/га соответственно (Таблица 4).

Действие удобрений увеличивало урожайность гибрида Митика на 4,9-14,7 т/га (на 10,4-31,3 %) относительно контроля, РМС 120 – на 6,6-11,6 т/га (19,6-34,5 %), РМС 127 – на 5,1-10,6 (14,4-29,9 %). Применение удобрений по схеме I ($N_{45}P_{45}K_{25+45}$ т/га навоза) обеспечивало повышение урожайности корнеплодов иностранного гибрида относительно неудобренного варианта на 4,9, РМС 120 – на 6,6, РМС 127 – на 5,1 т/га (или на 10,4, 19,6 и 14,4 % соответственно). Удвоение дозы минеральных удобрений в схеме II ($N_{90}P_{90}K_{25+90}$ т/га навоза) относительно схемы I увеличивало показатель на 4,5 и 4,2 т/га у отечественных гибридов, а утроение (схема III) – у иностранного на 9,8, РМС 120 – 3,5 и РМС 127 – на 5,5

Таблица 4

Влияние применения удобрений на урожайность сахарной свёклы (2019-2020 гг.)

Вариант	Урожайность корнеплодов и листьев, т/га					
	Митика		РМС 120		РМС 127	
	корнеплоды	листья	корнеплоды	листья	корнеплоды	листья
Контроль (без удобрений)	46,9	7,8	33,6	7,8	35,4	9,6
Схема удобрения I	51,8	7,9	40,2	11,0	40,5	10,3
Схема удобрения II	51,8	8,4	44,7	13,8	44,7	12,4
Схема удобрения III	61,6	11,2	43,7	16,0	46,0	13,0
Схема удобрения IV	56,5	10,7	45,2	12,4	42,4	12,8
Схема удобрения V	54,6	11,5	41,1	14,6	42,1	15,8
НСП ₀₅	3,81	0,57	2,24	0,81	2,50	0,76

т/га. Применение насыщенной дозы $N_{120}P_{120}K_{50+120}$ т/га навоза (схема IV) обеспечило повышение урожайности у РМС 120 на 1,5 т/га относительно более низкой дозы (схема III), но снижение анализируемого показателя у Митики и РМС 127 на 5,1 и 3,6 т/га соответственно. Наибольший урожай корнеплодов получен на фоне схемы III ($N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза) у Митики (61,6 т/га) и РМС 127 (46,0 т/га) и схемы IV – у РМС 120 (45,2 т/га).

При сравнении урожайности корнеплодов отечественных гибридов с иностранным в экспериментальных вариантах выявлено, что она была ниже у РМС 120 на 7,1-17,9 т/га (на 13,7-29,1 %), РМС 127 – на 7,1-15,6 т/га (на 13,7-25,3 %), в контрольных вариантах, соответственно, на 13,3 и 11,5 т/га (на 28,4 и 24,5 %).

Урожайность листьев в экспериментальных вариантах составила: у Митики – 7,9-11,5, РМС 120 – 11,0-16,0, РМС 127 – 10,3-15,8 т/га, в контроле – 7,8, 7,8 и 9,6 т/га соответственно. Действие удобрений повышало урожайность листьев иностранного гибрида на 0,6-3,7 т/га (на 7,7-47,4 %), РМС 120 – на 3,2-8,2 т/га (41,0-105,0 %), РМС 127 – 0,7-6,2 т/га (7,3-64,6 %) относительно контроля. Значительный урожай листьев у анализируемых гибридов выявлен при действии схем III ($N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза) и V ($N_{190}P_{190}K_{190}$).

Доля основной продукции (корнеплодов) сахарной свёклы в общей массе урожая у Митики составила 84,6-91,0 %, что на 5,3-12,9 % выше в сравнении с РМС 120 и на 4,9-8,0 % – с РМС 127 (Таблица 5).

Таблица 5

Доля основной и побочной продукции в урожае гибридов сахарной свёклы отечественной и иностранной селекции в зависимости от применения удобрений (2019-2020 гг.)

Вариант	Процентное содержание корнеплодов и листьев в урожае гибридов					
	Митика		РМС 120		РМС 127	
	доля корнеплодов	доля листьев	доля корнеплодов	доля листьев	доля корнеплодов	доля листьев
Контроль (без удобрений)	88,6	11,4	83,3	16,7	83,2	16,8
Схема удобрения I	89,0	11,0	83,0	17,0	84,1	15,9
Схема удобрения II	89,1	10,9	81,3	18,7	82,1	17,9
Схема удобрения III	91,0	9,0	78,1	21,9	83,0	17,0
Схема удобрения IV	88,1	11,9	82,2	17,8	80,9	19,1
Схема удобрения V	84,6	15,4	77,9	22,1	76,9	23,1
НСР ₀₅	–	–	0,82	0,13	0,78	0,14

Отмечено неоднозначное действие удобрений на процентное содержание корнеплодов в общей массе урожая исследуемых образцов. Так, у отечественных гибридов практически во всех экспериментальных вариантах наблюдалось снижение анализируемого показателя относительно соответствующих контролей: у РМС 120 – на 1,1-5,4 и РМС 127 – на 1,1-6,3 % (за исключением схемы I). У иностранного гибрида доля основной продукции в урожае была ниже контроля только в схемах удобрений IV и V (на 0,5 и 4,0 % соответственно), в остальных вариантах достоверной разницы не было отмечено.

Содержание сухого вещества (СВ) в корнеплодах иностранного гибрида, выращенных в экспери-

ментальных вариантах, составило 26,1-27,4, РМС 120 – 27,2-27,9, РМС 127 – 26,7-28,6 %, тогда как в соответствующих контролях оно было на уровне 26,6, 24,5, 26,7 % (Таблица 6).

При действии удобрений у отечественных гибридов отмечено достоверное превышение анализируемого показателя относительно неудобренных вариантов: на 2,7-3,4 % – у РМС 120 и 1,0-1,9 % – РМС 127 (кроме схем II и V, где СВ было на уровне контроля). У иностранного гибрида при применении схем с высокими дозами удобрений III и V содержание СВ в корнеплодах было ниже контроля на 0,5 и 0,4 %, в остальных вариантах – на уровне (схема I) или выше контроля на 0,3 и 0,8 % (схемы II и IV).

Таблица 6

Влияние применения удобрений на содержание сухого вещества в сахарной свёкле (2019-2020 гг.)

Вариант	Содержание сухого вещества в сахарной свёкле, %					
	Митика		РМС 120		РМС 127	
	корнеплоды	листья	корнеплоды	листья	корнеплоды	листья
Контроль (без удобрений)	26,6	20,9	24,5	21,2	26,7	20,0
Схема удобрения I	26,6	21,4	27,9	21,1	28,6	21,8
Схема удобрения II	26,9	19,5	27,2	20,3	26,7	21,3
Схема удо- брения III	26,1	19,8	27,8	21,8	27,7	20,3
Схема удобрения IV	27,4	20,1	27,7	21,9	28,0	21,7
Схема удобрения V	26,2	22,3	27,5	22,2	26,8	21,6
НСР ₀₅	-	0,09	0,13	0,10	0,19	0,11

При сравнении значений исследуемого показателя выявлено, что у гибридов отечественной селекции на разных фонах удобренности он был выше на 0,3-2,0 % в сравнении с гибридом Митика. Только рекомендуемая схема удобрения II ($N_{90}P_{90}K_{25}+_{90}$ т/га навоза) (Минакова и др., 2020) обеспечила примерно равные значения показателя как у отечественных, так и у иностранного гибридов. Наибольшее отклонение наблюдалось в контроле (2,1 %) и при внесении высокой дозы минеральных удобрений в сочетании с 25 т/га навоза в пару (схема III) – 1,6-1,7 %.

Содержание сухого вещества в листьях исследуемых гибридов было ниже в сравнении с аналогичным показателем в корнеплодах на 5,0-6,3 %. В экспериментальных вариантах иностранного гибрида его значение составило 19,5-22,3, РМС 120 – 20,3-22,2, РМС 127 – 20,3-21,8 %, тогда как в контрольных вариантах анализируемый показатель был на уровне 20,9, 21,2 и 20,0 % соответственно. У гибрида РМС 127 во всех схемах с удобрениями отмечено увеличение СВ в листьях относительно неудоженного варианта на 0,3-1,8 %. У иностранного гибрида анализируемый показатель достоверно превысил значение контроля в схемах I и V на 0,5 и 1,4 %, у РМС 120 – схемах III-V на 0,6-1,0 % (Таблица 5).

Наиболее высокий сбор сухого вещества корнеплодов отмечен у гибрида Митика – 12,5-16,1 т/га, у отечественных гибридов он был значительно ниже: РМС 120 – 8,2-12,5 и РМС 127 – 9,4-12,7 т/га. Однако выявлено, что действие удобрений способствовало повышению данного показателя у иностранного гибрида на 1,3-3,6 т/га (10,4-

28,8 %), РМС 120 – на 3,0-4,3 т/га (36,6-52,4 %), РМС 127 – на 1,8-3,2 (18,9-33,7 %) относительно соответствующих контрольных вариантов (Рисунок 2).

При определении технологических показателей корнеплодов установлено, что сахаристость гибрида Митика колебалась в экспериментальных вариантах от 18,75 до 19,65 %, РМС 120 – от 18,20 до 19,75 %, РМС 127 – 18,65 до 20,10 %, тогда как в контрольных вариантах она была на уровне 19,10, 17,10 и 18,60 % соответственно. Следует отметить, что у отечественных гибридов анализируемый показатель во всех схемах с удобрениями был выше значений неудоженных вариантов на 1,10-2,65 (РМС 120) и 0,05-1,50 абс. % (РМС 127). У иностранного гибрида при внесении высоких доз удобрений $N_{135}P_{135}K_{25}+_{135}$ т/га навоза (схема III) и $N_{190}P_{190}K_{190}$ (схема V) отмечалось тенденция к снижению сахаристости относительно варианта $N_0P_0K_0$ на 0,10 и 0,35 абс. % соответственно (Таблица 7).

Для объективной оценки сравниваемых вариантов разных гибридов рассчитали долю сахарозы в сухом веществе корнеплодов. В контрольном варианте гибрида Митика анализируемый показатель составил 71,80 % СВ, что на 2,0 и 2,2 абс. % выше значений контролей отечественных гибридов РМС 120 и РМС 127 соответственно. Следует отметить неоднозначную реакцию исследуемых гибридов по количеству сахарозы в СВ на применение разных доз удобрений. У гибрида Митика только в варианте с $N_{45}P_{45}K_{25}+_{45}$ т/га навоза (схема I) и $N_{135}P_{135}K_{25}+_{135}$ т/га навоза (схема III) доля сахарозы в СВ была выше значения неудоженно-

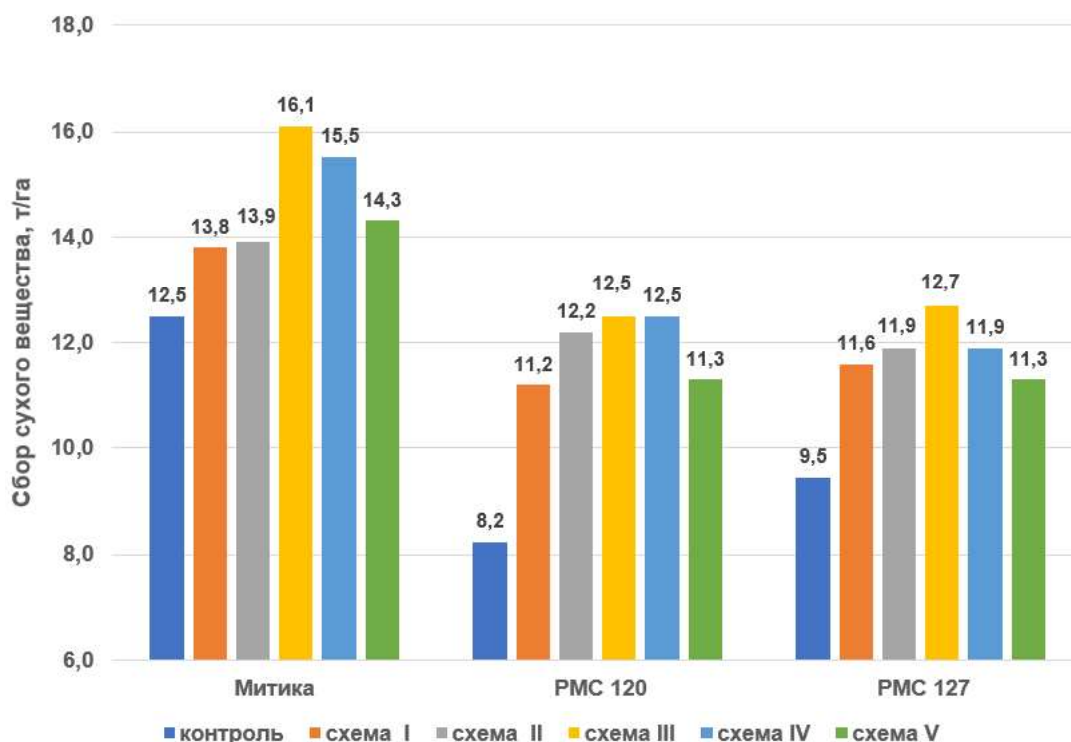


Рисунок 2. Сбор сухого вещества корнеплодов сахарной свёклы в опыте (2019-2020 гг.)

го варианта на 1,0-1,13 абс. %. У гибрида РМС 120 на удобренных вариантах, кроме $N_{45}P_{45}K_{25+45}$ т/га навоза (схема I), наблюдалось снижение количества сахарозы в СВ на 0,12-3,43 абс. % относительно варианта без удобрений. У гибрида РМС 127 наименьшее количество сахарозы в СВ отмечено в варианте с внесением $N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза – 67,69 % СВ, что ниже соответствующего контроля

на 1,95 абс. %. В остальных его экспериментальных вариантах анализируемый показатель превысил контроль на 0,21-1,61 абс. %.

В сахарной свёкле все неудаляемые несахара – мелассообразователи. Одними из основных вредоносных мелассообразователей являются α -аминный азот, K^+ , Na^+ , которые играют отри-

Таблица 7

Сахаристость и доля сахарозы в сухом веществе корнеплодов сахарной свёклы отечественной и иностранной селекции в опыте с удобрениями (2019-2020 гг.)

Вариант	Митика		РМС 120		РМС 127	
	СХ, %	Доля сахарозы в СВ, % СВ	СХ, %	Доля сахарозы в СВ, % СВ	СХ, %	Доля сахарозы в СВ, % СВ
Контроль (без удобрений)	19,10	71,80	17,10	69,80	18,60	69,64
Схема удобрения I	19,40	72,93	19,75	70,79	20,10	70,28
Схема удобрения II	19,28	71,65	18,20	66,91	18,65	69,85
Схема удобрения III	19,00	72,80	18,45	66,37	18,75	67,69
Схема удобрения IV	19,65	71,72	19,30	69,68	19,95	71,25
Схема удобрения V	18,75	71,56	18,65	67,82	18,80	70,15
НСП ₀₅	-	-	0,82	0,13	0,78	0,14

цательную роль при извлечении сахара и увеличении потерь его в мелассе. Иностраный гибрид на неудобренном варианте характеризовался меньшим содержанием Na^+ (0,37 ммоль/100 г свёклы) в сравнении с отечественными гибридами РМС 120 и РМС 127 (0,60 и 0,56 ммоль/100 г свёклы). При внесении удобрений в корнеплодах гибрида Митика наблюдалось увеличение количества Na^+ на 8,1-29,7 %. У РМС 120 анализируемый показатель на удобренных вариантах был на уровне контроля или ниже его на 13,3-31,7 %. У гибрида РМС 127 при применении $\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{25+135}$ т/га навоза (схема III) и $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{50+120}$ т/га навоза (схема IV) выявлено превышение количества Na^+ на 7,1-12,5 %, в остальных вариантах значение исследуемого показателя было ниже контроля на 8,9-23,2 %. Наименьшее количество данного мелассообразователя у гибрида Митика выявлено в контрольном варианте (0,37 ммоль/100 г свёклы), РМС 120 – в варианте с внесением $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{25+45}$ т/га навоза (0,41 ммоль/100 г свёклы), РМС 127 – в вариантах с $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{25+90}$ т/га навоза и $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$ (0,43-0,44 ммоль/100 г свёклы) (Таблица 8).

Содержание K^+ в корнеплодах контрольного варианта иностранного гибрида достигло уровня 3,06 ммоль/100 г свёклы, у отечественных гибридов данный показатель был выше на 3,9 (РМС 120) и 25,2 % (РМС 127). Действие удобрений привело к снижению количества K^+ в корнеплодах гибрида Митика на 3,6-9,2 % относительно контроля, но повышению данного мелассообразователя у отечественных гибридов: РМС 120 на 17,0-28,9 %; РМС 127 – на 2,9-7,6 %, кроме схемы II, где ана-

лизируемый показатель был на уровне контроля. Наименьшее содержание K^+ выявлено в корнеплодах гибрида Митика на фоне $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{25+45}$ т/га навоза (2,78 ммоль/100 г свёклы), РМС 120 – в контрольном варианте (3,18 ммоль/100 г свёклы); РМС 127 – в контрольном варианте и на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{25+90}$ т/га навоза (3,80-3,83 ммоль/100 г свёклы).

В вариантах без удобрений количество α -аминного азота у гибрида Митика составило 1,51 ммоль/100 г свёклы, что ниже в сравнении с РМС 120 на 26,5 % и РМС 127 – на 70,2 %. На удобренных фонах всех исследуемых образцов сахарной свёклы установлено увеличение количества данного мелассообразователя. Увеличение доз удобрений обеспечило превышение содержания «вредного» азота относительно соответствующих контролей у гибрида Митика – в 1,2-1,8, РМС 120 – 1,2-2,6, РМС 127 – 1,1-1,8 раза. У иностранного гибрида наименьше его значение установлено на фоне схемы I (1,76 ммоль/100 г свёклы), гибрида РМС 120 – схемы I (2,25 ммоль/100 г свёклы), гибрида РМС 127 – схем I и II (3,10 и 2,92 ммоль/100 г свёклы).

С наибольшим содержанием мелассообразующих несахаров в корнеплодах отечественных гибридов связаны более высокие прогнозируемые потери сахара в мелассе (P_m). На неудобренном фоне у РМС 120 они были на уровне 1,39 %, РМС 127 – 1,62 %, тогда как у иностранного гибрида Митика данный показатель не превысил 1,25 %. На всех вариантах с внесением удобрений отмечено увеличение данного показателя относительно соот-

Таблица 8

Содержание мелассообразующих несахаров в корнеплодах сахарной свёклы отечественной и иностранной селекции в опыте с удобрениями (2019-2020 гг.)

Вариант	Мелассообразующие несахара в корнеплодах, ммоль/100 г свёклы								
	Митика			РМС 120			РМС 127		
	Na^+	K^+	α -аминный азот	Na^+	K^+	α -аминный азот	Na^+	K^+	α -аминный азот
Контроль (без удобрений)	0,37	3,06	1,51	0,60	3,18	1,91	0,56	3,83	2,57
Схема удобрения I	0,40	2,78	1,76	0,41	3,75	2,25	0,51	4,00	3,10
Схема удобрения II	0,48	2,89	2,74	0,61	3,72	3,08	0,44	3,80	2,92
Схема удобрения III	0,47	2,86	2,71	0,52	3,95	4,46	0,60	4,12	4,54
Схема удобрения IV	0,46	2,95	2,35	0,60	4,10	4,89	0,63	4,03	4,24
Схема удобрения V	0,41	2,91	2,33	0,46	3,83	4,20	0,43	3,94	4,36

ветствующих контролей: на 0,03-0,29 (Митика); 0,13-0,83 (РМС 120); 0,07-0,51 абс. % (РМС 127). Наибольшие прогнозируемые потери сахара в ме-

ласе получены в вариантах с высокими дозами удобрений как у отечественных, так и иностранного гибридов (Таблица 9).

Таблица 9

Прогнозируемые технологические показатели при переработке корнеплодов сахарной свёклы отечественной и иностранной селекции в опыте с удобрениями (2019-2020 гг.)

Вариант	Расчетные технологические показатели, %								
	Митика			РМС 120			РМС 127		
	П _м	В _с	К _{извл}	П _м	В _с	К _{извл}	П _м	В _с	К _{извл}
Контроль (без удобрений)	1,25	16,85	88,21	1,39	14,71	86,02	1,62	15,97	85,89
Схема удобрения I	1,28	17,12	88,23	1,52	17,23	87,25	1,76	17,34	86,25
Схема удобрения II	1,54	16,74	86,82	1,74	15,46	84,96	1,69	15,96	85,58
Схема удобрения III	1,53	16,47	86,68	2,09	15,37	83,28	2,13	15,62	83,28
Схема удобрения IV	1,45	17,20	87,52	2,22	16,08	83,33	2,06	16,90	84,69
Схема удобрения V	1,44	16,31	87,00	2,00	15,65	83,91	2,05	15,75	83,77

Прогнозируемый выход сахара варьировал в опыте от 14,71 до 17,34 %. Наибольшее его значение получено как у отечественных, так и иностранного гибридов на фоне схем удобрений I ($N_{45}P_{45}K_{25+45}$ т/га навоза) и IV ($N_{120}P_{120}K_{50+120}$ т/га навоза): у гибрида Митика – 17,12 и 17,20, РМС 120 – 17,23 и 16,08, РМС 127 – 17,34 и 16,90 % соответственно, что достоверно выше относительно неудоженных вариантов на 0,27-0,35, 1,37-2,52 и 0,93-1,37 абс. %. Худшими по расчетному выходу сахара при переработке исследуемых гибридов выделены схемы с применением высоких доз удобрений – схемы III ($N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза) и V ($N_{190}P_{190}K_{190}$), где анализируемый показатель достиг значений 16,47 и 16,31 (Митика), 15,37 и 15,65 (РМС 120), 15,62 и 15,75 % (РМС 127).

Анализируемые гибриды обладали лучшей извлекаемостью сахарозы из корнеплодов ($K_{извл}$) только на контроле и в варианте с низким фоном удобренности $N_{45}P_{45}K_{25+45}$ т/га навоза (схема I): Митика – 88,21 и 88,23; РМС 120 – 86,02 и 87,25, РМС 127 – 85,69 и 86,25 % соответственно. Наименьший коэффициент извлечения сахарозы из свёклы определен в схеме III с дозой удобрений $N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза: у Митики он составил 86,68; РМС 120 и РМС 127 – 83,28 %.

Важным показателем продуктивности сахарной свёклы, интегрально объединяющим показатели урожайности и прогнозируемого выхода сахара на заводе, является сбор очищенного сахара с 1 га посева. Наибольшая его величина отмечена у гибрида Митика – 7,9-10,2 т/га, тогда как у РМС 120 – 4,9-7,3 и РМС 127 – 5,7-7,2 т/га. Действие удобрений способствовало достоверному повышению

сбора очищенного сахара у иностранного гибрида на 0,8-2,3 т/га (или на 10,1-29,1 %), РМС 120 – 1,5-2,4 т/га (или 30,6-49,0 %), РМС 127 – 0,9-1,5 т/га (или 15,8-26,3 %) (Рисунок 3).

Полученные данные свидетельствует о том, что РМС 120 в большей степени реагировал на улучшение питания в сравнении с остальными гибридами. Наибольший сбор очищенного сахара получен у иностранного гибрида в вариантах с применением схем удобрений III и IV (10,2 и 9,7 т/га), у РМС 120 – под действием удобрений схемы IV (7,3 т/га). У гибрида РМС 127 анализируемый показатель был сопоставимым в схемах II-IV и находился на уровне 7,0-7,2 т/га. При сравнении опытных вариантов иностранного гибрида с отечественными максимальная разница показателя отмечена в контроле и при действии удобрений схемы III: РМС 120 – 37,5 и 33,9; РМС 127 – 28,5 и 29,3 % соответственно. Минимальное отклонение анализируемого показателя наблюдалось в варианте применения схем I и II: РМС 120 – 21,9 и 20,3; РМС 127 – 20,9 и 17,8 % соответственно. На более высокий уровень окупаемости удобрений, применяемых в звене севооборота пар – озимая пшеница – сахарная свёкла, получен при их внесении под отечественные гибриды по схеме I, II, III: РМС 120 – 32,1, 32,6, 21,2; РМС 127 – 24,8, 27,3, 22,3 кг/кг соответственно (Рисунок 4).

Для иностранного гибрида Митика лучшими вариантами были схемы I и III, в которых анализируемый показатель составил 23,8 и 30,9 кг/кг соответственно. Схема удобрения V была наименее окупаемой для всех исследуемых гибридов.

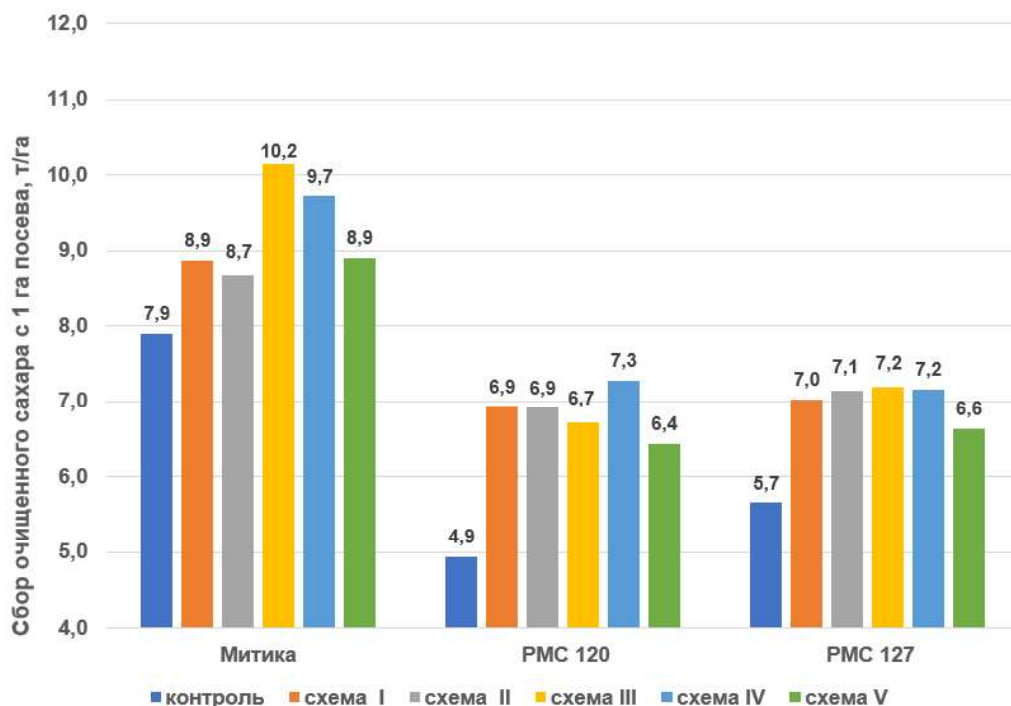


Рисунок 3. Сбор очищенного сахара с 1 га посева сахарной свёклы (2019-2020 гг.)

$HCP_{05} = 0,63$ т/га (Митика), 0,46 т/га (РМС 120), 0,48 т/га (РМС 127)

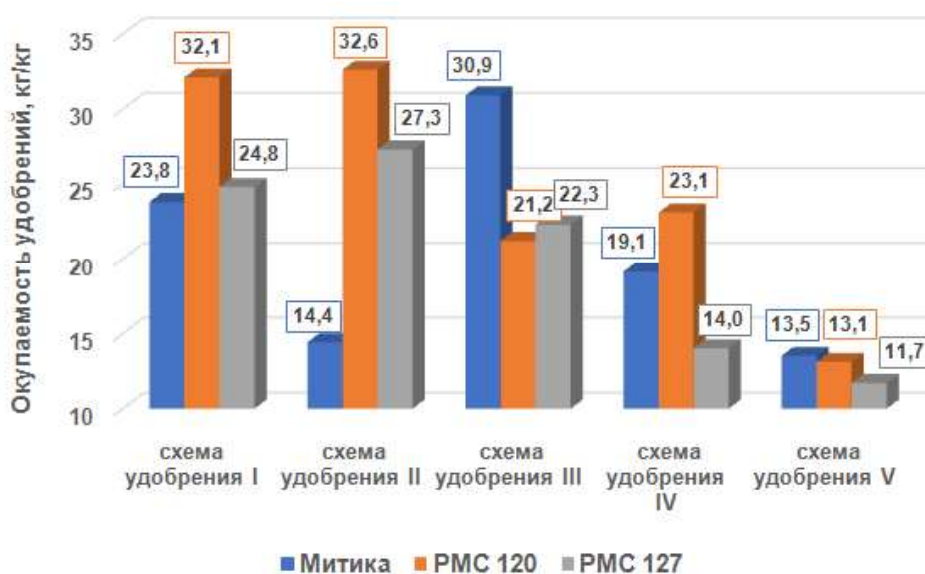


Рисунок 4. Окупаемость удобрений, применяемых под иностранный и отечественные гибриды сахарной свёклы

Обсуждение результатов исследования

Влияние удобрений в большей степени проявилось на урожайности отечественных гибридов, особенно РМС 120. Гибриды отечественной селекции лучше реагировали на средние и высокие дозы удобрений в сочетании с 25-50 т/га

навоза, что, возможно, связано с более интенсивным движением элементов питания по апопласту, обусловленному перепадом давления в разных частях растения вследствие транспирации (Минеев, 2004). Реакция иностранного гибрида была менее выражена, отмечалось увеличение данного показателя только при высо-

ких дозах минеральных удобрений в сочетании с 25-50 т/га навоза.

Большинство изученных в опыте доз удобрений способствовало повышению урожайности корнеплодов отечественных гибридов на 19,6-34,5 %, особенно РМС 120, что, возможно, объясняется увеличением массы их клеточных структур, в том числе и клеточной стенки, при этом повышение урожайности корнеплодов иностранного гибрида на 20,5-31,3 % вследствие усиления синтеза пластических веществ было отмечено только при действии схем III и IV ($N_{135}P_{135}K_{25+135}$ т/га навоза и $N_{120}P_{120}K_{50+120}$ т/га навоза).

Сахарная свёкла отечественных гибридов имела большую массу листьев в сравнении с иностранным как в контрольном, так и в экспериментальных вариантах. Возможно, это объясняется тем, что данная культура как эндемичное растение Средиземноморья формирует небольшое количество листьев в естественных для него условиях, а при перемещении в более холодный климат (в частности, ЦЧР) она формирует большую массу фотосинтетического аппарата в качестве защитной реакции на неблагоприятные условия.

Применение повышенных доз удобрений приводило к более значительному росту урожайности листьев отечественных гибридов в сравнении с иностранным. Возможно, это связано с увеличением массы клеток листовой пластинки (особенно под действием азотного компонента в составе полного NPK) вследствие формирования большего количества белковых соединений. Урожайность листьев иностранного гибрида также повышалась, но в меньшей степени. Более высокое содержание сухого вещества в корнеплодах отечественных гибридов, вероятно, объясняется большим количеством клеток паренхимы, меньшей площадью клеток и более тонкой перидермой (Madritsch et al., 2020), а также большим количеством целлюлозы в клеточных стенках.

Содержание сухого вещества в листьях было значительно ниже, чем в корнеплодах. Вероятно, это объясняется тем, что корнеплод – основной запасающий орган сахарной свёклы, являющейся двухлетней культурой⁴. В листьях отечественных гибридов анализируемый показатель имел более высокое значение, особенно на фоне схем IV и V, что, возможно, связано с худшим оттоком ассимилятов по сравнению с иностранным гибридом.

Наибольшие значения сбора очищенного сахара с 1 посева в опыте при использовании большинства систем удобрения отмечались у иностранного гибрида вследствие высокой урожайности и прогнозируемого выхода сахара, зависящего в свою очередь от содержания сахарозы в корнеплодах. Увеличение сахаристости достигнуто благодаря повышенному содержанию белков – транспортеров сахара относительно антитранспортеров, которыми в большей степени характеризуются гибриды отечественной селекции. Из отечественных гибридов лучший показатель был отмечен у РМС 127. Применение удобрений нивелировало разницу в величине показателя между иностранным и отечественными гибридами вследствие того, что последние более интенсивно реагировали на улучшение обеспеченности элементами питания.

Наибольшее влияние удобрений на сбор сухого вещества наблюдалось у отечественного гибрида РМС 120. Возможно, это связано с тем, что он сильнее реагировал на улучшение питания растений в отличие от РМС 127 и Митики. Наибольший сбор сухого вещества корнеплодов в опыте был отмечен у иностранного гибрида при действии схемы III, насыщенной минеральными удобрениями в сочетании с 25 т/га навоза в пару, вследствие высокой урожайности данного варианта, несмотря на довольно низкое содержание сухого вещества в корнеплодах. При этой же схеме удобрений наблюдалась наибольшая величина анализируемого показателя и у отечественных гибридов.

Во всех экспериментальных вариантах анализируемых гибридов отмечено повышение содержания α -аминного («вредного») азота, препятствующего кристаллизации сахара на заводе. Вероятно, это связано с тем, что на удобренных фонах возрастает активность сахаросинтетазы в корнях, особенно в направлении расщепления сахарозы, изменяются кислотные свойства почвы, повышается активность нитрификаторов со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями (Тютюнов и др., 2016).

Наибольший ожидаемый выход сахара при переработке сырья отмечен как у отечественных, так и иностранного гибридов на фоне $N_{45}P_{45}K_{25+45}$ т/га навоза (схема I) и $N_{120}P_{120}K_{50+120}$ т/га навоза (схема IV), что, возможно, объясняется более высокой сахаристостью корнеплодов. У гибрида Митика он составил 17,12 и 17,20 %, РМС 120 – 17,23 и 16,08 %, РМС 127 – 17,34 и 16,90 % соответственно.

⁴ Перспективная ресурсосберегающая технология производства сахарной свёклы: Методические рекомендации (2008). М.: ФГНУ Росинформагротех.

Более высокая окупаемость 1 кг NPK, внесенных под отечественные гибриды, связана с прибавкой урожая корнеплодов, достигнутой благодаря лучшей реакции РМС 120 и РМС 127 на умеренные дозы удобрений.

Выводы

На основании комплексной оценки гибридов сахарной свёклы отечественной (РМС 120, РМС 127) и зарубежной (Митика) селекции установлено, что для достижения наибольшей продуктивности культуры с хорошими расчетными технологическими показателями переработки корнеплодов и высокой окупаемостью рекомендуется длительно применять в севообороте следующие дозы удобрений: (1) для гибридов РМС 120 и РМС 127 – $N_{45}P_{45}K_{45}$ (схема I) и $N_{90}P_{90}K_{90}$ (схема II) на фоне 25 т/га навоза в пару. При применении данных схем удобрений получена достоверная прибавка урожайности 6,6–11,1 т/га (19,6–33,0 %) и 5,1–9,3 т/га (14,4–26,3 %) относительно соответствующего контрольного варианта; отмечено увеличение прогнозируемого выхода сахара на заводе, соответственно, на 0,75–2,52 и до 1,37 абс. % при наименьших потерях сахарозы в мелассе (на 0,13–0,35 и 0,07–0,14 абс. %) и лучшей её извлекаемости из корнеплодов в сравнении с анализируемыми вариантами ($K_{изв}$ не ниже 85 %). Это позволило повысить сбор очищенного сахара с 1 га посева на 1,3–2,0 т/га относительно неудобренного варианта. Уровень окупаемости 1 кг NPK при применении данных схем составил 32,1–32,6 (РМС 120) и 24,8–27,3 кг/кг (РМС 127); (2) для гибрида Митика – $N_{135}P_{135}K_{135}$ на фоне 25 т/га навоза в пару (схема III) и $N_{120}P_{120}K_{120}$ на фоне 50 т/га навоза в пару (схема IV). Внесение данных доз удобрений способствовало достоверному повышению урожая корнеплодов на 14,7 и 9,6 т/га (на 31,3 и 20,5 % соответственно) относительно неудобренного фона, выхода сахара при переработке сырья – до 0,35 абс. % при извлекаемости сахарозы не менее 86 %, сбора очищенного сахара с 1 га посева – на 2,2 и 1,8 т/га (28,0 и 23,0 %). Окупаемость удобрений согласно применяемым схемам III и IV составила 30,9 и 19,1 кг/кг. Несмотря на более низкую урожайность иностранного гибрида сахарной свёклы, возделываемой по схеме I ($N_{45}P_{45}K_{45}$ на фоне 25 т/га навоза в пару) в сравнении с остальными удобренными вариантами, на данном фоне получены корнеплоды с лучшими технологическими показателями (содержание сахарозы в СВ – на уровне 73,0 % СВ, выход сахара – 17,1 %, наименьшие потери сахарозы в мелассе – 1,28 %, коэффициент её извлечения – 88,2 %). Это обеспечило

увеличение сбора очищенного сахара на 1,0 т/га (12,7 %), окупаемость удобрений при этом составила 24,8 кг/кг.

Литература

- Апасов, И. В., & Смирнов, М. А. (2020a). Техническая оснащенность производства сахарной свёклы в России. *Сахарная свёкла*, 6, 2–7.
- Апасов, И. В., & Смирнов, М. А. (2020b). Производственно-техническая база свекловодства России. *Сахар*, 10, 26–31. <https://doi.org/10.2413-5518-2020-11002>
- Барнштейн, Л. А., & Гизбуллин, Н. Г. (1986). *Методика исследований по сахарной свёкле*. Киев: ВНИС.
- Бершадская, С. И., Нецадим, Н. Н., Гаркуша, С. В., Дерка, Ф. И., & Квашин, А. А. (2016). Влияние длительного применения удобрений на сахаристость свёклы в условиях недостаточного увлажнения Западного Предкавказья. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 117, 1285–1299.
- Беседин, Н. В. (2015). Урожайность сахарной свёклы в зависимости от способов основной обработки почвы и гибридов. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 9, 55–60.
- Боронтов, О. К., Косякин, П. А., & Манаенкова, Е. Н. (2019). Влияние метеорологических условий, систем удобрения и обработки почвы на вынос питательных веществ и урожайность сахарной свёклы в ЦЧР. *Агрохимия*, 9, 74–83. <https://doi.org/10.1134/S0002188119090047>
- Бутайкин, В. В. (2014). Влияние системы основной обработки почвы и минеральных удобрений на формирование урожая сахарной свёклы. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*, 4, 23–27.
- Глеваский, В. И. (2014). Продуктивность корнеплодов гибридов сахарной свёклы отечественной, иностранной и совместной селекции. *Агробиология*, 2, 34–39.
- Гончаров, С. В., & Подпоронова, Г. К. (2017). Свеклосахарное производство: риски импортозамещения. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*, 3, 13–23. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2017.3.13>
- Гуреев, И. И., & Агибалов, А. В. (2000). *Производство сахарной свёклы без затрат ручного труда*. Курск: Курский ЦНТИ.
- Жеряков, Е. В. (2012). Отзывчивость сорта и гибридов сахарной свёклы на минеральные удобрения. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 11, 7–12.

- Жеряков, Е. В. (2015). Продуктивность гибридов сахарной свёклы в условиях Пензенской области. *Аграрный научный журнал*, 12, 15-18.
- Заволока, И. П., Гостев, О. Н., & Верещагин, Ю. И. (2016). Продуктивность гибридов сахарной свёклы отечественной и зарубежной селекции в условиях северо-восточной части ЦЧЗ. В *Сборник научных трудов, посвященный 85-летию Мичуринского государственного аграрного университета* (т. 4, с. 25-29). Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет.
- Ильющенко, И. В. (2014). Оценка влияния агрохимических свойств чернозема обыкновенного на эффективность минеральных удобрений при внесении под сахарную свёклу. *Плодородие*, 4, 6-7.
- Кожокина, А. Н., Мязин, Н. Г., & Столповский, Ю. И. (2018). Влияние многолетнего применения удобрений на урожайность корнеплодов и вынос элементов питания сахарной свёклы. В *Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии* (с. 174-180). Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I.
- Кравцов, А. М., Бровкина, Т. Я., & Павелко, И. А. (2019). Продуктивность гибридов отечественной и зарубежной селекции сахарной свёклы в зависимости от агротехнических факторов. В *Энтузиасты аграрной науки: Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции* (с. 32-43). Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина.
- Лапа, В. В., Емельянова, В. Н., & Леонов, Ф. Н. (2011). *Система применения удобрений*. Гродно: ГГАУ.
- Лукашнюк, Н. А., Турук, Е. В., & Останин, А. В. (2017). Влияние органических удобрений и доз внесения азота на качество хранения корнеплодов сахарной свёклы в кагатах. *Защита растений*, 41, 296-306.
- Марчук, И. У., & Яценко, Л. А. (2008). Влияние длительного применения удобрений в зерно-свекловичном севообороте зоны лесостепи Украины на продуктивность свёклы сахарной. *Проблемы агрохимии и экологии*, 4, 20-23.
- Минакова, О. А., Александрова, Л. В., & Куницын, Д. А. (2018). Изменение почвенного плодородия и урожайности сахарной свёклы при длительном применении удобрений в зернопаропропашном севообороте лесостепи Центрального Черноземного региона. *Агрохимия*, 1, 52-60. <https://doi.org/10.7868/S0002188118010052>
- Минакова, О. А., Александрова, Л. В., & Подвикина, Т. Н. (2020). Сравнительная продуктивность иностранного и отечественных гибридов сахарной свёклы в стационарном опыте в 2020 году. *Сахар*, 11, 44-48. <https://doi.org/10.24411/2413-5518-2020-11106>
- Минеев, В. Г. (2004). *Агрохимия*. М.: Колос.
- Никитина, Л. В., Романенков, В. А., & Иванова, С. Е. (2019). Обеспеченность выщелоченного чернозема калием и калийное питание сахарной свёклы. *Проблемы агрохимии и экологии*, 4, 3-7. <https://doi.org/10.26178/AE.2019.50.58.001>
- Пигорев, И. Я., Тарасов, А. А., & Никитина, О. В. (2017). Удобрения и биохимические свойства корнеплодов сахарной свёклы. В *Аграрная наука - сельскому хозяйству: Сборник статей XII Международной научно-практической конференции* (т. 3, с. 238-239). Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет.
- Путилина, Л. Н., Бартенев, И. И., & Лазутина, Н. А. (2020). Технологическое качество сахарной свёклы в зависимости от сортовых особенностей и агротехнических приемов возделывания. *Сахарная свёкла*, 3, 21-25.
- Путилина, Л. Н., Дворянkin, Е. А., & Смирнов, М. А. (2017). Свеклосахарный комплекс России: состояние и направления развития. *Вестник ВГУИТ*, 79(2), 180-190.
- Роик, Н. В., Заришняк, А. С., & Ионицей, Ю. С. (2014). Адаптация гибридов сахарной свёклы к различным фонам питания. *Сахарная свёкла*, 3, 24-27.
- Святова, О. В., & Солошенко, В. М. (2008). Оценка уровня конкурентоспособности отечественных сортов и гибридов сахарной свёклы. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 4, 53-58.
- Смирнов, М. А. (2018). Производство сахарной свёклы в России: Состояние, проблемы, направления развития. *Сахарная свёкла*, 7, 2-7.
- Смуров, С. И., Иевлев, Д. М., Григоров, О. В., & Шестакова, Р. И. (2008). Продуктивность отечественных и зарубежных гибридов на разных фонах питания. *Сахарная свёкла*, 5, 28-30.
- Тютюнов, С. И., Никитин, В. В., & Соловichenko, В. Д. (2016). Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество сахарной свёклы. *Международный научно-исследовательский журнал*, 5(6), 198-203.
- Цвей, Я. П., Присяжнюк, О. И., Бондарь, С. А., & Сенчук, С. Н. (2019). Зависимость качества сахарной свёклы от удобрения и севооборотов. *Сахарная свёкла*, 6, 13-16.
- Шеуджен, А. Х., Столяров, А. С., Леплявченко, Л. П., Громова, Л. И., Суетов, В. П., Онищенко, Л. М.,

- Дроздова, В. В., & Ерезенко, Е. Е. (2008). Влияние доз и сочетаний минеральных удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур возделывания на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 431, 160-184.
- Шпаар, Д., Дререр, Д., & Захаренко, А. (2012). *Сахарная свёкла: Выращивание, уборка, хранение*. М.: ДЛВ Агродело.
- Abdel-Motagalli, F. M. F., & Attia, K. K. (2009). Response of sugar beet plants to nitrogen and potassium fertilization in sandy calcareous soil. *International Journal of Agriculture & Biology*, 11(6), 695-700.
- Fasahat, P., Aghaezadeh, M., Jabbari, L., Hemayati, S., & Townson, P. (2018). Sucrose Accumulation in Sugar Beet: From Fodder Beet Selection to Genomic Selection. *Sugar Tech*, 20(6), 635-644.
- Hlisnikovský, L., Menšík, L., Křížová, K. & Kunzová, E. (2021). The effect of farmyard manure and mineral fertilizers on sugar beet beetroot and top yield and soil chemical parameters. *Agronomy*, 11(1), 133. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010133>
- Islamgulov, D., Alimgafarov, R., Ismagilov, R., Bakirova, A., Muhametshin, A., Enikiev, R., Ahiyarov, B., Ismagilov, K., Kamilanov, A. & Nurligajnov, R. (2019). Productivity and technological features of sugar beet root crops when applying of different doses of nitrogen fertilizer under the conditions of the middle cis-ural region. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(S2), 90-97.
- Káš, M., Mühlbachová, G., & Kusá, H. (2019). Effect of mineral and organic fertilization on sugar beet yields and its qualitative characteristics under drought. *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, 135(7-8), 239-244.
- Madritsch, S., Bomers, S., Posekany, A., Burg, A., Birke, R., Emerstorfer, F., Turetschek, R., Otte, S., & Sehr, E. (2020). Integrative transcriptomics reveals genotypic impact on sugar beet storability. *Plant Molecular Biology*, 104(4-5), 359-378. <https://doi.org/10.1007/s11103-020-01041-8>
- Maharjan, B. & Hergert, G. W. (2019). Composted cattle manure as a nitrogen source for sugar beet production. *Agronomy Journal*, 111(2), 917-923. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.09.0567>

Productivity and Technological Quality of Domestic and Foreign Sugar Beet Hybrids as a Result of Long-Term Application of Fertilizers in the Central Black Earth Region

Olga M. Aleksandrovna

*Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov
All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, 396030, Voronezh region, Russian Federation
E-mail: olalmin2@rambler.ru*

Lyudmila N. Putilina

*Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov
All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, 396030, Voronezh region, Russian Federation
E-mail: lputilina@bk.ru*

Nadezhda A. Lazutina

*Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov
All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, 396030, Voronezh region, Russian Federation
E-mail: tehnolog745@gmail.com*

Lyudmila V. Alexandrova

*Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov
All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, 396030, Voronezh region, Russian Federation
E-mail: lyuda.aleksandrova@bk.ru*

Tatyana N. Podvigina

*Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov
All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar"
86, VNIISS, 396030, Voronezh region, Russian Federation
E-mail: tatyana podvigina@yandex.ru*

At present, modern sugar beet hybrids can realize their genetical potential only using agricultural methods adapted to their biological characteristics. As a crop having high removal of nutrient elements, sugar beet demands NPK supply very much. When choosing an optimal fertilizer system for a concrete soil-climatic region, it is necessary to recommend the variant in which interaction of hybrids and nutrient supply systems is the especially effective. Aim of our investigations was to determine efficiency of long-term applied fertilizers in a grain-beet crop rotation and to reveal their influence on change of technological characteristics and productivity of modern sugar beet hybrids. The investigations were conducted in 2019-2020 on the basis of the long-term experiment started by Federal State Budgetary Scientific Institution "The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar" (Voronezh region) in 1936 that used 9-course grain-arable crop rotation with the interchange: black fallow – winter wheat – sugar beet. For domestic hybrids RMS 120 and RMS 127, optimal doses of $N_{45}P_{45}K_{45}$ (the scheme I) and $N_{90}P_{90}K_{90}$ (the scheme II) fertilizers with the background of 25 t/ha of manure in fallow were determined. Their application resulted in reliable yield improvement (by 6.6-11.1 t/ha and 5.1-9.3 t/ha), increase of predicted factory sugar output (by 0.75-2.52 and up to 1.37 absolute %) with the least molasses sucrose losses (by 0.13-0.35 and 0.07-0.14 absolute %) and extractability (extraction coefficient) not less than 85 % that provided increase of refined sugar yield per a hectare of area under

the crop by 1.3-2.0 t/ha as compared to the unfertilized variant and achievement of fertilizers' payback: 32.1-32.6 (RMS 120) and 24.8-27.3 (RMS 127) kg/kg. For a foreign hybrid of Mitika, application $N_{135}P_{135}K_{135}$ with the background of 25 t/ha of manure in fallow (the scheme III) and $N_{120}P_{120}K_{120}$ with the background of 50 t/ha of manure in fallow (the scheme IV) provided reliable increase of beet root yield (by 14.7 and 9.6 t/ha), sugar output when processing raw material (up to 0.35 absolute %) with extractability not less than 86 %, and refined sugar yield per a hectare of area under the crop (by 2.3 and 1.8 t/ha). When using the schemes III and IV in fields with the foreign hybrid, fertilizers' payback was 30.9 and 19.1 kg/kg, accordingly. The obtained data allows recommending the above-stated schemes for a long-term application in a crop rotation to obtain the greatest productivity of modern sugar beet hybrids with high technological indices of beet root processing and payback of the applied fertilizers.

Keywords: sugar beet, mineral fertilizers, manure, yield, technological indices, refined sugar yield, economic efficiency

References

- Apasov, I. V., & Smirnov, M. A. (2020a). Tekhnicheskaya osnashchennost' proiz-vodstva sakharnoi svekly v Rossii [Technical equipment of sugar beet industry in Russia]. *Sakharnaya svekla [Sugar Beet]*, 6, 2-7.
- Apasov, I. V., & Smirnov, M. A. (2020b). Proizvodstvenno-tekhnicheskaya baza sveklovodstva Rossii [Production and technical basis of beet growing in Russia]. *Sakhar [Sugar]*, 10, 26-31. <https://doi.org/10.2413-5518-2020-11002>
- Barnshtein, L. A., & Gizbullin, N. G. (1986). *Metodika issledovaniy po sakharnoi sveklye [Strategy of Studies on Sugar Beet]*. Kiev: VNIS.
- Bershadskaya, S. I., Neshchadim, N. N., Garkusha, S. V., Dereka, F. I., & Kvashin, A. A. (2016). Vliyanie dli-tel'nogo primeneniya udobrenii na sakharistost' svekly v usloviyakh nedostatochnogo uvlazhneniya Zapadnogo Predkavkaz'ya [Influence of long-term fertilizer application on sugar content under conditions of insufficient rainfall in West Fore-Caucasus]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universite-ta [Poly-thematic Internet electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University]*, 117, 1285-1299.
- Besedin, N. V. (2015). Urozhainost' sakharnoi svekly v zavisimosti ot spo-sobov osnovnoi obrabotki pochvy i gibridov [Sugar beet yield depending on main tillage methods and hybrids]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii [Bulletin of Kursk State Agricultural Academy]*, 9, 55-60.
- Borontov, O. K., Kosyakin, P. A., & Manaenkova, E. N. (2019). Vliyanie meteorologicheskikh uslovii, sistem udobreniya i obrabotki pochvy na vynos pitatel'nykh veshchestv i urozhainost' sakharnoi svekly v TsChR [Influence of weather conditions, fertilizer systems and tillage on removal of nutrients and sugar beet yield in the Central Black-Earth Region]. *Agrokimiya [Agricultural Chemistry]*, 9, 74-83. <https://doi.org/10.1134/S0002188119090047>
- Butyaikin, V. V. (2014). Vliyanie sistemy osnovnoi obrabotki pochvy i mineral'nykh udobrenii na formirovanie urozhaya sakharnoi svekly [Influence of main tillage system and mineral fertilizers on sugar beet yield formation]. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii [Proceedings of Samara State Agricultural Academy]*, 4, 23-27.
- Glevaskii, V. I. (2014). Produktivnost' korneplodov gibridov sakharnoi svekly otechestvennoi, inostran-noi i sovmestnoi selektsii [Beet root productivity of domestic, foreign and joint sugar beet hybrids]. *Agrobiologiya [Agrobiology]*, 2, 34-39.
- Goncharov, S. V., & Podporinova, G. K. (2017). Sveklosakharnoe proizvodstvo: riski importozameshcheniya [Sugar beet industry: risks of import substitution]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Voronezh State Agrarian University]*, 3, 13-23. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2017.3.13>
- Gureev, I. I., & Agibalov, A. V. (2000). *Proizvodstvo sakharnoi svekly bez zatrat ruchnogo truda [Sugar beet production without manual labour costs]*. Kursk: Kurskii TsNTI.
- Il'yushenko, I. V. (2014). Otsenka vliyaniya agrokhimicheskikh svoistv chernozema obyknovennogo na effektivnost' mineral'nykh udobrenii pri vnesenii pod sakharnuyu sveklu [Evaluation of common chernozem agrochemical characteristics' influence on efficiency of mineral fertilizers when applied for sugar beet]. *Plodorodie [Fertility]*, 4, 6-7.
- Kozhokina, A. N., Myazin, N. G., & Stolpovskii, Yu. I. (2018). Vliyanie mnogoletnego primeneniya udobrenii na urozhainost' korneplodov i vynos elementov pitaniya sakharnoi svekloi [Influence of many-year application of fertilizers on beet root yield and removal of nutrients by sugar beet]. In *Aktual'nye problemy agronomii sovremennoi Rossii i puti ikh resheniya: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 105-letiyu fakul'teta agronomii, agrokhimii i ekologii [Actual problems of agronomy in modern Russia and ways of their solving. Materials of International scientific-practical conference devoted to the 105th anniversary of the faculty of agronomy, agricultural chemistry and ecology]* (pp. 174-180).

- Voronezh: Voronezhskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. Imperatora Petra I.
- Kravtsov, A. M., Brovkina, T. Ya., & Pavelko, I. A. (2019). Produktivnost' gibridov otechestvennoi i zarubezhnoi selektsii sakharnoi svekly v zavisimosti ot agrotekhnicheskikh faktorov [Productivity of domestic and foreign sugar beet hybrids depending on agrotechnical factors]. In *Entuziasty agrarnoi nauki: Sbornik statei po materialam Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [The enthusiasts of agrarian science. The collected scientific articles on materials of the All-Russian scientific-practical conference] (pp. 32-43). Krasnodar: Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I. T. Trubilina.
- Lapa, V. V., Emel'yanova, V. N., & Leonov, F. N. (2011). *Sistema primeneniya udobrenii* [System of Fertilizer Application]. Grodno: GGAU.
- Luk'yanyuk, N. A., Turuk, E. V., & Ostanin, A. V. (2017). Vliyanie organicheskikh udobrenii i doz vneseniya azota na kachestvo khraneniya korneplodov sakharnoi svekly v kagatakh [Influence of organic fertilizers and doses of nitrogen application on quality of sugar beet root storage in clamps]. *Zashchita rastenii* [Plant Protection], 41, 296-306.
- Marchuk, I. U., & Yashchenko, L. A. (2008). Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenii v zernovo-svekolovichnom sevooborote zony lesostepi Ukrainy na produktivnost' svekly sakharnoi [Influence of long-term application of fertilizers in a grain-beet crop rotation of the Ukraine forest-steppe zone on sugar beet productivity]. *Problemy agrokhimii i ekologii* [Problems of Agricultural Chemistry and Ecology], 4, 20-23.
- Minakova, O. A., Aleksandrova, L. V., & Kunitsyn, D. A. (2018). Izmenenie pochvennogo plodorodiya i urozhainosti sakharnoi svekly pri dlitel'nom primeneni udobrenii v zernoparopashnom sevooborote lesostepi Tsen-tral'nogo Chernozemnogo regiona [Changes in soil fertility and yield of sugar beet with long-term use of fertilizers in the grain-fallow crop rotation of the forest-steppe of the Central Black Earth Region]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 1, 52-60. <https://doi.org/10.7868/S0002188118010052>
- Minakova, O. A., Aleksandrova, L. V., & Podvigina, T. N. (2020). Sravni-tel'naya produktivnost' inostrannogo i otechestvennykh gibridov sakharnoi svekly v statsionarnom opyte v 2020 godu [Comparative productivity of a foreign and domestic sugar beet hybrids in a long-term experiment in 2020]. *Sakhar* [Sugar], 11, 44-48. <https://doi.org/10.24411/2413-5518-2020-11106>
- Mineev, V. G. (2004). *Agrokhimiya* [Agricultural Chemistry]. Moscow: Kolos.
- Nikitina, L. V., Romanenkov, V. A., & Ivanova, S.E. (2019). Obespechennost' vyshchelochennogo chernozema kaliem i kaliinoe pitanie sakharnoi svekly [Supply of leached chernozem with potassium and potassium nutrition of sugar beet]. *Problemy agrokhimii i ekologii* [Problems of Agricultural Chemistry and Ecology], 4, 3-7. <https://doi.org/10.26178/AE.2019.50.58.001>
- Pigorev, I. Ya., Tarasov, A. A., & Nikitina, O. V. (2017). Udobreniya i biokhimicheskie svoystva korneplodov sakharnoi svekly [Fertilizers and biochemical characteristics of sugar beet roots]. In *Agrarnaya nauka - sel'skomu khozyaistvu: Sbornik statei XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Agrarian science for agriculture. The collected scientific articles of the XII International scientific-practical conference] (vol. 3, pp. 238-239). Barnaul: Altaiskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Putilina, L. N., Bartenev, I. I., & Lazutina, N. A. (2020). Tekhnologicheskoe kachestvo sakharnoi svekly v zavisimosti ot sortovykh osobennostei i agrotekhnicheskikh priemov vozdel'yvaniya [Technological quality of sugar beet depending on a variety peculiarities and agrotechnical methods of cultivation]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 3, 21-25.
- Putilina, L. N., Dvoryankin, E. A., & Smirnov, M. A. (2017). Sveklосakharnyi kompleks Rossii: sostoyanie i napravleniya razvitiya [Sugar-beet complex of Russia: state and directions of development]. *Vestnik VGUIT* [Bulletin of Voronezh State University], 79(2), 180-190.
- Roik, N. V., Zarishnyak, A. S., & Ionitsoi, Yu. S. (2014). Adaptatsiya gibridov sakharnoi svekly k razlichnym fonam pitaniya [Adaptation of sugar beet hybrids to different nutrient backgrounds]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 3, 24-27.
- Sheudzen, A. Kh., Stolyarov, A. S., Leplyavchenko, L. P., Gromova, L. I., Suetov, V. P., Onishchenko, L. M., Drozdova, V. V., & Erezhenko, E. E. (2008). Vliyanie doz i sochetanii mineral'nykh udobrenii na urozhainost' i kachestvo sel'skokhozyaistvennykh kul'tur vozdel'yvaniya na chernozeme vyshchelochennom Zapadnogo Predkavkaz'ya [Influence of mineral fertilizer doses and combinations on yield and quality of crops cultivated in leached chernozem of West Fore-Caucasus]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Kuban State Agrarian University], 431, 160-184.
- Shpaar, D., Dreger, D., & Zakharenko, A. (2012). *Sakharnaya svekla: Vyrashchivanie, uborka, khranenie* [Sugar beet: Growing, Harvesting, Storage]. Moscow: DLV Agrodello.
- Smirnov, M. A. (2018). Proizvodstvo sakharnoi svekly v Rossii: Sostoyanie, problemy, napravleniya razvitiya [Sugar beet production in Russia: state, prob-

- lems and directions of development]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 7, 2-7.
- Smurov, S. I., Ievlev, D. M., Grigorov, O. V., & Shestakova, R. I. (2008). Produktivnost' otechestvennykh i zarubezhnykh gibrinov na raznykh fonakh pitaniya [Productivity of domestic and foreign hybrids with different nutrient backgrounds]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 5, 28-30.
- Svyatova, O. V., & Soloshenko, V. M. (2008). Otsenka urovnya konkurentospo-sobnosti otechestvennykh sortov i gibrinov sakharnoi svekly [Evaluation of competitiveness level of domestic sugar beet varieties and hybrids]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of Kursk State Agricultural Academy], 4, 53-58.
- Tsvei, Ya. P., Prisyazhnyuk, O. I., Bondar', S. A., & Senchuk, S. N. (2019). Zavisimost' kachestva sakharnoi svekly ot udobreniya i sevooborotov [Dependence of sugar beet quality on fertilizer and crop rotations]. *Sakharnaya svekla* [Sugar Beet], 6, 13-16.
- Tyutyunov, S. I., Nikitin, V. V., & Solovichenko, V. D. (2016). Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenii na produktivnost' i kachestvo sakharnoi svekly [Influence of long-term application on productivity and quality of beet sugar]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Research Journal], 5(6), 198-203.
- Zavoloka, I. P., Gostev, O. N., & Vereshchagin, Yu. I. (2016). Produktivnost' gibrinov sakharnoi svekly otechestvennoi i zarubezhnoi seleksii v usloviyakh severo-vostochnoi chasti TsChZ [Productivity of domestic and foreign sugar beet hybrids under conditions of the Central Black-Earth Region north-east part]. In *Sbornik nauchnykh trudov, posvyashchennyi 85-letiyu Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The collected scientific articles devoted to the 85th anniversary of the Michurinsk State Agrarian University] (vol. 4, pp. 25-29). Michurinsk: Michurinskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Zheryakov, E. V. (2012). Otzyvchivost' sorta i gibrinov sakharnoi svekly na mineral'nye udobreniya [Responsivity of sugar beet variety and hybrids to mineral fertilisers]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], 11, 7-12.
- Zheryakov, E. V. (2015). Produktivnost' gibrinov sakharnoi svekly v usloviyakh Penzenskoi oblasti [Productivity of sugar beet hybrids under conditions of Penza region]. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], 12, 15-18.
- Abdel-Motagalli, F. M. F., & Attia, K. K. (2009). Response of sugar beet plants to nitrogen and potassium fertilization in sandy calcareous soil. *International Journal of Agriculture & Biology*, 11(6), 695-700.
- Fasahat, P., Aghaezadeh, M., Jabbari, L., Hemayati, S., & Townson, P. (2018). Sucrose Accumulation in Sugar Beet: From Fodder Beet Selection to Genomic Selection. *Sugar Tech*, 20(6), 635-644.
- Hlisnikovský, L., Menšík, L., Křížová, K. & Kunzová, E. (2021). The effect of farmyard manure and mineral fertilizers on sugar beet beetroot and top yield and soil chemical parameters. *Agronomy*, 11(1), 133. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010133>
- Islimgulov, D., Alimgafarov, R., Ismagilov, R., Bakirova, A., Muhametshin, A., Enikiev, R., Ahiyarov, B., Ismagilov, K., Kamilanov, A. & Nurligajnov, R. (2019). Productivity and technological features of sugar beet root crops when applying of different doses of nitrogen fertilizer under the conditions of the middle cis-ural region. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(S2), 90-97.
- Káš, M., Mühlbachová, G., & Kusá, H. (2019). Effect of mineral and organic fertilization on sugar beet yields and its qualitative characteristics under drought. *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, 135(7-8), 239-244.
- Madritsch, S., Bomers, S., Posekany, A., Burg, A., Birke, R., Emerstorfer, F., Turetschek, R., Otte, S., & Sehr, E. (2020). Integrative transcriptomics reveals genotypic impact on sugar beet storability. *Plant Molecular Biology*, 104(4-5), 359-378. <https://doi.org/10.1007/s11103-020-01041-8>
- Maharjan, B. & Hergert, G. W. (2019). Composted cattle manure as a nitrogen source for sugar beet production. *Agronomy Journal*, 111(2), 917-923. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.09.0567>

Изучение возможности использования фитокомплекса чеснока посевного и рябины обыкновенной в составе лекарственных форм

Степанова Элеонора Федоровна

Пятигорский медико-фармацевтический институт

Адрес: 3573352, г. Пятигорск, пр. Калинина, д. 11

E-mail: e.f.stepanova@mail.ru

Ковтун Елена Владимировна

Пятигорский медико-фармацевтический институт

Адрес: 3573352, г. Пятигорск, пр. Калинина, д. 11

E-mail: elena.f.73@mail.ru,

Чахирова Анна Анатольевна

Пятигорский медико-фармацевтический институт

Адрес: 3573352, г. Пятигорск, пр. Калинина, д. 11

E-mail: annachaxirova@gmail.com

Огай Марина Алексеевна

Пятигорский медико-фармацевтический институт

Адрес: 3573352, г. Пятигорск, пр. Калинина, д. 11

E-mail: marinafarm@yandex.ru

Погребняк Людмила Владимировна

Пятигорский медико-фармацевтический институт

Адрес: 3573352, г. Пятигорск, пр. Калинина, д. 11

E-mail: lyupin@yandex.ru,

Нам Наталия Леонидовна

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России;

Адрес: 117513, г. Москва, ул.Островитянова, 1

E-mail: marinafarm@yandex.ru

Известно, что масляные извлечения из плодов рябины оказывают ранозаживляющее, язвозаживляющее и противовоспалительное действие. Связано это с тем, что они богаты провитамином А - бета-каротином (до 20 мг%), а также витамином Р и аскорбиновой кислотой (до 200 мг%). Плоды рябины также содержат органические кислоты (яблочную, винную и лимонную), витамины К, Е и В, катехины, флавоноиды, антоцианы, фосфолипиды, тритерпеновые сапонины, криптоксантин, сорбит, микроэлементы (марганец, железо, цинк, медь, магний), эфирные масла. Лечебные свойства чеснока также обусловлены его богатым химическим составом. В растении находится значительное количество гликозида аллиина и других серосодержащих веществ с бактерицидным действием. Создание лекарственной формы на основе фитокомплексов рябины обыкновенной и чеснока посевного, сочетающей в себе все полезные свойства, с возможностью применения в гастроэнтерологии, является перспективной и несомненно актуальной. Были изучены качественные и количественные характеристики масляного экстракта рябины обыкновенной, разработан состав и технология мягких желатиновых капсул, содержащих масляные экстракты рябины обыкновенной и чеснока посевного, и твердых желатиновых капсул, содержащих исследуемое соединение включения.

Ключевые слова: плоды рябины, каротиноиды, чеснок посевной, масляные экстракты, β-циклодекстрин, желатиновые капсулы

Введение

В настоящее время язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки является ведущей патологией среди заболеваний желудочно-кишечного тракта. К сожалению, болезнь затрагивает в основном людей в наиболее социально активном возрасте, наблюдается тенденция к увеличению числа страдающих ею детей, в связи, с чем проблема является не только медицинской, но и относится к разряду проблем социальной и экономической значимости (Крылова, 2009)

Фитотерапия – одна из основных частей традиционной медицины и на сегодняшний день широко используется в клинической практике. Большинство заболеваний вполне успешно можно лечить лекарственными растениями, так как фитосредства оказывают выраженное терапевтическое действие. Заболевания органов пищеварения требуют длительного и систематического лечения, а продолжительный прием синтетических препаратов вызывают серьезные побочные эффекты. Поэтому для лечения заболеваний ЖКТ более оправдано применение средств растительного происхождения (ЛРСП), т.к. они менее токсичны и обладают широким спектром фармакологического действия. Также немаловажной особенностью фитотерапии являются доступность и относительная дешевизна препаратов из лекарственных растений, особенно по сравнению с современными синтетиками (Макаров и др., 2001).

При лечении язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки необходимо учитывать, что нарушается секреторная, моторная, эвакуаторная функции желудка, а течение болезни сопровождается болью и кровотечением. В этой связи предпочтение отдается лекарственным растениям, обладающим обволакивающими, противовоспалительными, антимикробными, регенерирующими, спазмолитическими, кровоостанавливающими и седативными свойствами (Можеренков и др., 1997). Стимуляция процессов регенерации слизистой оболочки достигается назначением репарантов – средств, влияющих на белковый обмен. К этой группе следует отнести каротиноиды, обладающие ранозаживляющими и эпителизирующими свойствами (Иванова и др., 2004; Лапин и др., 2019). Плоды рябины содержат целый комплекс БАВ: витамины Р, С, Е, каротиноиды, дубильные вещества, сапонины, фосфолипиды, рибофлавин (Семкина, 2005; Колганова, 1999; Кулабухова и др., 2019). Рябина обыкновенная широко применяется в медицине, т.к. БАВ, содер-

жащиеся в ее составе, оказывают противовоспалительное, ранозаживляющее, противоожоговое и мембраностабилизирующее действие. Масляные извлечения из плодов рябины, содержащие значительное количество каротиноидов, оказывают ранозаживляющее, язвозаживляющее и противовоспалительное действие (Абдуллина и др., 2020). В луковичах чеснока содержатся сероазотсодержащие соединения: аджонен, аллиин, эфирные масла, полисахариды, флавоноиды, жирное масло, и др. (Орехов, 1998; Слепко и др., 1994; Карасёва & Белова, 2019; Ткачева & Сапронова, 2019; Семкина, 2005; Богачев и др., 2019). Луковицы содержат углеводы, фитостерины, полисахариды, инулин, минеральные вещества (соли йода, кальция, фосфора, магния, микроэлементы), органические кислоты и витамины А, Е, С, В, D, PP (Price & Rhodes, 1997; Patil & Pike, 1995). ЛП на основе масла чеснока оказывают антимикробное, фибринолитическое, гепатопротекторное и антиоксидантное действие (Arhan et al., 2001; Patil B.S., Patil & Pike, 1995; Prasad et al., 1996; Чилачава и др., 2020). Представленные данные свидетельствуют о необходимости разработки новых эффективных составов для лечения заболеваний ЖКТ.

Целью работы явилась разработка препаратов в форме капсул на основе масляных экстрактов рябины и чеснока, а также исследование возможности получения соединения включения с β -циклодекстрином. Такие важные преимущества желатиновых капсул, как способность быстро набухать, растворяться, всасываться в желудочно-кишечном тракте, возможность скрывать неприятный запах лекарств, обеспечивая стабилизацию ряда неустойчивых препаратов, завоевали капсулам признание в медицине и их применение в гастроэнтерологии.

Материалы и методы исследования

Материалы

Объектами исследования нами были выбраны рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) и чеснок посевной (*Allium sativum* L.).

Оборудование

Магнитная мешалка (ММЗМ (Россия), «ИКА», перемешивающее устройство (ES-8300, «ЭКРОС», Россия), набор сит («Вибротехник», Россия), тестер для определения насыпной плотности (SVM, «ERWEKA», Германия), тестер для определения распадаемости (ZT 220, «ERWEKA», Германия).

Методы

В основе процессов лежит метод репрессования и непрерывное противоточное, равновесное экстрагирование в батарее массообменников, с принудительным отделением жидкой фазы от твёрдой, путём воздействия на неё высокого давления.

Оценку качества проводили по следующим показателям: органолептические свойства, растворимость, подлинность, плотность, кислотное число, число омыления, йодное число и количественное определение основных биологически активных веществ (Арчинова & Андреева, 2000; Иванова и др., 2004).

Для получения масляных экстрактов был выбран метод мацерации с нагреванием. Для получения соединений включения нами использованы масляный экстракт рябины обыкновенной, масляный экстракт чеснока посевного, а также β -циклодекстрин.

Из двух наиболее используемых в технологии способов получения соединений включения, а именно способ соосаждения и способ растирания, нами был выбран способ растирания, позволяющий получить соединение включения с большей концентрацией каротиноидов. Методика получения соединений включения методом растирания заключалась в механическом смешивании под давлением β -циклодекстрина и других компонентов. Технология длительна, но проста, в связи, с чем имеет широкое распространение. Нами проведён предварительный подбор соотношения β -циклодекстрина и смеси масляных экстрактов рябины и чеснока для получения соединения включения, представляющего собой однородную сыпучую массу. Оптимальным оказалось соотношение 1:5. В полученном соединении включения было определено содержания каротиноидов.

Процедура исследования

На кафедре фармацевтической технологии с курсом медицинской биотехнологии в ПМФИ, группой авторов разработан способ получения жирного масла и масляного экстракта рябины обыкновенной методом репрессования (Чахирова и др., 2005), позволяющий наиболее полно извлечь липофильную фракцию из плодов рябины обыкновенной и получить препарат с высоким содержанием каротиноидов и токоферолов.

Следующим компонентом фитокомплекса был выбран масляный экстракт чеснока посевного, для получения которого был выбран метод мацерации с нагреванием.

Дальнейшим этапом нашей работы явилась разработка технологии соединения включения полученных масляных экстрактов с β -циклодекстрином (Гирфанов & Шикова, 2016). В качестве лекарственной формы нами были выбраны капсулы. Важное значение имеет способ получения капсул, он во многом определяет стабильность препарата, скорость высвобождения из лекарственной формы, интенсивность его всасывания и, в конечном итоге, терапевтический эффект. (Курегян & Печинский, 2017)

Мягкие желатиновые капсулы получали методом погружения. Производственный процесс складывался из следующих операций:

- приготовление желатинового раствора;
- изготовление открытых с одного конца капсул;
- наполнение;
- запайка;
- обработка капсул;
- анализ данных.

При оценке качества мягких капсул с масляными экстрактами рябины и чеснока, а также твёрдых капсул с исследуемым соединением определяли среднюю массу и отклонения в массе, содержание лекарственного вещества, однородность дозирования, распадаемость и растворение. Оценку качества масляного экстракта чеснока посевного проводили по показателям: органолептические свойства, растворимость, подлинность, плотность, кислотное число, число омыления, йодное число (Слепко и др., 1994; Иванова, 2004).

Результаты и их обсуждение

Был получен масляный экстракт рябины обыкновенной и масляный экстракт чеснока посевного, обогащенный серосодержащими соединениями, в частности, аджоем (Листов & Гаманина, 1998; Шиков и др., 2004). На основании проведённых нами расчётов и исследований была разработана технологическая схема получения масляного экстракта чеснока посевного и определены основные показатели его качества. Результаты представлены в Таблице 1.

В настоящее время разработаны и используются различные пути повышения растворимости лекарственных веществ: использование специальных вспомогательных веществ - промоторов всасывания; солюбилизация; получение твердых дисперсных систем; включение в липосомы, нанокапсулы и другие. К числу таких методов отно-

Таблица 1

Оценка качества масляного экстракта чеснока посевного

Показатель	Результаты определений
Плотность г/см ³	0,927±0,53
Кислотное число	4,2±0,25
Число омылений	174,1±0,97
Йодное число	128,3±1,2
Содержание токоферолов мг/%	140,64 ±0,53

сится также включение лекарственных веществ в комплекс циклодекстрина, который был использован.

Включение молекулы лекарственного вещества в молекулу циклодекстрина приводит к значительным изменениям физико-химических, и даже биологических свойств молекулы лекарственного вещества, а именно: увеличению стабильности, снижению летучести, улучшению растворимости и биодоступности (Гирфанов & Шикова, 2016). В Таблице 2 представлены результаты количественного определения каротиноидов и соединений включения.

Таблица 2

Результаты количественного определения каротиноидов в соединении включения

Определено, мг%, X_i	Метрологические характеристики
8,1	$S=0,097$
7,98	$S=0,04$
7,85	$\Delta=0,102$
8,04	$\varepsilon=1,27$
8,11	$8,00 \pm 1,27\%$
7,97	

Учитывая содержание каротиноидов в масляном экстракте рябины и в полученном соединении включения, можно сделать вывод, что масляный экстракт в соединении включения составляет приблизительно 6,28%. В качестве лекарственной формы были выбраны капсулы, преимущества которых очевидны.

Нами был разработан состав и технология мягких желатиновых капсул, содержащих масляные экстракты рябины обыкновенной и чеснока посевного, и твердых желатиновых капсул, содержащих исследуемое соединение включения. В техноло-

гическом процессе производства капсул имеют значение такие технологические характеристики сыпучих капсулируемых материалов, как насыпная плотность, сыпучесть, поэтому нами были проведены исследования по определению этих показателей для соединения включения, содержащего масляные экстракты рябины обыкновенной и чеснока посевного с β -циклодекстрином.

Исследуемая капсулируемая смесь относится к лёгким сыпучим материалам, плотность которых $\rho_n < 600 \text{ кг/м}^3$, а сыпучесть капсулируемого материала можно охарактеризовать, как хорошую, что позволяет обеспечить равномерное наполнение капсул. С целью изготовления капсул соединения включения масляных экстрактов рябины и чеснока с β -циклодекстрином, просеивали и расфасовывали в твёрдые желатиновые капсулы оптимального размера по 1,3г.

Нами установлено, что полученные мягкие и твердые капсулы соответствуют требованиям ГФ IV. Средняя масса мягких желатиновых капсул равна 1,5г; твёрдых 1,340г. Отклонение в массе не превышает 10 %. Все образцы мягких капсул полностью растворялись в среднем за 8 минут, твёрдых – 11 минут с момента включения тестера для определения распадаемости (ZT 220, «ERWEKA», Германия).

Кроме того, проведено количественное определение каротиноидов в полученных капсулах. Содержание каротиноидов в мягких капсулах составило $0,60 \pm 2,09\%$ и в твердых $0,099 \pm 2,03\%$ (Ищенко & Нужная, 2016; Супрун, 2016).

Выводы

Разработана и модифицирована технологическая схема производства желатиновых капсул с масляными экстрактами рябины обыкновенной и чеснока посевного. Результаты исследований показывают, что соединение включения масляных экстрактов рябины обыкновенной и чеснока посевного, содержат достаточные количества β -каротина, что позволяет расширить ассортимент противовоспалительных и ранозаживляющих средств.

Литература

Абдуллина, Р. Г., Денисова, С. Г., Пупыкина, К. А., & Шигапов, З. Х. (2020). Содержание каротиноидов в плодах некоторых представителей рода

- sorbus L. при интродукции. *Химия растительного сырья*, 1, 229-235. <https://doi.org/10.14258/jcrpm.2020015543>
- Арчинова, Т. Ю., & Андреева, И. Н. (2000). Разработка оптимального способа количественного анализа и стандартизации препаратов, содержащих β -каротин. В *Региональная конференция по фармации, фармакологии и подготовке кадров: Материалы 55-й региональной конференции по фармации, фармакологии и подготовке кадров* (с. 349). Пятигорск: Пятигорская государственная фармацевтическая академия.
- Богачев, А. А., Фоминых, М. М., & Хомутов, Т. О. (2019). Содержание суммы каротиноидов и экстрактивных веществ в плодах рябины обыкновенной (*sorbusaucuparia*). *Вестник пензенского государственного университета*, 4, 77-80.
- Гирфанов, Н. Ф., & Шикова, Ю. В. (2016). Влияние вспомогательных веществ на высвобождение каротиноидов. В *Фармацевтическое образование, наука и практика: Горизонты развития: Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию фармацевтического факультета КГМУ* (с. 319-321). Курск: Курский государственный медицинский университет.
- Иванова, С. А., Вайнштейн, В. А., & Каухова, И. Е. (2004). Изучение экстракции плодов рябины и шиповника двухфазной системой экстрагентов. В *Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов лекарственного происхождения: Материалы VIII Международного съезда Фитофарм* (с. 660-664). Финляндия: Миккели.
- Ищенко, А. В., & Нужная, Т. В. (2016). Поиск нетрадиционных источников получения натуральных каротиноидов. В *Явления переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств: Материалы II международной научно-практической конференции* (с. 329-332). Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий.
- Карасёва, Н. Ю., & Белова, Т. А. (2019). Фунгицидные и фитоцидные свойства биологически активных веществ фитогенного происхождения. В *Современная парадигма естественных и технических наук: Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции* (с. 43-46). Белгород: Агентство перспективных научных исследований.
- Колганова, Т. В. (1999). *Разработка способов получения комплексных препаратов каротиноидов из растительного сырья* [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Крылова, С. Г. (2006). Гастрозащитные средства природного происхождения. *Российские аптеки*, 12, 29-30.
- Кулабухова, Н. В., Козупова, О. Н., Ясинская, Д. С., & Коношина, С. Н. (2019). Растительные каротиноиды: физиологическая роль и способы выделения. В *Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК: Материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых* (с. 165-169). Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова.
- Курежан, А. Г., & Печинский, С. В. (2017). Совмещенная технология получения микрокапсул с каротиноидами и спансул на их основе. В *Медицина и фармакология: Научные приоритеты учёных: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции* (с. 61-64). Пермь: Федеральный центр науки и образования Эвенсис.
- Лапин, А. А., Ферубко, Е. В., Зеленков, В. Н., & Даргаева, Т. Д. (2019). Изучение антиоксидантной активности растительного сбора противоязвенного действия и входящих в него компонентов. *Бутлеровские сообщения*, 60(10), 60-66.
- Листов, С. А., & Гаманина, Г. И. (1988). Определение серы в лекарственных средствах природного происхождения. *Химия природных соединений*, 3, 385-389.
- Макаров, В. Г., Рыженков, В. Е., Александрова, А. Е. и др. (2001). Экспериментальное изучение гипополидемии активности нового препарата на основе чеснока (*Allium sativum* L., сем. Alliaceae) – аджонол. В *Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: Материалы V Международного съезда* (с. 247). СПб.: Петродворец.
- Можеренков, В. П., Троянский, И. В., & Дубровина, Е. В. (1997). Целебные свойства чеснока. *Медицинская помощь*, 4, 35-36.
- Орехов, А. Н. (1998). Новые перспективы лечения атеросклероза: Препараты чеснока. *Терапевтический архив*, 70(8), 75-78.
- Семкина, О. А. (2005). Биологически активные вещества плодов рябины обыкновенной и перспективы их промышленного использования. *Химико-фармацевтический журнал*, 39(7), 68-69.
- Слепко, Г. И., Лобарева, Л. С., Михайленко, Л. Я., & Шатнюк, Л. Н. (1994). Биологически активные компоненты чеснока и перспективы их использования в лечебно-профилактическом питании (обзор). *Вопросы питания*, 5, 28-31.
- Супрун, Н. П. (2016). Способы экстракции каротиноидов из растительного сырья

- в сборнике: Современные проблемы и перспективные направления инновационного развития науки. В *Современные проблемы и перспективные направления инновационного развития науки: Сборник статей международной научно-практической конференции* (с. 77-78). Уфа: Аэтерна.
- Ткачёва, Ю. С., & Сапронова, С. Г. (2019). Рябина обыкновенная (*sorbus aucuparia* L.) как источник содержания аскорбиновой кислоты. В *Образование России и актуальные вопросы современной науки: Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции* (с. 98-101). Пенза: Пензенский государственный аграрный университет.
- Чахирова, А. А., Верещагина, В. В., Богданов, А. Н., & Погорелов, В. И. (2005). Технологическая схема получения жирного масла из плодов рябины обыкновенной. В *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: Сборник научных трудов* (с. 161-163). Пятигорск: Пятигорская государственная фармацевтическая академия.
- Чилачава, К. Б., Лыгина, А. Е., & Половецкая О.С. (2020). Сравнительная характеристика химических свойств и биологической активности посевого и ферментированного чеснока. *Modern science*, 5-4, 33-35.
- Шиков, А. Н., Макаров, В. Г., & Рыженков, В. Е. (2004). *Растительные масла и масляные экстракты: Технология, стандартизация, свойства*. М.: Русский врач.
- Arhan, M., Oztuk, H. S., Turhan, N., Aytac, B., Guven, M. C., Olcay, E., & Durak, I. (2009). Hepatic oxidant/antioxidant status in cholesterol-fed rabbits: Effects of garlic extracts. *Hepatology Research*, 39(1), 70-77. <https://doi.org/10.1111/j.1872-034X.2008.00401.x>
- Patil, B. S., & Pike, L. M. (1995). Distribution of quercetin content in different rings of various coloured onion (*Allium cepa* L.) cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 70(4), 643-650. <https://doi.org/10.1080/14620316.1995.11515338>
- Prasad, K., Laxdal, V. A., Yu, M., & Raney, B. L. (1996). Evaluation of hydroxyl radical-scavenging property of garlic. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 154(1), 55-63.
- Price, K. R., & Rhodes, M. J. (1997). Analysis of the major flavonol glycosides present in four varieties of Onion (*Allium cepa*) and changes in composition resulting from autolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 74, 331-339.

Study of the Possibility of Using a Phytocomplex of Seed Garlic and Mountain Ash in the Composition of Dosage Forms

Eleonora F. Stepanova

*Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute Branch
of the Volgograd SMU of the Ministry of Health of the Russian Federation,
11, Kalinina Ave., Pyatigorsk, 357500, Russian Federation
E-mail: efstepanova@yandex.ru*

Elena V. Kovtun

*Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute Branch
of the Volgograd SMU of the Ministry of Health of the Russian Federation,
11, Kalinina Ave., Pyatigorsk, 357500, Russian Federation
E-mail: elena.f.73@mail.ru,*

Ludmila V. Pogrebnyak

*Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute Branch
of the Volgograd SMU of the Ministry of Health of the Russian Federation,
11, Kalinina Ave., Pyatigorsk, 357500, Russian Federation
E-mail: lyupin@yandex.ru,*

Anna A. Chahirova

*Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute Branch
of the Volgograd SMU of the Ministry of Health of the Russian Federation,
11, Kalinina Ave., Pyatigorsk, 357500, Russian Federation
E-mail: annachahirova@gmail.com*

Marina A. Ogay

*Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute Branch
of the Volgograd SMU of the Ministry of Health of the Russian Federation
11, Kalinina Ave., Pyatigorsk, 357500, Russian Federation
E-mail: marinafarm@yandex.ru*

Natalia L. Nam

*FSAOU VRNIMU n. N.I. Pirogov of the Ministry of Health of Russia
1, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russian Federation
E-mail: marinafarm@yandex.ru*

Oil extraction from the fruits of mountain ash containing a significant amount of carotene and carotenoids, have a sorehealing, ulcerative and antiphlogistic effect. This is due to the fact that the fruits of mountain ash are rich provitamin A - beta-carotene (20 mg%) and vitamin P, and ascorbic acid (up to 200 mg%). Rowan berries also contain organic acids (apple, wine and lemon), vitamins K, E and B, catechins, flavonoids, anthocyanins, phospholipids, triterpene saponins, cryptoxanthin, sorbitol, trace elements (manganese, iron, zinc, copper, magnesium), essential oils. Medicinal properties of garlic are due to its rich chemical composition. The plant contains a significant amount of alliin glycoside and other sulfur-containing substances with a bactericidal effect. In this work investigated the possibility of obtaining drugs in the form of capsules based on oil extracts of mountain ash and garlic, as well as clathrate complexes of β -cyclodextrin, and their use in gastroenterology. As a result of pharmacological researches have established that capsules with oil extracts of mountain ash and garlic seedlings and capsules with the tested clathrate complexes belong to the 6th toxicity class and have a gastroprotective effect.

Keywords: fruits of ashberry (rowan) tree, carotenoids, garlic seeds (*Allium Sativum*), oil extracts, β -cyclodextrin, gelatin capsules

References

- Abdullina, R. G., Denisova, S. G., Pupykina, K. A., & Shigapov, Z. Kh. (2020). Soderzhanie karotinoidov v plodakh nekotorykh predstavitelei roda sorbus l. pri introduktsii [The content of carotenoids in the fruits of some representatives of the genus sorbus l. at introduction]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of Plant Raw Materials], 1, 229-235. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015543>
- Archinova, T. Yu., & Andreeva, I. N. (2000). Razrabotka optimal'nogo sposoba kolichestvennogo analiza i standartizatsii preparatov, soderzhashchikh β -karotin [Development of an optimal method for quantitative analysis and standardization of preparations containing β -carotene]. In *Regional'naya konferentsiya po farmatsii, farmakologii i podgotovke kadrov: Materialy 55-i regional'noi konferentsii po farmatsii, farmakologii i podgotovke kadrov* [Regional Conference on Pharmacy, Pharmacology and Training: Proceedings of the 55th Regional Conference on Pharmacy, Pharmacology and Training] (p. 349). Pyatigorsk: Pyatigorskaya gosudarstvennaya farmatsevticheskaya akademiya.
- Bogachev, A. A., Fominykh, M. M., & Khomutov, T. O. (2019). Soderzhanie summy karotinoidov i ekstraktivnykh veshchestv v plodakh ryabiny obyknovЕННОй (sorbusaucuparia) [The content of the sum of carotenoids and extractive substances in the fruits of mountain ash (sorbusaucuparia)]. *Vestnik penzenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Penza State University], 4, 77-80.
- Cemkina, O. A. (2005). Biologicheski aktivnye veshchestva plodov ryabiny obyknovЕННОй i perspektivy ikh promyshlennogo ispol'zovaniya [Biologically active substances of the fruits of mountain ash and prospects for their industrial use]. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal* [Chemical Pharmaceutical Journal], 39(7), 68-69.
- Chakhirova, A. A., Vereshchagina, V. V., Bogdanov, A. N., & Pogorelov, V. I. (2005). Tekhnologicheskaya skhema polucheniya zhirnogo masla iz plodov ryabiny obyknovЕННОй [Technological scheme for obtaining fatty oil from the fruits of mountain ash]. In *Razrabotka, issledovanie i marketing novoi farmatsevticheskoi produktsii: Sbornik nauchnykh trudov* [Development, research and marketing of new pharmaceutical products: Collection of scientific papers] (pp. 161-163). Pyatigorsk: Pyatigorskaya gosudarstvennaya farmatsevticheskaya akademiya.
- Chilachava, K. B., Lygina, A. E., & Polovetskaya O.S. (2020). Sravnitel'naya kharakteristika khimicheskikh svoistv i biologicheskoi aktivnosti posevnogo i fermentirovannogo chesnoka [Comparative characteristics of the chemical properties and biological activity of sown and fermented garlic]. *Modern science* [Modern Science], 5-4, 33-35.
- Girfanov, N. F., & Shikova, Yu. V. (2016). Vliyanie vspomogatel'nykh veshchestv na vysvobozhdenie karotinoidov [Influence of excipients on the release of carotenoids]. In *Farmatsevticheskoe obrazovanie, nauka i praktika: Gorizonty razvitiya: Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 50-letiyu farmatsevticheskogo fakul'teta KGMU* [Pharmaceutical education, science and practice: Horizons of development: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 50th anniversary of the Faculty of Pharmacy of KSMU] (pp. 319-321). Kursk: Kurskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet.
- Ishchenko, A. V., & Nuzhnaya, T. V. (2016). Poisk ne-traditsionnykh istochnikov polucheniya natural'nykh karotinoidov [Search for non-traditional sources of obtaining natural carotenoids]. In *Yavleniya perenosa v protsessakh i apparatakh khimicheskikh i pishchevykh proizvodstv: Materialy II mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Transfer Phenomena in Processes and Apparatuses of Chemical and Food Production: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference] (pp. 329-332). Voronezh: Voronezhskii gosudarstvennyi universitet inzhenernykh tekhnologii.
- Ivanova, S. A., Vainshtein, V. A., & Kaukhova, I. E. (2004). Izuchenie ekstraktsii plodov ryabiny i shipovnika dvukhfaznoi sistemoi ekstragentov [Study of the extraction of rowan and wild rose fruits by a two-phase system of extractants]. In *Aktual'nye problemy sozdaniya novykh lekarstvennykh preparatov lekarstvennogo proiskhozhdeniya: Materialy VIII Mezhdunarodnogo s'ezda Fitofarm* [Actual problems of creating new drugs of medicinal origin: Proceedings of the 8th International Congress of Phytopharm] (pp. 660-664). Finlyandiya: Mikkeli.
- Karaseva, N. Yu., & Belova, T. A. (2019). Fungitsidnye i fitotsidnye svoistva biologicheskii aktivnykh veshchestv fitogennogo proiskhozhdeniya [Fungicidal and phytocidal properties of biologically active substances of phytogenic origin]. In *Sovremennaya paradigma estestvennykh i tekhnicheskikh nauk: Sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Modern paradigm of natural and technical sciences: Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference] (pp. 43-46). Belgorod: Agentstvo perspektivnykh nauchnykh issledovaniy.
- Kolganova, T. V. (1999). Razrabotka sposobov polucheniya kompleksnykh preparatov karotinoidov iz

- rastitel'nogo syr'ya* [Development of methods for obtaining complex preparations of carotenoids from plant materials] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Russia.
- Krylova, S. G. (2006). Gastrozashchitnye sredstva prirodnogo proiskhozhdeniya [Gastroprotective agents of natural origin]. *Rossiiskie apteki* [Russian pharmacies], 12, 29-30.
- Kulabukhova, N. V., Kozupova, O. N., Yasinskaya, D. S., & Konoshina, S. N. (2019). Rastitel'nye karotinoidy: fiziologicheskaya rol' i sposoby vydeleniya [Plant carotenoids: physiological role and methods of isolation]. In *Molodezhnaya nauka - garant innovatsionnogo razvitiya APK: Materialy X Vserossiiskoi (natsional'noi) nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Youth science is a guarantor of the innovative development of the agro-industrial complex: Proceedings of the X All-Russian (national) scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists] (pp. 165-169). Kursk: Kurskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya im. professora I.I. Ivanova.
- Kuregyan, A. G., & Pechinskii, S. V. (2017). Sovmeshchennaya tekhnologiya polucheniya mikrokapsul s karotinoidami i spansul na ikh osnove [Combined technology for obtaining microcapsules with carotenoids and spansul based on them]. In *Meditsina i farmakologiya: Nauchnye prioritety uchenykh: Sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Medicine and pharmacology: Scientific priorities of scientists: Collection of scientific papers based on the results of the international scientific and practical conference] (pp. 61-64). Perm': Federal'nyi tsentr nauki i obrazovaniya Evensis.
- Lapin, A. A., Ferubko, E. V., Zelenkov, V. N., & Dargaeva, T. D. (2019). Izuchenie antioksidantnoi aktivnosti rastitel'nogo sbora protivoyazvennogo deistviya i vkhodyashchikh v nego komponentov [The study of the antioxidant activity of herbal collection of antiulcer action and its components]. *Butlerovskie soobshcheniya* [Butlerov messages], 60(10), 60-66.
- Listov, S. A., & Gamanina, G. I. (1988). Opredelenie sery v lekarstvennykh sredstvakh prirodnogo proiskhozhdeniya [Determination of sulfur in medicinal products of natural origin]. *Khimiya prirodnikh soedinenii* [Chemistry of Natural Compounds], 3, 385-389.
- Makarov, V. G., Ryzhenkov, V. E., Aleksandrova, A. E. i dr. (2001). Eksperimental'noe izuchenie gipolipidicheskoi aktivnosti novogo preparata na osnove chesnoka (*Allium sativum* L., sem. Alliaceae) – adzhonol [Experimental study of the lipid-lowering activity of a new preparation based on garlic (*Allium sativum* L., family Alliaceae) – ajonol]. In *Aktual'nye problemy sozdaniya novykh lekarstvennykh preparatov prirodnogo proiskhozhdeniya: Materialy V Mezhdunarodnogo s"ezda* [Actual problems of creating new drugs of natural origin: Proceedings of the 5th International Congress] (p. 247). S-Petersburg: Petrodvorets.
- Mozherenkov, V. P., Troyanskii, I. V., & Dubrovina, E. V. (1997). Tselebnye svoystva chesnoka [Healing properties of garlic]. *Meditsinskaya pomoshch'* [Health Care], 4, 35-36.
- Orekhov, A. N. (1998). Novye perspektivy lecheniya ateroskleroza: Preparaty chesnoka [New prospects for the treatment of atherosclerosis: Garlic preparations]. *Terapevticheskii arkhiv* [Therapeutic Archive], 70(8), 75-78.
- Shikov, A. N., Makarov, V. G., & Ryzhenkov, V. E. (2004). Rastitel'nye masla i maslyanye ekstrakty: Tekhnologiya, standartizatsiya, svoystva [Vegetable oils and oil extracts: Technology, standardization, properties]. Moscow: Russkii vrach.
- Slepko, G. I., Lobareva, L. S., Mikhailenko, L. Ya., & Shatnyuk, L. N. (1994). Biologicheski aktivnye komponenty chesnoka i perspektivy ikh ispol'zovaniya v lechebno-profilakticheskom pitanii (obzor) [Biologically active components of garlic and prospects for their use in therapeutic and preventive nutrition (review)]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 5, 28-31.
- Suprun, N. P. (2016). Sposoby ekstraktsii karotinoidov iz rastitel'nogo syr'ya
- Tkacheva, Yu. S., & Sapronova, S. G. (2019). Ryabina obyknovennaya (*sorbus aucuparia* L.) kak istochnik soderzhaniya askorbinovoi kisloty [Mountain ash (*sorbus aucuparia* L.) as a source of ascorbic acid]. In *Obrazovanie Rossii i aktual'nye voprosy sovremennoi nauki: Sbornik statei II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Education in Russia and Topical Issues of Modern Science: Collection of Articles of the 2nd All-Russian Scientific and Practical Conference] (pp. 98-101). Penza: Penzenskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. v sbornike: Sovremennye problemy i perspektivnye napravleniya innovatsionnogo razvitiya nauki [Methods for the extraction of carotenoids from plant materials in the collection: Modern problems and promising directions of innovative development of science]. In *Sovremennye problemy i perspektivnye napravleniya innovatsionnogo razvitiya nauki: Sbornik statei mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Modern problems and promising directions of innovative development of science: Collection of articles of the international scientific and practical conference] (pp. 77-78). Ufa: Aeterna.
- Arhan, M., Oztuk, H. S., Turhan, N., Aytac, B., Guven, M. C., Olcay, E., & Durak, I. (2009). Hepatic

- oxidant/antioxidant status in cholesterol-fed rabbits: Effects of garlic extracts. *Hepatology Research*, 39(1), 70-77. <https://doi.org/10.1111/j.1872-034X.2008.00401.x>
- Patil, B. S., & Pike, L. M. (1995). Distribution of quercetin content in different rings of various coloured onion (*Allium cepa* L.) cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 70(4), 643-650. <https://doi.org/10.1080/14620316.1995.11515338>
- Prasad, K., Laxdal, V. A., Yu, M., & Raney, B. L. (1996). Evaluation of hydroxyl radical-scavenging property of garlic. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 154(1), 55-63.
- Price, K. R., & Rhodes, M. J. (1997). Analysis of the major flavonol glycosides present in four varieties of Onion (*Allium cepa*) and changes in composition resulting from autolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 74, 331-339.

Подбор закона распределения для числа падения пшеничной муки

Шмалько Наталья Анатольевна

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Адрес: 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, корп. «Г»

E-mail: kafedra-tith@yandex.ru

При проведении измерений в эксперименте их достоверность в значительной степени определяется точностью получаемых выборочных данных, являющихся случайными числами. В прикладной задаче измерения случайной величины на начальном этапе статистической обработки данных прибегают к описательной статистике с целью изучения числовых характеристик измеряемого признака, затем доказывают принадлежность эмпирического распределения случайной величины к теоретическому с помощью критериев согласия. Целью данного исследования явилось изучение возможности подбора теоретического распределения случайной величины числа падения пшеничной муки путем проведения аппроксимирования ее эмпирического распределения. Объектом исследования послужила проба пшеничной хлебопекарной муки второго сорта с пониженной автолитической активностью (число падения в выборке не ниже 407 с). Измерение числа падения пшеничной муки производилось в условиях, требуемых ГОСТ ISO 3093-2016 и рекомендациями специалистов. Для определения числовых характеристик числа падения и его генерации использовался модуль «Анализ данных» в прикладном пакете MS Excel 2007, аппроксимирование эмпирического распределения осуществлялось инструментом подгонки распределения в программе STATISTICA 7.0 Eng. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения позволила отклонить нулевую гипотезу в пользу альтернативной при уровне значимости $\alpha = 0,05$, поскольку эмпирическое распределение значений измерений числа падения ($n = 100$) искажено ($\sqrt{\beta_1} = 3,92$) и имеет большую кривизну ($\beta_2 = 346,93$) при одновременном

выполнении неравенства $\beta_2 \geq (\sqrt{\beta_1})^2 + 1$. В результате, сравнение значений критерия мощности Пирсона для выборки генерированной случайной величины показало закономерность повышения вероятности того, что проверяемая случайная величина имеет предполагаемый закон распределения от равномерного распределения к нормальному и модельному равномерному распределению. Отсюда, принимается гипотеза о соответствии закона модельного распределения равномерному распределению, поскольку p -уровень значимости критерия, определяющего вероятность ошибки при отклонении гипотезы о нормальности, достигает 0,99256 (что значительно больше 0,05). В связи с этим, полученные в исследовании данные позволят глубже прояснить теоретический принцип и практический опыт метода измерения числа падения с позиции оценки неопределенности измерений.

Ключевые слова: Закон распределения, число падения, пшеничная мука, гипотеза, генерация случайных чисел

Введение

Во всем мире широко обсуждается проблема повышения качества хлеба, вырабатываемого из зерна с повышенной или пониженной автолитической активностью. Автолитическая активность как показатель качества муки определяет ее технологическое значение с учетом особенностей углеводно-амилазного комплекса сырья. Качество хлебопекарной продукции формируется на основе инструментальной оценки дефектов перерабатываемой муки, позволяющей осуществить выбор мероприятий корректирующего действия. Ввод улучшителей амилолитической активности обеспечивает эффект прогнозирования заданного уровня качества полуфабрикатов хлебопекарного производства. Подбор и изучение действия улучшителей при переработке

пшеничной муки с пониженными хлебопекарными свойствами эффективен в условиях внутризаводского контроля. В качестве улучшителей качества муки наряду с ферментными препаратами могут использоваться композиции зерновых продуктов, отличающиеся высокой амилолитической активностью и осаживающей способностью (Козьмина & Воронова, 1968; Зотова и др., 1975; Панкратьева и др., 1977; Цыплаков, 1999; Черных и др., 2000; Лушчик, 2002; Codina & Leahu, 2009; Rakita et al., 2015; Zarzycki & Sobota, 2015; Шмалько, 2019). Подходы по улучшению качества зерна пшеницы для целей хлебопечения включают и селекцию на число падения за счет удаления LMA-генотипов при подборе родительских форм для скрещивания и в ранних поколениях гибридов (Крупнов & Крупнова, 2015; Newberry et al., 2018).

Методикой исследования автолитической активности муки преимущественно служат стандартные методы^{1,2}. К примеру, пшеничная мука с повышенной активностью ферментов отличается автолитической активностью до 45-60 % водорастворимых веществ в пересчете на сухое вещество по ГОСТ 27495-87 и числом падения менее 250 с. Напротив, пшеничная мука с пониженной активностью ферментов обладает автолитической активностью до 17-21 % водорастворимых веществ в пересчете на сухое вещество по ГОСТ 27495-87^{3,4} и числом падения более 350 с наряду с содержанием чрезмерно крепкой клейковины (Косован, 2008).

Связь числа падения со свойствами углеводно-амилазного комплекса муки и качеством хлеба выражается обнаруживаемой линейной корреляционной связью числа падения с объемным выходом хлеба в диапазоне значений от 200 до 250 с, после 250 с связь ослабевает, а начиная с 350 с отсутствует вовсе. Расчет парной корреляции подтверждает связь числа падения с газо- и сахарообразующей способностью, продолжительностью расстойки тестовых заготовок при различных уровнях автолитической активности муки. Экспериментально установлено, что при числе падения от 300 до 350 с и более (до 420 с) автолитическая активность пшеничной муки снижается до критически низкого уровня, после чего отмечается ее стабильное ухудшение (Мелешкина, 2005).

Для числа падения пшеничной муки разработаны ограничительные нормы, в которых нижний и верхний пределы для муки высшего сорта составляют 185 и 375 с, первого сорта – 180 и 360 с, второго сорта – 165 и 340 с соответственно. В эксперименте нижний предел нормы, как и верхний, установлен из условия выработки хлеба с нижним пределом его объемного выхода, который соответствует требованиям⁵. Нижний предел числа падения пшеничной муки свидетельствует о дефектности зерна, из которого получена мука (например, незрелое, проросшее, поврежденное самосогреванием зерно), а верхний предел – о повышенном содержании и чрезмерной упругости клейковины, пониженной газо- и сахарообразующей способности муки (Зеленский & Марьянова, 1999)⁶.

Указанные примеры измерения числа падения хотя и отличаются необходимой точностью, но

не могут прогнозировать степень соответствия результатов измерения прогнозируемым значениям измеряемой величины. Как правило, выборочные данные являются случайными числами, поэтому невозможно предсказать точные их значения до проведения измерений (Шмалько и др., 2017). Между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями устанавливают связь в виде закона распределения. Так, для непрерывной случайной величины наиболее часто употребляется производная функции распределения – плотность распределения случайной величины. В прикладной задаче вместо определения закона распределения вероятностей для случайной величины прибегают к описательной статистике переменных (Ахназарова & Кафаров, 1985).

Принадлежность эмпирического распределения случайной величины к нормальному распределению доказывается с помощью критерия согласия Пирсона, иначе критерия *хи-квадрат*, устанавливающего допустимое несовпадение экспериментальной частоты попадания результата в тот или иной интервал с частотой, вычисленной для этих интервалов по нормальному закону распределения (Грачев & Плаксин, 2005). В случае возникновения сомнений в принадлежности эмпирического распределения вероятности измеряемого параметра нормальному закону прибегают к процедурам проверки отклонения распределения вероятностей от нормального распределения.

Критерий на отклонение от нормального распределения имеет нулевую гипотезу, состоящую в том, что выборка содержит определенное количество значений независимых наблюдений, подчиняющихся одному и тому же нормальному распределению. Мощность критерия определяет вероятность отклонения нулевой гипотезы, когда она неверна. Если же справедлива нулевая гипотеза, но критерий мощности ее отвергает, то совершается ошибка первого рода. Высокая мощность критерия соответствует низкой вероятности ошибочного применения нулевой гипотезы, т.е. вероятности ошибки второго рода (Халафян, 2007).

Целью данной работы явилось изучение возможности подбора теоретического распределения случайной величины числа падения пшеничной муки

¹ ГОСТ 27495-87. (2007). *Мука. Метод определения автолитической активности*. М.: Стандартинформ.

² ГОСТ 27676-88. (2009). *Зерно и продукты его переработки. Метод числа падения*. М.: Стандартинформ.

³ ГОСТ 27495-87. (2007). *Мука. Метод определения автолитической активности*. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ 27676-88. (2001). *Зерно и продукты его переработки. Метод числа падения*. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 27669-88. (2007). *Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба*. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 27560-87. (2007). *Мука. Отруби. Методы анализа*. (2007). М.: Стандартинформ.

путем проведения аппроксимирования ее эмпирического распределения. Перспектива проведенных исследований заключается в получении данных статистического моделирования с целью дальнейшей адаптации к источникам статистической неопределенности измерения числа падения. К доводам, позволяющим прибегнуть к аппроксимированию эмпирического распределения случайной величины, можно отнести соотношение полученных данных в дальнейшем с результатами стандартизированного подхода к определению оценки неопределенности⁷, включая аппроксимацию функции измерения случайной величины, что необходимо для выполнения правила принятия решения в рамках компетентности испытательных и калибровочных лабораторий⁸. Следует пояснить, что полученные в исследовании данные позволят глубже прояснить теоретический принцип и практический опыт метода измерения числа падения с позиции оценки неопределенности измерений, поскольку в настоящее время общепризнанно, что после того, как найдены оценки всех ожидаемых составляющих погрешности и в результат измерения внесены соответствующие поправки, все еще остается некоторая неопределенность в отношении полученного результата⁹.

Материалы и методы исследования

Материалы

В отсутствии литературных данных в отношении проведенных измерений числа падения пшеничной муки дефектного качества использовалась проба пшеничной хлебопекарной муки второго сорта с пониженной автолитической активностью. Показатели качества пробы муки по ГОСТ 26574-2017¹⁰: влажность 12,5 %; количество отмываемой клейковины 27,2 %; показатель ИДК 22,5 ед. пр. (клейковина отмывалась вручную); число падения не ниже 407 с. Опыт измерения числа падения испытуемой пробы муки был поставлен в пятикратном количестве с двадцатью повторностями в каждом параллельном измерении (Таблица 1).

Оборудование

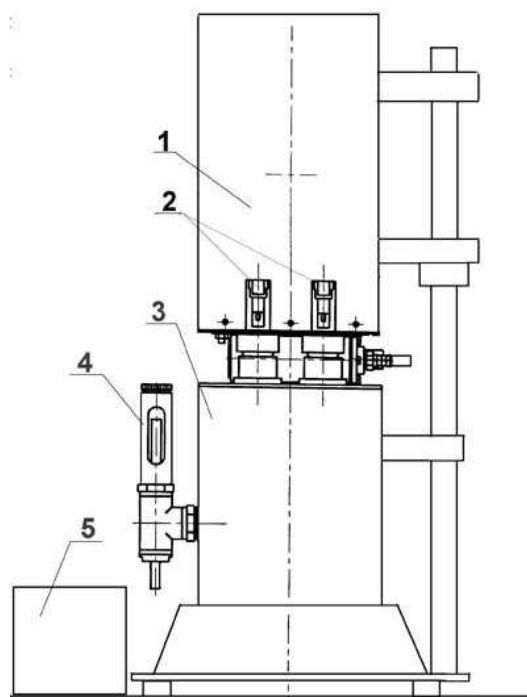


Рисунок 1. Прибор для измерения числа падения ПЧП 99-2: 1 – мешалка автоматическая; 2 – каналы измерительные; 3 – баня водяная; 4 – уровень; 5 – блок электронный

Для определения числа падения пшеничной муки в качестве средства измерения применялся прибор ПЧП 99-2 (номер по Госреестру РФ 31365-06, класс 31.01, страна-производитель Украина) с пределом допускаемой абсолютной погрешности прибора $\pm 0,5$ с для диапазона измерения от 60,0 до 999,0 с. Конструктивно прибор ПЧП 99-2 выполнен следующим образом (рисунок 1): на подставке основания установлена водяная баня с подставкой 3 и клемма заземления. На стойке над водяной баней 3 расположена мешалка автоматическая 1, которая вместе с баней выполнена в отдельный механический блок. Управление прибором и выполнение измерений осуществляет автономно выполненный электронный блок 5 с двумя измерительными каналами времени 2. Блоки соединены между собой кабелем с разъемом, расположенным на задней панели электронного блока.

⁷ ГОСТ Р 50.1.100-2014. (2015). *Рекомендации по стандартизации. Статистические методы. Три подхода к интерпретации и оценке неопределенности измерений*. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. (2021). *Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий*. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ 34100.3-2017. (2018). *Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения*. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ГОСТ 26574-2017. (2019). *Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

Корпус *водяной бани 3* установлен на основании прибора. *Мешалка автоматическая 1* устанавливается на вертикальной стойке с помощью фиксатора. Подставка и стойка крепления монтируются на общем металлическом основании. На крышке *водяной бани 3* расположен конденсатор пара, который выполнен в виде закрытой прямоугольной конструкции с отверстием для отвода избытка пара. Непрерывная подача и слив холодной водопроводной воды в конденсаторе осуществляется с помощью трубок ПВХ (на рисунке не указаны). Дистиллированная вода в *водяную баню 3* заливается через отверстие в крышке, избыток воды сливается через трубку, подключенную к *уровнемеру 4*. Вискозиметрическая пробирка в *водяную баню 3* погружается через втулку в крышке бани, которая снабжена внутри захлопывающимся клапаном.

Баня водяная 3, емкость которой заполняется дистиллированной водой, имеет встроенный нагревательный элемент ТЭН для нагрева воды до температуры кипения и поддержания этой температуры в течение всего времени работы.

Мешалка автоматическая 1 осуществляет автоматический захват и удерживание штока-плунжера во время перемешивания водно-мучной суспензии в вискозиметрической пробирке, а также осуществляет автоматический сброс штока-плунжера по окончании времени перемешивания. Для автоматического отключения таймера в конце рабочего пути прохождения штока-плунжера установлен оптический датчик (на рисунке не указан).

Сигналы, управляющие работой *мешалки автоматической 1*, поступают с *электронного блока 5*, который также осуществляет вывод результата измерения на цифровой трехразрядный индикатор и сигнализирует об окончании процесса измерения звуковым сигналом.

После погружения пробирок с пробой в *водяную баню 3* отжимают упор фиксатора *мешалки автоматической 1* и, удерживая его в отжатом положении, переводят (поворотом) блок *мешалки* до установки фиксатора в гнездо рабочего положения и нажимают кнопку ПУСК на *электронном блоке 5*. Управление процессом измерения производится по сигналам с *электронного блока 5* и отслеживается таймером. По истечении времени прогрева в течение 5 с блок управления выдает команду включения двигателя. Происходит автоматический захват и удержание грузика што-

ка-плунжера мешалки в течение всего цикла перемешивания (55 с) с частотой 120 об/мин. По окончании цикла перемешивания *электронный блок 5* выдает команду выключения двигателя и выполняется автоматический сброс штока-плунжера. Начинается свободное падение штока-плунжера в пробирке. При пересечении нижней частью грузика штока-плунжера оптической оси датчика выдается сигнал об окончании процесса измерений. Отсчет времени таймером прекращается, срабатывает звуковая и световая сигнализации. Результат измерения числа падения считывают с цифрового индикатора, соответственно в полученное значение входит время процессов прогрева и перемешивания (60 с)¹¹.

Инструменты

Для изучения показателя числа падения как случайной величины в прикладном пакете MS Excel 2007 использовался модуль «Анализ данных», в котором производилось определение описательной статистики измеряемого признака исследуемого объекта. Результатом такого статистического описания переменной явилось получение распределения, указывающего частоту попаданий значения переменной в интервалы группировки, задаваемые исследователем. В модуле «Вероятностный калькулятор» в программе STATISTICA 7.0 Eng путем вычисления процентных точек, определения вероятности попадания значений в заданный интервал для непрерывной случайной величины по числу проведенных испытаний осуществлялось построение распределения.

Аппроксимирование эмпирического распределения производилось инструментом подгонки распределения в программе STATISTICA 7.0 Eng в результате построения кривой теоретического закона распределения, наложенной на гистограмму эмпирического распределения с указанием числовых параметров распределения: критерия Пирсона, числа степеней свободы и p -уровня значимости критерия сравнения. Для нахождения соответствия эмпирического распределения случайной величины числа падения теоретическому закону распределения в прикладном пакете MS Excel 2007 в модуле «Анализ данных» производилась генерация случайного числа, подчиняющегося моделируемому исследователем закону распределения.

Методы

¹¹ Приборы для определения числа падения ПЧП 99: назначение и область применения. Приборы для определения числа падения ПЧП 99: Назначение и область применения. (2006). М.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева.

Измерение числа падения пшеничной муки производилось в условиях, требуемых ГОСТ ISO 3093-2016¹², и рекомендациями специалистов при определении амилалитической активности зерна и муки по числу падения на приборе ПЧП (Марьянова и др., 1996). Метод применяется для зерна, зерновых культур, в особенности для пшеницы и ржи, и для продуктов их помола с различными размерами частиц. Сущность метода заключается в быстрой клейстеризации водной суспензии муки или цельносмолотого зерна в кипящей водяной бане и последующего определения степени разжижения альфа-амилазой крахмала, содержащегося в пробе. Принцип действия заключается в измерении времени падения штока-плунжера в вискозиметрической пробирке, заполненной суспензией, на установленное расстояние при определенных условиях в соответствии с требова-

ниями ГОСТ 30498-97¹³. За окончательный результат анализа принималось среднее арифметическое значение результатов двух определений при выполнении требования сходимости, когда разница между значениями, полученными в двух определениях, не превышала 10 % среднего значения.

Процедура исследования

Для выяснения зависимости между группами измерений исходных опытных данных (Таблица 1) в модуле «Анализ данных» прикладного пакета MS Excel 2007 была получена описательная статистика (Таблица 2), результаты которой позволили произвести проверку соответствия членов выборки нормальному распределению с помощью модуля «Вероятностный калькулятор» программы STATISTICA 7.0 Eng (Таблица 3), а также про-

Таблица 1

Исходные опытные данные измерения числа падения (5×20)*

Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5
1	2	3	4	5
531	490	513	494	481
491	511	522	488	534
531	513	484	539	468
500	516	500	513	530
463	548	495	494	517
517	529	503	569	527
518	521	487	514	480
521	524	550	551	554
407	595	502	510	495
464	540	553	555	535
474	514	496	499	504
522	533	500	550	527
490	564	504	533	543
520	544	494	557	476
488	525	525	493	479
516	566	499	510	521
469	583	511	539	496
490	549	503	541	503
501	553	498	544	493
492	568	593	572	517

* с пределом относительной сходимости результатов параллельных измерений 10,0 %¹⁰.

¹² ГОСТ ISO 3093-2016. (2019). *Зерно и продукты его переработки. Определение числа падения методом Хагберга-Пертена*. М.: Стандартиформ.

¹³ ГОСТ 30498-97. (2010). *Зерновые культуры. Определение числа падения*. М.: Стандартиформ.

Таблица 2
Описательная статистика данных измерения числа падения

Группа 1		Группа 2		Группа 3	
1		2		3	
Среднее	495,30	Среднее	539,30	Среднее	511,60
Стандартная ошибка	6,71	Стандартная ошибка	5,98	Стандартная ошибка	5,90
Медиана	496	Медиана	536,50	Медиана	502,50
Мода	531	Мода	–	Мода	500
Стандартное отклонение	30,01	Стандартное отклонение	26,72	Стандартное отклонение	26,37
Дисперсия выборки	900,30	Дисперсия выборки	713,91	Дисперсия выборки	695,31
Эксцесс	2,58	Эксцесс	–0,30	Эксцесс	3,99
Асимметричность	–1,31	Асимметричность	0,35	Асимметричность	1,95
Интервал	124	Интервал	105	Интервал	109
Минимум	407	Минимум	490	Минимум	484
Максимум	531	Максимум	595	Максимум	593
Уровень надежности (95,0 %)	14,04	Уровень надежности (95,0 %)	12,51	Уровень надежности (95,0 %)	12,34

Окончание табл. 2

Группа 4		Группа 5	
4		5	
Среднее	528,25	Среднее	509
Стандартная ошибка	6,06	Стандартная ошибка	5,58
Медиана	536	Медиана	510,50
Мода	494	Мода	517
Стандартное отклонение	27,08	Стандартное отклонение	24,94
Дисперсия выборки	733,57	Дисперсия выборки	622,11
Эксцесс	–1,37	Эксцесс	–1,11
Асимметричность	–0,02	Асимметричность	–0,001
Интервал	84	Интервал	86
Минимум	488	Минимум	468
Максимум	572	Максимум	554
Уровень надежности (95,0 %)	12,68	Уровень надежности (95,0 %)	11,67

верку отклонения распределения вероятностей от нормального распределения по ГОСТ Р ИСО 5479-2002¹⁴ (Таблица 4). Подбор закона распределения для непрерывной случайной величины с отклонением нулевой гипотезы (в данном случае гипотезы о нормальности распределения) осуществлялся посредством изучения свойств выборок, получен-

ных методом генерации случайных чисел (Таблицы 5-7, Рисунки 2-4) в модуле «Анализ данных» прикладного пакета MS Excel 2007.

С целью проверки отклонения распределения вероятностей от нормального распределения при изучении нормальной случайной переменной X

¹⁴ ГОСТ Р ИСО 5479-2002. (2020) *Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения*. М.: Стандартинформ.

с центральным моментом первого порядка – со средним $\mu = E(X)$ определяются:

- центральный момент третьего порядка, равный

$$\mu = E[(X - \mu)^3] = 0; \quad (1)$$

- нормированный центральный момент третьего порядка (асимметрия совокупности), равный

$$\sqrt{\beta_1} = \sum \left[\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^3 \right] = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}} = \frac{\mu_3}{\sigma^3} = 0; \quad (2)$$

- нормированный центральный момент четвертого порядка (кривизна совокупности), равный

$$\beta_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = 3, \quad (3)$$

где:

$\mu_2 = E[(X - \mu)^2]$ – момент второго порядка; $\mu_4 = E[(X - \mu)^4]$ – момент четвертого порядка; $\sqrt{\beta_1}$ – асимметрия совокупности, которая может быть большей, равной или меньшей чем нуль; β_2 – кривизна совокупности (всегда положительная); $(\beta_2 - 3)$ – эксцесс совокупности, при этом всегда выполняется неравенство

$$\beta_2 \geq (\sqrt{\beta_1})^2 + 1. \quad (4)$$

Анализ данных

Для анализа данных применялись направленный критерий проверки на асимметрию, использующий статистику $\sqrt{\beta_1}$ при объеме выборки $n \geq 8$; решение в пользу отклонения нулевой гипотезы при уровне значимости α , когда статистика $\sqrt{\beta_1}$ превышала p -квантиль для $p = 1 - \alpha$; направленный критерий проверки на кривизну с использованием статистики β_2 при объеме выборки $n \geq 8$. Проверке подвергалось условие превышения вычисленного значения β_2 критического значения статистики критерия (значения p -квантили) при $p = 1 - \alpha = 0,95$ и объеме выборки n , в то время как нулевая гипотеза должна быть отклонена при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Совместный критерий (многонаправленный критерий), использующий статистики $\sqrt{\beta_1}$ и β_2 , применялся при соблюдении условия для объема выборки $20 \leq n \leq 1000$. Требуемая доказательств альтернативная гипотеза состояла в том, что распределение вероятностей имеет асимметрию, отличную от нуля, и (или) кривизна отлична от

кривизны, свойственной нормальному распределению без указания направления каждого откло-

нения: $H_1(\sqrt{\beta_1}) \neq 0$ и (или) $\beta_2 \neq 3$.

На Рисунках 2-4 над гистограммами выведен заголовок, в котором указываются анализируемая переменная, предполагаемый закон распределения и числовые параметры. Первый числовой параметр – критерий χ^2 , при уменьшении которого вероятность того, что проверяемая случайная величина имеет предполагаемый закон распределения, должен возрасти. Второй числовой параметр df – число степеней свободы, определяется как

$$df = n - l - 1, \quad (5)$$

где: n – число интервалов, на которые разбит диапазон изменения случайной величины; l – число оцениваемых параметров распределения.

Третий числовой параметр – p -уровень значимости критерия, определяющего вероятность ошибки при отклонении гипотезы о нормальности.

Результаты и их обсуждение

В литературе часто обсуждаются вопросы первичной обработки данных, построения гистограмм, подбора подходящего закона распределения и вычисления его параметров, проверки согласия между эмпирическим и теоретическим законом распределения по критерию согласия χ^2 Пирсона средствами Excel (Фаюстов, 2016; Фаюстов & Гуреев, 2020), а также вероятностного распределения как варианта описания неопределенности измерений в задачах оценки соответствия (Александровская & Кузнецов, 2010; Левин, 2021).

Результаты изучения численных характеристик описательной статистики групповых измерений числа падения (Таблица 2) свидетельствуют о невысокой надежности (не более 14,0 %) гипотезы принадлежности выборок к нормальному распределению. Проверка соответствия групповой выборки нормальному распределению с помощью модуля «Вероятностный калькулятор» в программе STATISTICA 7.0 Eng (Таблица 3) показала почти полное отсутствие ее принадлежности к указанному распределению.

Полученная информация о существенном отличии эмпирического распределения измеряемой

Таблица 3

Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению с помощью вероятностного калькулятора

Группа 1	p	Группа 2	p	Группа 3	p	Группа 4	p	Группа 5	p
531	0,88	490	0,03	513	0,52	494	0,10	481	0,13
491	0,44	511	0,15	522	0,65	488	0,07	534	0,84
531	0,88	513	0,16	484	0,15	539	0,65	468	0,05
500	0,56	516	0,19	500	0,33	513	0,29	530	0,80
463	0,14	548	0,63	495	0,26	494	0,10	517	0,63
517	0,77	529	0,35	503	0,37	569	0,93	527	0,76
518	0,78	521	0,25	487	0,18	514	0,30	480	0,12
521	0,80	524	0,28	550	0,93	551	0,80	554	0,96
407	0,00	595	0,98	502	0,36	510	0,25	495	0,28
464	0,15	540	0,51	553	0,94	555	0,83	535	0,85
474	0,24	514	0,17	496	0,28	499	0,14	504	0,42
522	0,81	533	0,41	500	0,33	550	0,79	527	0,76
490	0,43	564	0,82	504	0,39	533	0,57	543	0,91
520	0,80	544	0,57	494	0,25	557	0,86	476	0,09
488	0,40	525	0,30	525	0,69	493	0,10	479	0,11
516	0,76	566	0,84	499	0,32	510	0,25	521	0,69
469	0,19	583	0,95	511	0,49	539	0,65	496	0,30
490	0,43	549	0,64	503	0,37	541	0,68	503	0,40
501	0,58	553	0,70	498	0,30	544	0,72	493	0,26
492	0,46	568	0,86	593	0,99	572	0,95	517	0,63

величины от нормального распределения позволяет применить направленные критерии, относящиеся к характеристикам асимметрии и эксцесса распределения вероятностей наблюдений.

В Таблице 4 представлены результаты расчетов направленного и совместного критериев для выборки измерений числа падения. Критическое значение статистики критерия (значения p -квантили) при уровне значимости $\alpha = 0,05$ ($p = 1 - \alpha$) и объеме выборки $n = 100$ равно 0,39. Данное табличное значение меньше, чем вычисленное значение $\sqrt{\beta_1} = 3,92$, что означает отклонение нулевой гипотезы нормального распределения.

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ ($p = 1 - \alpha$) и объеме выборки $n = 100$ критическое значение статистики (значение p -квантили) критерия равно 3,77. Вычисленное значение β_2 равно 346,93, что более критического значения, поэтому нулевая гипотеза отклоняется в пользу альтернативной при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Отсюда следует, что распределение значений, полученных в результате измерений, искажено и имеет большую кривизну.

Точка с координатами (3,92; 346,93) лежит далеко вне кривой, соответствующей объему выборки $n = 100$ для уровня значимости $\alpha = 0,05$. Поэто-

Таблица 4

Направленный и совместный критерии для выборки измерений числа падения ($n = 100$)

μ	μ_2	μ_3	μ_4	σ	$\sqrt{\beta_1}$	β_2
516,68	93429,76	113690,20	$3,02841 \cdot 10^{12}$	30,72	3,92	346,93

му и в этом случае нулевая гипотеза нормального распределения отклоняется на указанном уровне значимости в пользу альтернативной гипотезы, определяя тот факт, что распределение вероятностей измеренной величины отлично от нормального распределения.

С целью достижения соответствия эмпирического распределения изучаемой случайной величины теоретическому распределению произведено статистическое моделирование на основе алгоритма генерации случайного числа. Применение компьютерного имитационного моделирования непосредственно с целью проверки статистических гипотез отражено в ряде различных научных работ. Например, предложен алгоритм оптимального планирования эксперимента для различения двух простых гипотез по критерию отношения правдоподобия (Постовалов, 2014). Известны теоретические исследования в от-

ношении проверки статистических гипотез и способов оценки параметров распределений на основе применения эталонных выборок и выбора критерия сравнения на примере моделирования 95 %-ного доверительного интервала (Панарина и др., 2017). Предложена математическая модель контроля качества на основе теории принятия решений, интервального оценивания и структурных методов надежности (Червяков, 2016). Сравнение свойств статистических последовательных критериев для регулирования технологических процессов контролируемого параметра с нормальным (Гродзенский, 2009а) и неизвестным распределением (Гродзенский, 2009б) выполнялось методом математического моделирования.

В данном исследовании процедура статистического моделирования путем генерации случайного числа (Таблицы 5-7) производилась следующим

Таблица 5

Данные нормального распределения для генерированного случайного числа измерения числа падения

Variable: NewVar, Distribution: normal (Spreadsheet 1 – Число падения пшеничной муки); Chi-Square = 1,60136, df = 8 (adjusted) , p = 0,99089									
Random number	Observed frequency	Cumulative observed	Percent observed	Cumul. %	Expected frequency	Cumulative expected	Percent expected	Cumul. %	Observed
≤ 504	0	0	0,00	0,00	1,51	1,51	1,51	1,51	-1,51
506	1	1	1,00	1,00	1,87	3,38	1,87	3,38	-0,87
508	6	7	6,00	7,00	3,45	6,83	3,45	6,83	2,55
510	6	13	6,00	13,00	5,69	12,52	5,69	12,52	0,31
512	10	23	10,00	23,00	8,37	20,89	8,37	20,89	1,63
514	9	32	9,00	32,00	10,99	31,88	10,99	31,88	-1,99
516	12	44	12,00	44,00	12,88	44,75	12,88	44,75	-0,88
518	14	58	14,00	58,00	13,46	58,21	13,46	58,21	0,54
520	14	72	14,00	72,00	12,55	70,77	12,55	70,77	1,45
522	9	81	9,00	81,00	10,45	81,21	10,45	81,21	-1,45
524	9	90	9,00	90,00	7,76	88,97	7,76	88,97	1,24
526	4	94	4,00	94,00	5,14	94,11	5,14	94,11	-1,14
528	3	97	3,00	97,00	3,04	97,15	3,04	97,15	-0,04
530	0	97	0,00	97,00	1,60	98,75	1,60	98,75	-1,60
532	1	98	1,00	98,00	0,76	99,51	0,76	99,51	0,25
534	1	99	1,00	99,00	0,32	99,83	0,32	99,83	0,68
536	1	100	1,00	100,00	0,12	99,94	0,12	99,94	0,88
> 536	0	100	0,00	100,00	0,06	100,00	0,06	100,00	-0,06

Таблица 6

Данные равномерного распределения для генерированного случайного числа измерения числа падения

Variable: NewVar, Distribution: rectangular (Spreadsheet 1 – Число падения пшеничной муки); Chi-Square = 9,79980, df = 7 (adjusted) , p = 0,20021									
Random number	Observed frequency	Cumulative observed	Percent observed	Cumul. %	Expected frequency	Cumulative expected	Percent expected	Cumul. %	Observed
≤ 400	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
420	2	2	2,00	2,00	5,53	5,53	5,53	5,53	–3,53
440	12	14	12,00	14,00	10,99	16,52	10,99	16,52	1,01
460	14	28	14,00	28,00	10,99	27,51	10,99	27,51	3,01
480	9	37	9,00	37,00	10,99	38,50	10,99	38,50	–1,99
500	16	53	16,00	53,00	10,99	49,49	10,99	49,49	5,01
520	7	60	7,00	60,00	10,99	60,48	10,99	60,48	–3,99
540	10	70	10,00	70,00	10,99	71,47	10,99	71,47	–0,99
560	11	81	11,00	81,00	10,99	82,47	10,99	82,47	0,01
580	15	96	15,00	96,00	10,99	93,46	10,99	93,46	4,01
600	4	100	4,00	100,00	6,54	100,00	6,54	100,00	–2,54
> 600	0	100	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00

образом: для нормального распределения принималось число переменных – 1, число случайных чисел – 100, среднее – 517 с, стандартное отклонение – 6,04; для равномерного распределения при-

нималось число переменных – 1, число случайных чисел – 100, диапазон между минимальным (407 с) и максимальным (595 с) значениями; для модельного распределения принималось число перемен-

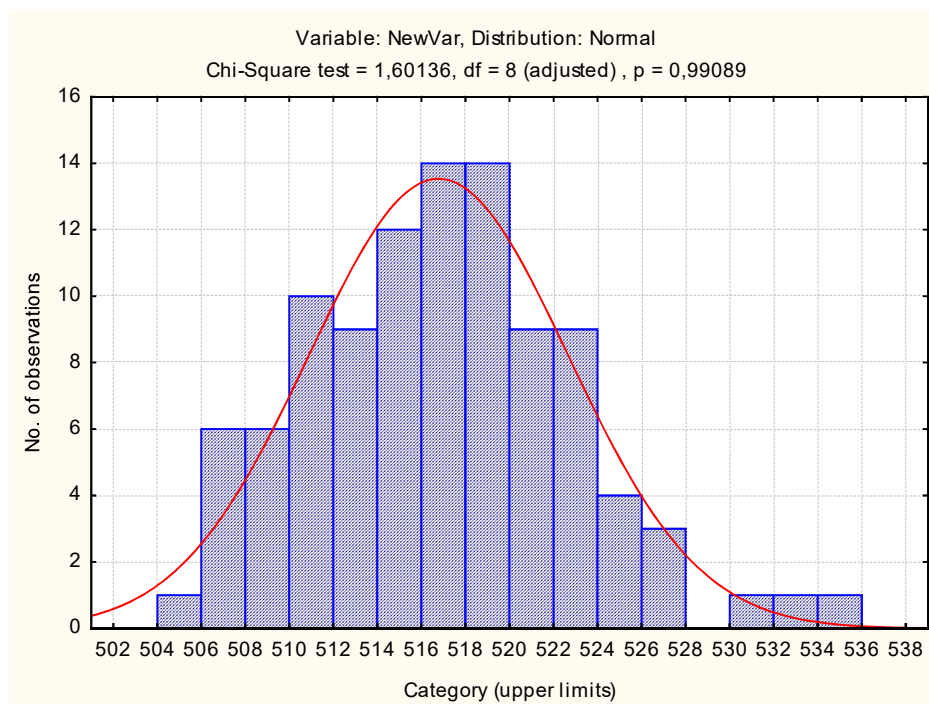


Рисунок 2. Гистограмма эмпирического распределения генерированной нормальной случайной величины числа падения

Таблица 7

Данные модельного равномерного распределения для генерированного случайного числа измерения числа падения

Variable: NewVar, Distribution: model rectangular (Spreadsheet 1 – Число падения пшеничной муки); Chi-Square = 1,12472, df = 7 (adjusted) , p = 0,99256									
Random number	Observed frequency	Cumulative observed	Percent observed	Cumul. %	Expected frequency	Cumulative expected	Percent expected	Cumul. %	Observed
≤ 400	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
420	8	8	8,00	8,00	6,91	6,91	6,91	6,91	1,09
440	10	18	10,00	18,00	10,64	17,55	10,64	17,55	-0,64
460	10	28	10,00	28,00	10,64	28,19	10,64	28,19	-0,64
480	10	38	10,00	38,00	10,68	38,83	10,64	38,83	-0,64
500	10	48	10,00	48,00	10,64	49,47	10,64	49,47	-0,64
520	10	58	10,00	58,00	10,64	60,11	10,64	60,11	-0,64
540	10	80	10,00	80,00	10,64	81,38	10,64	81,38	-0,64
560	11	81	11,00	81,00	10,99	82,47	10,99	82,47	0,01
580	10	90	10,00	90,00	10,64	92,02	10,64	92,02	-0,64
600	10	100	10,00	100,00	7,98	100,00	7,98	100,00	2,02
> 600	0	100	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00

ных – 1, число случайных чисел – 100, диапазон от 407 с до 595 с при шаге 3,9, повтор каждого числа – 1 раз, повтор последовательности – 2.

В результате вычислений были построены кривые теоретического закона распределения, наложенные на гистограммы эмпирических распределе-

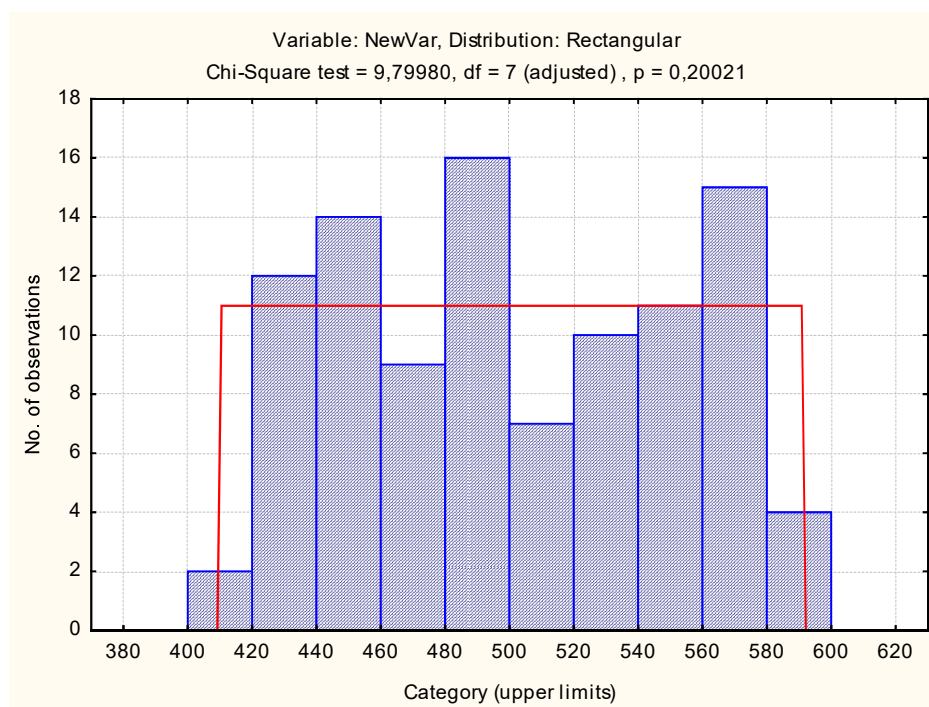


Рисунок 3. Гистограмма эмпирического распределения генерированной равномерной случайной величины числа падения

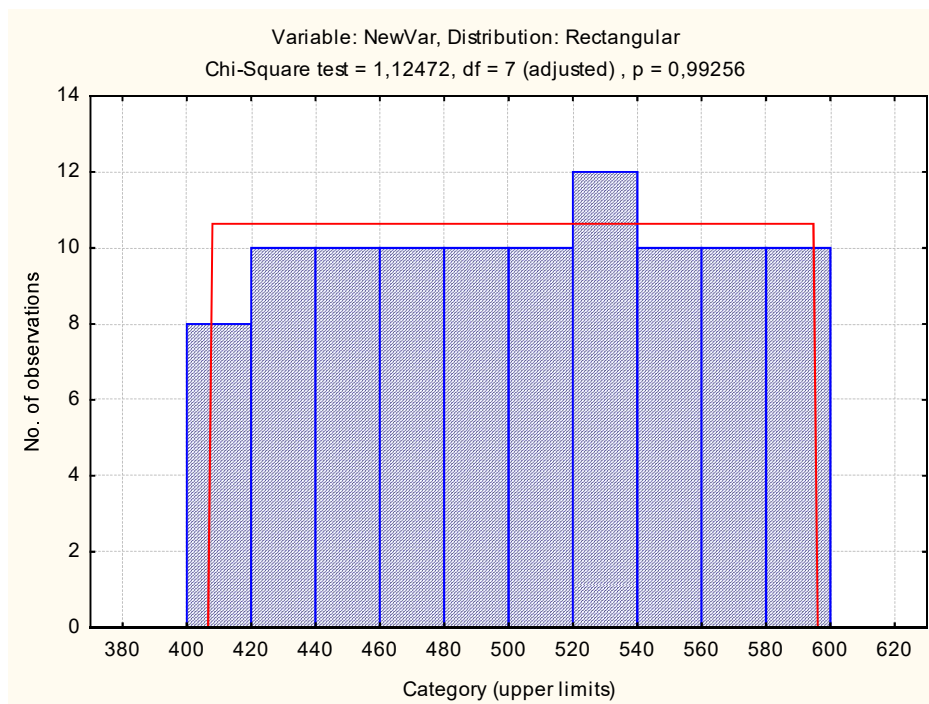


Рисунок 4. Гистограмма эмпирического распределения генерированной модельной равномерной случайной величины числа падения

ний (Рисунки 2-4), построенных по имеющимся данным Таблиц 5-7.

К Таблицам 5-7 прилагается следующее пояснение (Халафян, 2007). Каждая строка таблицы наблюдаемых и ожидаемых распределений характеризует интервал, в который попадают значения исследуемой переменной. В первом столбце *Observed frequency* (наблюдаемая частота) для каждого рассмотренного интервала указано количество значений, попавших в этот интервал. Во втором столбце *Cumulative observed* (совокупный наблюдаемый) для каждого интервала приведено количество значений, попавших в этот и все предшествующие интервалы (накопленные частоты). В третьем и четвертом столбцах *Percent observed* (процент наблюдаемый) и *Cumul. %* (суммарный процент) указаны те же величины, что и предыдущих двух, но исчисленные в процентах. В пятом столбце *Frequency expected* (ожидаемая частота) даны теоретические частоты, соответствующие нормальному распределению.

Параметр p -уровень значимости критерия (таблица 5), определяющего вероятность ошибки при отклонении гипотезы о нормальности, достигает 0,99089 (что значительно больше 0,05), поэтому вероятность ошибки достаточно велика, и гипотеза о соответствии закона распределения нормальному распределению отклоняется. Гипотеза

о соответствии закона распределения равномерному распределению принимается, так как параметр p -уровень значимости критерия (таблица 6), определяющего вероятность ошибки при отклонении гипотезы о нормальности, достигает 0,20021 (что значительно больше 0,05).

В итоге, принимается гипотеза о соответствии закона модельного распределения равномерно-му распределению (рисунок 4), поскольку рассчитанный параметр p -уровень значимости критерия (таблица 7), определяющего вероятность ошибки при отклонении гипотезы о нормальности, достигает 0,99256 (что значительно больше 0,05). Сравнение значений критерия мощности Пирсона во всех вариантах выборок генерированной случайной величины показало закономерность повышения вероятности того, что проверяемая случайная величина имеет предполагаемый закон распределения при переходе от равномерного распределения к нормальному и модельному нормальному распределению.

Выводы

Таким образом, проведение подбора закона распределения случайной величины числа падения пшеничной муки путем аппроксимирования ее эмпирического распределения позволило оценить

достоверность результатов эксперимента с отклонением нулевой гипотезы при проверке отклонения распределения вероятностей от нормального распределения. Осуществление статистического моделирования на основе алгоритма генерации случайного числа с целью получения выборок данных измерения числа падения, подчиняющихся известным законам распределения, показало закономерность повышения вероятности того, что проверяемая случайная величина имеет предполагаемый закон распределения при переходе от равномерного распределения к нормальному и модельному равномерному распределению. В результате вычислений принимается гипотеза о соответствии закона модельного распределения равномерному распределению, поскольку рассчитанный параметр p -уровень значимости критерия, определяющий вероятность ошибки при отклонении гипотезы о нормальности, достигает 0,99256 (что значительно больше 0,05). К доводам, позволившим прибегнуть к аппроксимированию эмпирического распределения случайной величины числа падения пшеничной муки, можно отнести целесообразность применения стандартизированных статистических подходов для оценки неопределенности измерений, что необходимо при выполнении измерений показателя в условиях испытательных и калибровочных лабораторий качества зерна и зернопродуктов.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

- Александровская, Л. Н., & Кузнецов А. (2010). Использование нормального закона распределения вероятностей в задачах оценки соответствия. *Законодательная и прикладная метрология*, 1, 5-12.
- Ахназарова, С. Л., & Кафаров, В. В. (1985). *Методы оптимизации эксперимента в химической технологии* (2-е изд.). М.: Высшая школа.
- Грачев, Ю. П., & Плаксин, Ю. М. (2005). *Математические методы планирования эксперимента*. М.: ДеЛи принт.
- Гродзенский, Я. С. (2009а). Измерение показателей качества путем рационализации процедуры статистического регулирования технологических процессов. *Измерительная техника*, 7, 15-16.
- Гродзенский, Я. С. (2009б). Применение оптимальных статистических последовательных критериев для контроля технологических процессов. *Метрология*, 5, 3-9.
- Зеленский, Г. С., & Марьянова, А. И. (1999). Нормативы для пшеничной муки по «числу падения». *Хлебопродукты*, 2, 14.
- Зотова, Н. Б., Соседов, Н. И., & Вакар, А. Б. (1975). Изменение осахаривающей способности и «числа падения» в муке из нормальной и поврежденной клопом-черепашкой в разные фазы созревания пшеницы. *Хранение и переработка зерна*, 1, 14-15.
- Козьмина, Н. П., & Воронова, Е. А. (1968). *Современные методы контроля свойств муки и улучшения качества хлеба*. М.: ЦИНТИПИЩЕПРОМ.
- Косован, А. П. (2008). *Сборник современных технологий хлебобулочных изделий*. М.: Московская типография № 2.
- Крупнов, В. А., & Крупнова О. В. (2015). Подходы по улучшению качества зерна пшеницы: селекция на число падения. *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 19(1), 604-612. <https://doi.org/10.18699/VJ15.077>
- Левин, С. Ф. (2021). Вероятностное распределение — полное описание неопределенности. *Законодательная и прикладная метрология*, 5, 3-12.
- Лущик, Т. В. (2002). Разработка метода контроля и регулирования автолитической активности пшеничной муки. *Хлебопечение России*, 4, 20-22.
- Марьянова, А. И., Царькова, Н., & Шелковников М. (1996). Определение амилолитической активности зерна и муки по числу падения на приборе ПЧП-3. *Хлебопродукты*, 9, 19-20.
- Мелешкина, Е. П. (2005). Связь числа падения со свойствами углеводно-амилазного комплекса муки. *Хлебопродукты*, 9, 28-31.
- Панарина, С. Н., Сапожникова, А. В., & Яковлева, Н. Л. (2017). Проверка статистических гипотез и оценка параметров распределений на базе эталонных выборок. *Успехи современной науки*, 1, 211-213.
- Панкратьева, И. А., Береш, И. Д., Алексеева, Н. В., Швецова, И. А., & Семикина, Л. И. (1977). Исследование амилолитической активности продуктов помола проросшего зерна пшеницы. *Труды ВНИИЗ*, 87, 79-85.
- Постовалов, С. Н. (2014). *Применение компьютерного моделирования для расширения прикладных возможностей классических методов проверки статистических гипотез* [Докторская диссертация, Новосибирский государственный технический университет]. Новосибирск, Россия.
- Фаустов, А. А. (2016). Проверка гипотезы о нормальном распределении выборки по критерию согласия Пирсона средствами приложения Excel. *Законодательная и прикладная метрология*, 6, 3-9.
- Фаустов, А. А., & Гуреев, П. М. (2020). Экспресс-оценка нормальности распределения результатов измерения по критерию согласия Пирсона.

- Законодательная и прикладная метрология*, 4, 39-43.
- Халафян, А. А. (2007). *STATISTICA 6.0. Статистический анализ данных*. М.: Бином-Пресс.
- Цыплаков, А. С. (1999). «Число падения» и качество хлеба. *Хлебопродукты*, 1, 12-13.
- Червяков, И. В. (2016). *Математическая модель контроля качества на основе теории интервального оценивания* [Кандидатская диссертация, Уральский государственный технический университет]. Новоуральск, Россия.
- Черных, В. Я., Ширшиков, М. А., Белоусова, Е. М., & Лущик, Т. В. (2000). Информационно-измерительная система для оценки хлебопекарных свойств муки. *Хлебопродукты*, 8, 21-25.
- Шмалько, Н. А. (2019). Автолитическая активность пшеничной муки с пониженными хлебопекарными свойствами. *Научные труды КубГТУ*, 59, 41-49.
- Шмалько, Н. А., Бахмет, М. П., & Росляков, Ю. Ф. (2017). *Организация научных исследований*. Краснодар: КубГТУ.
- Codina, G. G., & Leahu, A. (2009). The improvement of the quality of wheat flour with a lower content of α -amylase through the addition of different enzymatic products. *Lucrări Științifice*, 52, 629-635.
- Newberry, M., Zwart, A. B., Whan, A., Mieog, J. C., Sun, M., Leyne, E., Pritchard, J., Daneri-Castro, S. N., Ibrahim, K., Diepeveen, D., Howitt, C. A., & Ral, J-P. F. (2018). Does Late Maturity Alpha-Amylose Impact Wheat Baking Quality? *Frontiers in Plant Science*, 9, 1356 <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01356>
- Rakita, S. M., Torbica, A. M., Dokić, L. P., Tomić, J. M., Pojić, M. M., Hadnadev, M. S., & Hadnadev-Dapčević, T. R. (2015). Alpha-amylase activity in wheat flour and breadmaking properties in relation to different climatic conditions. *Food and Feed Research*, 42(2), 91-99. <https://doi.org/10.5937/FFR1502092R>
- Zarzycki, P., & Sobota, A. (2015). Effect of storage temperature on falling number and apparent viscosity of gruels from wheat flours. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52(1), 437-443. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0975-1>

Selection of the Distribution Law for the Falling Number of Wheaten Flour

Natalya A. Shmalko

Kuban State Technological University
2 "G", Moskovskaya st., bldg., 350072, Krasnodar, Russian Federation
E-mail: kafedra-tith@yandex.ru

When making measurements in an experiment, their reliability is largely determined by the accuracy of the sample data obtained, which are random numbers. In the applied problem of measuring a random variable, at the initial stage of statistical data processing, descriptive statistics are resorted to in order to study the numerical characteristics of the measured feature, then they prove that the empirical distribution of the random variable belongs to the theoretical one using the criteria of agreement. The purpose of this research was to study the possibility of selecting a theoretical distribution of a random value of the falling number of wheat flour by approximating its empirical distribution. The object of the research was a sample of wheat baking flour of the second grade with reduced autolytic activity (the falling number in the sample is not lower than 407 c). The measurement of the falling number of wheat flour was carried out under the conditions required by GOST ISO 3093-2016 and the recommendations of specialists. To determine the numerical characteristics of the falling number and its generation, the *Data Analysis* module in the MS Excel 2007 application package was used, the approximation of the empirical distribution was carried out by the distribution fitting tool in the STATISTICA 7.0 Eng program. Checking the deviation of the probability distribution from the normal distribution allowed rejecting the null hypothesis in favor of an alternative one at the significance level $\alpha = 0.05$, since the empirical distribution of the values of the falling number measurements ($n = 100$) is distorted ($\sqrt{\beta_1} = 3.92$) and has a large curvature ($\beta_2 = 346.93$) while fulfilling the inequality $\beta_2 \geq (\sqrt{\beta_1})^2 + 1$. As a result, a comparison of the values of the *Pearson* power criterion for sampling the generated random variable showed a pattern of increasing the probability that the random variable being tested has an assumed distribution law from a uniform distribution to a normal and model uniform distribution. Hence, a hypothesis is accepted that the law of the model distribution corresponds to a uniform distribution, since the p -level of significance of the criterion determining the probability of error when rejecting the hypothesis of normality reaches 0.99256 (which is significantly more than 0.05). In this regard, the data obtained in the study will make it possible to clarify the theoretical principle and practical experience of the method of measuring the falling number from the position of estimating the uncertainty of measurements.

Keyword: Distribution law, falling number, wheaten flour, hypothesis, random number generation

References

- Akhnazarova, S. L., & Kafarov, V. V. (1985). *Metody optimizatsii eksperimenta v khimicheskoi tekhnologii* [Methods of experiment optimization in chemical technology] (2nd ed.). Moscow: Vysshaya shkola.
- Aleksandrovskaia, L. N., & Kuznetsov A. (2010). Ispol'zovanie normal'nogo zakona raspredeleniya veroyatnostei v zadachakh otsenki sootvetstviya [The use of the normal probability distribution law in conformity assessment problems]. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya* [Legislative and Applied Metrology], 1, 5-12.
- Chernykh, V. Ya., Shirshikov, M. A., Belousova, E. M., & Lushchik, T. V. (2000). Informatsionno-izmeritel'naya sistema dlya otsenki khlebopekarnykh svoistv muki [Information and measurement system for evaluating the baking properties of flour]. *Khleboprodukty* [Bakery Products], 8, 21-25.
- Chervyakov, I. V. (2016). *Matematicheskaya model' kontrolya kachestva na osnove teorii interval'nogo otsenivaniya* [Mathematical model of quality control based on the theory of interval estimation] [Candidate Dissertation, Ural'skii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet]. Novoural'sk, Russia.
- Fayustov, A. A. (2016). Proverka gipotezy o normal'nom raspredelenii vyborki po kriteriyu soglasiya Pirsona sredstvami prilozheniya Excel [Testing the hypothesis of the normal distribution of the sample according to the Pearson agreement criterion by means of the Excel application]. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya* [Legislative and Applied Metrology], 6, 3-9.
- Fayustov, A. A., & Gureev, P. M. (2020). Ekspress-otsenka normal'nosti raspredeleniya rezul'tatov izmereniya po kriteriyu soglasiya Pirsona [Express assessment of the normality of the distribution of measurement results according to the

- Pearson agreement criterion]. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya* [Legislative and Applied Metrology], 4, 39-43.
- Grachev, Yu. P., & Plaksin, Yu. M. (2005). *Matematicheskie metody planirovaniya eksperimenta* [Mathematical methods of experiment planning]. Moscow: DeLi print.
- Grodzenskii, Ya. S. (2009a). Izmerenie pokazatelei kachestva putem ratsionalizatsii protsedury statisticheskogo regulirovaniya tekhnologicheskikh protsessov [Measurement of quality indicators by rationalizing the procedure of statistical regulation of technological processes]. *Izmeritel'naya tekhnika* [Measuring Equipment], 7, 15-16.
- Grodzenskii, Ya. S. (2009b). Primenenie optimal'nykh statisticheskikh posledovatel'nykh kriteriev dlya kontrolya tekhnologicheskikh protsessov [Application of optimal statistical sequential criteria for the control of technological processes]. *Metrologiya* [Metrology], 5, 3-9.
- Khalafyan, A. A. (2007). *STATISTICA 6.0. Statisticheskii analiz dannykh* [STATISTICA 6.0. Statistical data analysis]. Moscow: Binom-Press.
- Kosovan, A. P. (2008). *Sbornik sovremennykh tekhnologii khlebobulochnykh izdelii* [Collection of modern technologies of bakery products]. Moscow: Moskovskaya tipografiya № 2.
- Koz'mina, N. P., & Voronova, E. A. (1968). *Sovremennyye metody kontrolya svoistv muki i uluchsheniya kachestva khleba* [Modern methods of controlling the properties of flour and improving the quality of bread]. Moscow: TsINTIPISHchEPRM.
- Krupnov, V. A., & Krupnova O. V. (2015). Podkhody po uluchsheniyu kachestva zerna pshenitsy: selektsiya na chislo padeniya [Approaches to improve the quality of wheat grain: selection for the falling number]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 19(1), 604-612. <https://doi.org/10.18699/VJ15.077>
- Levin, S. F. (2021). Veroyatnostnoe raspredelenie - polnoe opisanie neopredelennosti [Probability distribution - a complete description of uncertainty]. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya* [Legislative and Applied Metrology], 5, 3-12.
- Lushchik, T. V. (2002). Razrabotka metoda kontrolya i regulirovaniya avtoliticheskoi aktivnosti pshenichnoi muki [Development of a method for monitoring and regulating the autolytic activity of wheat flour]. *Khlebopechenie Rossii* [Bakery in Russia], 4, 20-22.
- Mar'yanova, A. I., Tsar'kova, N., & Shelkovnikov M. (1996). Opredelenie amiloliticheskoi aktivnosti zerna i muki po chislu padeniya na pribore PChP-3 [Determination of the amylolytic activity of grain and flour by the number of drops on the PPP-3 device]. *Khlebobrodukty* [Bakery Products], 9, 19-20.
- Meleshkina, E. P. (2005). Svyaz' chisla padeniya so svoistvami uglevodno-amilaznogo kompleksa muki [The relationship of the falling number with the properties of the carbohydrate-amylase complex of flour]. *Khlebobrodukty* [Bakery Products], 9, 28-31.
- Panarina, S. N., Sapozhnikova, A. V., & Yakovleva, N. L. (2017). Proverka statisticheskikh gipotez i otsenka parametrov raspredelenii na baze etalonykh vyborok [Verification of statistical hypotheses and estimation of distribution parameters based on reference samples]. *Uspekhi sovremennoi nauki* [Successes of Modern Science], 1, 211-213.
- Pankrat'eva, I. A., Beresh, I. D., Alekseeva, N. V., Shvetsova, I. A., & Semikina, L. I. (1977). Issledovanie amiloliticheskoi aktivnosti produktov pomola prorosshego zerna pshenitsy [Investigation of the amylolytic activity of the milling products of sprouted wheat grain]. *Trudy VNIIZ* [Proceedings of the All-Russian Research Institute of Grain and its Processing Products], 87, 79-85.
- Postovalov, S. N. (2014). *Primenenie komp'yuternogo modelirovaniya dlya rasshireniya prikladnykh vozmozhnostei klassicheskikh metodov proverki statisticheskikh gipotez* [The use of computer modeling to expand the application capabilities of classical methods for testing statistical hypotheses] [Doctoral Dissertation, Novosibirskii gosudarstvennyi tekhnicheskikh universitet]. Novosibirsk, Russia.
- Shmal'ko, N. A. (2019). Avtoliticheskaya aktivnost' pshenichnoi muki s ponizhennymi khlebopekarnymi svoistvami [Autolytic activity of wheat flour with reduced baking properties]. *Nauchnye trudy KubGTU* [Scientific works of the Kuban State Technological University], S9, 41-49.
- Shmal'ko, N. A., Bakhmet, M. P., & Roslyakov, Yu. F. (2017). *Organizatsiya nauchnykh issledovaniy* [Organization of scientific research]. Krasnodar: KubGTU.
- Tsyplakov, A. S. (1999). "Chislo padeniya" i kachestvo khleba ["The falling number" and the quality of bread]. *Khlebobrodukty* [Bakery Products], 1, 12-13.
- Zelenskii, G. S., & Mar'yanova, A. I. (1999). Normativy dlya pshenichnoi muki po «chislu padeniya» [Standards for wheat flour according to the «falling number»]. *Khlebobrodukty* [Bakery Products], 2, 14.
- Zotova, N. B., Sosedov, N. I., & Vakar, A. B. (1975). Izmenenie osakharivayushchei sposobnosti i «chisla padeniya» v muke iz normal'noi i povrezhdennoi klopom-cherepashkoi v raznye fazy sozrevaniya pshenitsy [Changes in the saccharifying ability and the «falling number» in flour from normal and damaged bug-turtle in different phases of wheat ripening]. *Khranenie i pererabotka zerna* [Grain storage and Processing], 1, 14-15.

- Codina, G. G., & Leahu, A. (2009). The improvement of the quality of wheat flour with a lower content of α -amylase through the addition of different enzymatic products. *Lucrări Științifice*, 52, 629-635.
- Newberry, M., Zwart, A. B., Whan, A., Mieog, J. C., Sun, M., Leyne, E., Pritchard, J., Daneri-Castro, S. N., Ibrahim, K., Diepeveen, D., Howitt, C. A., & Ral, J-P. F. (2018). Does Late Maturity Alpha-Amylose Impact Wheat Baking Quality? *Frontiers in Plant Science*, 9, 1356 <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01356>
- Rakita, S. M., Torbica, A. M., Dokić, L. P., Tomić, J. M., Pojić, M. M., Hadnadev, M. S., & Hadnadev-Dapčević, T. R. (2015). Alpha-amylase activity in wheat flour and breadmaking properties in relation to different climatic conditions. *Food and Feed Research*, 42(2), 91-99. <https://doi.org/10.5937/FFR1502092R>
- Zarzycki, P., & Sobota, A. (2015). Effect of storage temperature on falling number and apparent viscosity of gruels from wheat flours. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52(1), 437-443. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0975-1>

Твердофазная ферментация целлюлозосодержащего сырья с использованием дрожжей

Каночкина Мария Сергеевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

Общество с ограниченной ответственностью «Микробные нутриенты
иммунокорректоры» научный руководитель биотехнологических проектов

Адрес: 125438, г. Москва, 2-й Лихачевский пер, 2а, офис 47

E-mail: kanoch@yandex.ru

Борисенко Евгений Георгиевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: Beginna1939@gmail.com

Крючкова Елизавета Романовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: kruchkovaer@gmail.com

Бакаева Карина Витальевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: k.bakaeva1999@gmail.com

Савельева Анна Сергеевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: Anna.savelev@yandex.ru

В работе представлен прототип технологии твердофазного культивирования, который позволяет получать продукты, содержащие высокий уровень дрожжевой биомассы. В этой связи полученные продукты могут обладать функциональными свойствами. В качестве субстратов использовались петрушка и сенная мука, относящиеся к легко возобновляемому типу сырья. В ходе исследования была показана возможность роста на указанных субстратах различных штаммов дрожжей: производственных, музейных и выделенных из самого сырья. В качестве контроля использовали широко известный пробиотический штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* (препарат «Энтерол»). Наибольший прирост биомассы дрожжей наблюдали на петрушке, максимальный результат получен с использованием штамма *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* Я1 – 3,4* дрожжевых клеток в 1 г субстрата. В случае с сенной мукой – максимум при росте штамма *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* N2, выделенного непосредственно из субстрата, – 0,7* дрожжевых клеток в 1 г субстрата. Контрольный штамм дрожжей показал средние результаты – 0,8* дрожжевых клеток в 1 г субстрата. Полученные данные могут свидетельствовать о целесообразности использования разрабатываемого прототипа технологии твердофазной ферментации, в том числе для культивирования промышленных штаммов дрожжей, и ценности петрушки, как субстрата для нее.

Ключевые слова: целлюлозосодержащее сырье, пищевая биотехнология, дрожжи, *Saccharomyces boulardii*, *Pichia*, твердофазная биоконверсия, нутриенты, микробный белок

Введение

Основной проблемой пищевого рациона современного общества является нехватка белка. Белки выступают в качестве структурных единиц, участвующих в строении клетки. Их недостаток ведет к снижению иммунитета и делает человека уязвимым по отношению к вирусам. Необходимое количество потребляемого белка зависит от пола, возраста и массы тела, а также региона проживания людей. При этом значимыми показателями являются качество белка, определяемое наличием в нем полного набора незаменимых аминокислот, их соотношением, и его усвояемость¹. В растительных белках, как правило, имеется дефицит одной или нескольких незаменимых аминокислот, а производство белков животного происхождения, характеризующихся высокой усвояемостью и близостью по составу к эталонному белку, высокозатратно.

За последние 10 лет производство растительного и животного белка значительно возросло, однако дефицит всё равно сохраняется (Омарова & Омаров, 2016). Вышеуказанные факторы способствуют разработке иных способов его получения, например, с помощью микробной биоконверсии целлюлозосодержащего сырья.

Моделирование процесса переработки целлюлозосодержащего растительного сырья микроорганизмами – перспективное направление для получения продуктов с наибольшей пищевой ценностью и функциональными свойствами. При

этом микробный белок может служить альтернативой растительному и особенно животному белку, так как не уступает ему по аминокислотному составу.

Теоретическое обоснование

Промышленная ферментация разделена на 2 способа: глубинный и твердофазный. Невысокий выход целевого продукта, содержащего биомассу клеток, существенные энергозатраты и большое количество трудно утилизируемых отходов препятствуют нормальному протеканию глубинного культивирования. Однако в подавляющем большинстве работ (Серба и др., 2018; Поляков & Погоржельская, 2017; Серба, 2015; Римарева, 2012) используется глубинное культивирование.

Для решения указанных проблем возможно использовать более эффективный способ биоконверсии – твердофазный. Рентабельность твердофазного культивирования (Долгуниев и др., 2019; Кулешов и др., 2015; Каночкина, 2011; Текутьева и др., 2018; Смирнов и др., 2009) основывается на:

- уменьшении влажности субстрата для культивирования, что исключает возможность контаминации целевого продукта;
- поддержании естественных условий для культивирования;
- постоянном доступе кислорода во время культивирования;

Таблица 1

Аминокислотный состав белков (Волова & Барашков, 2010)

Аминокислота, % от сухого вещества клетки	Дрожжи	Водоросли	Казеин (стандарт)
Валин	6,38	5,41	5,72
Лизин	7,02	5,98	7,33
Изолейцин	4,47	3,55	4,10
Метионин	2,63	2,16	2,47
Триптофан	1,40	1,58	1,32
Треонин	5,29	4,88	4,22
Фенилаланин	4,42	4,41	4,62
Лейцин	8,60	8,91	9,39
Содержание незаменимых аминокислот от общего белка, %	40,21	36,88	39,17

¹ МР 2.3.1.0253-21. (2021). Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/>

- использовании экономически выгодных субстратов;
- снижении энергозатрат;
- увеличении выхода целевого продукта.²

Одновременно существуют и особенности твердофазного культивирования, в основном, сложность обеспечения доступа кислорода воздуха в массу увлажненного субстрата, что существенно ограничивает высоту его слоя и производительность применяемых для биоконверсии конструкций ферментеров. Однако данная проблема находит технологическое решение в настоящее время в связи с внедрением в практику нового оборудования и различных технологических схем.

Активно разрабатываются возможности внедрения твердофазного культивирования, как одного из элементов большой технологической цепочки, содержащей несколько жидкофазных ферментеров разного объема (Текутьева и др., 2018). Авторами предложена принципиальная схема технологического комплекса производства кормового белка с целью увеличения масштаба производства кормов и белковых концентратов при условии снижения их себестоимости за счет снижения энергетических и тепловых затрат на ферментацию в 7 раз.

Получение инновационных биопрепаратов пищевого и кормового назначения, содержащих комплекс биологически ценных веществ, является одним из основных направлений использования вторичных сырьевых ресурсов агропромышленного комплекса. При этом в качестве субстратов возможно использовать часто употребляемые в рацион продукты, обогащая их продуктами метаболизма дрожжей.

Таким образом, указанные выше преимущества технологии твердофазного культивирования обосновывают поставленные нами цели научно-исследовательских разработок:

Разработка прототипа технологии твердофазного культивирования дрожжей на целлюлозосодержащем сырье. Подбор вновь выделенных штаммов-продуцентов биологически активных веществ и контрольных штаммов для ферментации, способных наращивать биомассу на перспективном целлюлозосодержащем сырье кормового и пищевого значения.

Целлюлозосодержащее сырье (далее – ЦСС) перспективно для использования в качестве питательных

сред для микроорганизмов, поскольку относится к возобновляемому типу сырья. Это серьезное преимущество в пищевой, кормовой и фармацевтической промышленности. Основные компоненты ЦСС: целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин (Макарова & Будаева, 2016; Борисенко и др., 2012).

Целлюлоза – опорный полисахарид, образованный остатками D-глюкозы, связанными β -1,4-гликозидными связями. Полисахаридные цепи соединяются водородными связями, образуя микрофибриллы, которые группируются в фибриллы и формируют волокна целлюлозы. Такая структура позволяет целлюлозе быть устойчивой по отношению к растворителям и, частично, к гидролитическому распаду ферментами (Хоанг, 2018). Например, для её гидролиза требуются высокие температуры порядка 200 °C (Григорьева & Харина, 2016).

Гемицеллюлозы – гетерогенные полисахариды, представляющие собой короткие разветвленные полимеры, построенные из остатков пентоз (ксилозы и арабинозы) и некоторых гексоз (глюкозы, галактозы и маннозы). Отличительной особенностью гемицеллюлозы по сравнению с целлюлозой является её способность набухать в воде, при этом не растворяясь в ней. Гемицеллюлозы также подвержены гидролизу, но при менее высоких температурах. Кроме того, для гемицеллюлоз характерен неравномерный гидролиз, так как в их состав входят быстро и медленно гидролизующиеся фракции (Григорьева & Харина, 2016).

Лигнин – сложное полимерное вещество, представляющее собой полифенол переменного состава. Он окружает волокна гемицеллюлозы, образуя защитный барьер, который предотвращает разрушение клеточных стенок растения микроорганизмами (Чекушина, 2013). Когда целлюлоза попадает в желудок, она сильно разбухает и вызывает ощущение сытости. Поскольку пищевые волокна не усваиваются в желудке, то сразу переходят в кишечник и являются хорошим стимулятором для роста облигатной микрофлоры. Кроме этого, целлюлоза выводит лишний холестерин и сахар.

В настоящей работе в качестве ЦСС кормового назначения для твердофазной ферментации нами была рассмотрена сенная мука, в качестве ЦСС пищевого назначения – петрушка обыкновенная. Выбор обусловлен несколькими факторами. Сенная мука по пищевой ценности приближена к зерновым кормам, а по содержанию минеральных веществ и

² Борисенко, Е. Г., & Каночкина, М. С. (2012). Патент РФ 2502795. Способ получения сухого полимикробного продукта для использования в пищевой промышленности. Россия. https://yandex.ru/patents/doc/RU2502795C2_20131227

витаминов превосходит их. Питательность сена зависит от ботанического состава растений, сроков и методов уборки, а также продолжительности сушки (Горин, 2011; Сариев и др., 2019). Петрушка обыкновенная (*Petroselinum crispum*) – многолетнее растение из семейства зонтичных. Это пищевое растение, полезные свойства которого были известны ещё с древности. Её используют в лечебных целях, как противовоспалительное и мочегонное средство, а также при болезнях желудочно-кишечного тракта. Её польза обусловлена богатым химическим составом (Кароматов & Кулдошева, 2018). В настоящей работе показана возможность накопления микробной биомассы методом твердофазной ферментации на негидролизованном целлюлозосодержащем сырье: петрушке и сенной муке.

Материалы и методы исследования

Научно-исследовательская работа проводилась на базе кафедры «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза» ФГБОУ ВО «МГУПП».

Материалы

Субстраты. В качестве целлюлозосодержащего сырья были использованы: сенная мука и из-

мельченная петрушка. Оба субстрата являются непосредственными источниками питания: сенная мука – для животных и петрушка – для человека. Химический состав сырья представлен в Таблицах 2 и 3.

Штаммы. В качестве продуцентов для твердофазного культивирования целлюлозосодержащего сырья использовали:

- штамм дрожжей *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* Я1 из коллекции кафедры «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза» ФГБОУ ВО «МГУПП»;
- штамм дрожжей *Candida friedricchi*, выделенный из молочнокислого продукта Айран (ООО «ФУД МИЛК») – использовался нами как контрольный производственный штамм;
- штаммы дрожжей, вновь выделенные непосредственно из самого сырья (сенная мука, петрушка), в том числе *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* N2, отнесенный к данному виду методом ПЦР анализа;
- производственный штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* (препарат «Энтерол»), обладающий пробиотическими свойствами (Kaźmierczak-Siedlecka et al., 2020) – использовался нами как контрольный производственный штамм.

Таблица 2
Химический состав сена лугового³

Содержание веществ на 100 г								
Сухого в-ва, %	Сырого протеина, %	Сырого жира, %	Сырой золы, %	Сырой клетчатки, %	Са, %	Р, %	Каротина, мг	Безазотистые экстрактивные вещества, %
80,4	6,8	2,1	6,7	28,1	0,8	0,2	12	36,0

Таблица 3
Химический состав *Petroselinum crispum*⁴

Содержание веществ на 100 г								
Белки, %	Жиры, %	Ненасыщенные жирные кислоты, %	Углеводы, %	Зола, %	Пищевые волокна, %	Массовая доля монодисахаридов, %	Органические кислоты, %	Крахмал, %
3,7	0,4	0,1	7,6	1,1	2,1	6,4	0,1	1,2
Содержание микро- и макроэлементов на 100 г								
К, мг	Са, мг	Si, мг	Mg, мг	Na, мг	S, мг	Р, мг	Cl, мг	Zn, мг
800	245	15	85	34	29,7	95	160	1,07

³ ГОСТ Р 55452-2013. (2014). *Сено и сенаж. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

⁴ Скурихин, И. М., & Тутельян, В. А. (2002). *Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник*. М.: ДеЛи принт.

Методы и процедура исследования

Приготовление субстрата. Сенную муку готовят из молодой травы в период бутонизации. Измельченную траву высушивают при температуре 30–40 °С в сушилках до уровня влажности не более 15%. Трава высушивается за счет конвекции теплого воздуха. При таком приготовлении сенной муки потери питательных веществ минимальны.

Подготовка сырья для исследования проходила следующим образом: растения сушили при комнатной температуре в течение 3–4-х суток, затем измельчали в бытовой кофемолке Bosch до размера частиц не более 5 мм, насыпали по 5 г в стеклянные чашки Петри и стерилизовали в соответствии с общепринятыми нормами методов и условий стерилизации, используемых при получении стерильных средств, в том числе лекарственных⁵, в автоклаве при температуре 120 °С в течение 30-ти минут.

Засев субстрата. Для работы применялась подготовленная сенная мука и петрушка в количестве 5 грамм на чашку Петри. Приготовление субстрата вели, как описано выше. После автоклавирования чашки Петри с сырьем охлаждали до комнатной температуры и засевали суспензиями штаммов дрожжей, посевная доза – 1* КОЕ/г субстрата. Засев проводили равномерно по всей площади субстрата, активно перемешивали.

Выделение чистых культур дрожжей из субстратов. Для выделения чистых культур дрожжей брали навеску измельченной сушеной петрушки и сенной муки, смешивали со стерильной водой. Из полученной суспензии проводили отбор пробы петлей и высевали на чашку Петри с заранее подготовленной средой. В качестве питательной среды для чашек Петри использовалась среда №2 ГРМ (Сабура), производства ФГУН «ГНЦ ПМБ» Роспотребнадзора. После засева чашки термостатировали в течение 3-х суток до появления гладких белых колоний на поверхности среды. Для подтверждения полученные культуры микроскопировали и идентифицировали. Идентификацию дрожжей проводили методом полимеразной цепной реакции (ПЦР-анализа).

Культивирование. Ферментацию проводили в чашках Петри в растительной камере твердофазным способом с доступом воздуха при оптимальной температуре роста дрожжей 30 °С в течение 2-х су-

ток. Влажность субстрата (измельченная петрушка или сено) при культивировании составляла 60%. Влажность измеряли до засева культурой микроорганизмов на приборе Чижовой. Посевная доза – 1* КОЕ/г субстрата.

Подсчет клеток. Продуктивность твердофазного культивирования исследовали методом прямого подсчета клеток в камере Горяева⁶. Подсчет осуществляли через 0, 24 и 48 часов после начала ферментации. Эксперимент проводился трижды.

Анализ данных

Статистическую обработку результатов исследований и математический анализ экспериментальных данных проводили путем определения среднего значения искомой величины из 3-х повторностей, среднеквадратичного отклонения и доверительного интервала при помощи программного пакета Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Работы по получению биопродуктов твердофазными методами ведутся преимущественно с использованием мицелиальных грибов, в том числе *Aspergillus oryzae*, подробно процесс рассмотрен в научно-исследовательской работе (Серба и др., 2017).

По данным исследований (Борисенко и др., 2019; Utama et al., 2019; Ordoñez-Araque et al., 2020) наиболее перспективными для роста на вторичном сырье агропромышленного комплекса, в том числе целлюлозосодержащем, в условиях твердофазного культивирования являются дрожжеподобные грибы рода *Pichia*. Штаммы дрожжей, вновь выделенные нами непосредственно из самого сырья (сенная мука, петрушка), в том числе *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* N2, отнесены методом ПЦР как раз к указанному роду. Это подтверждает целесообразность их использования в качестве продуцентов микробной биомассы при разработке прототипа технологии твердофазной биоконверсии ЦСС. Кроме того, в работе (Самбук и др., 2019) была дана характеристика перспектив дрожжевых культур, продуцирующих киллер-токсины, и обосновано их широкое применение в пищевой промышленности, в агро- и аквакультурах как биопротективный агент, а также в медицине. Одним из представителей, продуцирующих кил-

⁵ ОФС.1.1.0016.15. Общие фармакопейные статьи. Стерилизация. <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-1-0016-15-sterilizatsiya/>

⁶ Красникова, Л. В., & Гунькова, П. И. (2016). *Общая и пищевая микробиология: Учебное пособие* (ч. 1). СПб.: Университет ИТМО.

лер-токсины является род *Pichia*, включая виды *Pichia anomala*, *Pichia guilliermondii*, что также подтверждает наш выбор продуцентов для технологических решений.

На Рисунке 1 отчетливо виден прирост биомассы дрожжей *Meyerozyma guilliermondii* N2 через 48 часов культивирования – 0,7* дрожжевых клеток в 1 г субстрата практически на два порядка. Другие штаммы дрожжей, включая контрольные, используемые в исследовании, также показали хороший прирост биомассы, что говорит об относительной универсальности разрабатываемой технологии. Разница между максимальным значением по приросту биомассы у дрожжей *Meyerozyma guilliermondii* N2 и наименьшим значением у штамма *Meyerozyma guilliermondii* Я1 составляет порядка 60%. Эти результаты могут лечь в основу разработки прототипа технологии твердофазной биоконверсии на сенной муке.

В процессе культивирования микроорганизмы выделяют в ферментационную среду продукты своей жизнедеятельности, количественный и качественный их состав зависит, в том числе, от состава среды. При этом твердые субстраты обычно дают все питательные вещества, необходимые для роста аэробных микроорганизмов, таким образом, позволяя использовать более простые, экономически выгодные составы ферментационных сред и повышая выход биомассы. Таким образом гетерогенные среды скорее всего могут быть более эф-

фективными для использования в процессе роста и накопления биомассы дрожжами.

Наше предположение подтверждают отдельные исследования (Омельченко и др. 2017; Серба и др., 2018), которые отмечают стимулирующую роль гетерофазности среды для процесса глубинного культивирования на рост и накопление биомассы микроорганизмами. Ферментационная среда, предложенная авторами, многокомпонентная и также содержит целлюлозосодержащий компонент – пшеничные отруби. В качестве продуцентов для исследований использовали штаммы каротиноидных дрожжей рода *Rhodospiridium*, дрожжеподобных грибов рода *Candida*, дрожжей рода *Saccharomyces*.

Широкоизвестный производственный штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* из препарата «Энтерол», относящийся к вышеуказанному роду и обладающий пробиотическими свойствами, был использован нами как один из контрольных.

Для ферментации с целью получения биопрепаратов пищевого назначения, в качестве сырья использовали петрушку, Рисунок 2. Нами отмечен общий прирост биомассы дрожжей, в большей степени *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* Я1, через 48 часов ферментации – 3, 4* дрожжевых клеток в 1 г субстрата. При этом необходимо отметить существенное накопление биомассы в целом всеми штаммами по сравнению с результатами твердофазного куль-

Твердофазное культивирование на сенной муке

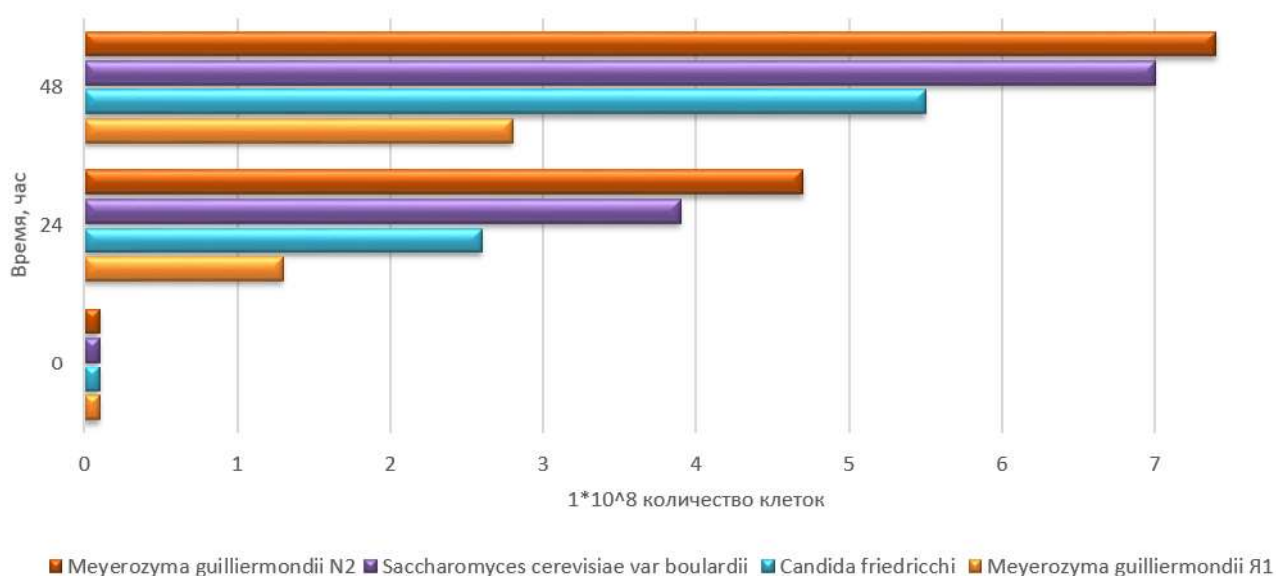


Рисунок 1.



Рисунок 2.

тивирования на сенной муке. Это может быть вызвано богатым химическим составом субстрата. Содержащиеся в петрушке белки, моно- и дисахариды, а также макро- и микроэлементы способствуют росту и развитию микробных культур без добавления обогатителей: неорганических солей или других всевозможных промышленных отходов.

Контрольные штаммы – пробиотический штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* и промышленный штамм дрожжей, выделенный из продукта Айран компании ООО «ФУД МИЛК» – также показали прирост биомассы на твердофазном субстрате: для *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* прирост биомассы через 48 часов составил 0,8* дрожжевых клеток в 1 г субстрата, для штамма дрожжей из Айрана – 1,1* дрожжевых клеток в 1 г петрушки. Это в 3 раза меньше, чем прирост биомассы при использовании штамма *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* Я1. Следует отметить, что для биологически активных добавок с содержанием дрожжевых клеток более в 1 г субстрата уже показаны лечено-профилактические эффекты^{7,8}.

Таким образом отмечен высокий экспоненциальный рост биомассы у штамма *Meyerozyma*

(*Pichia*) *guilliermondii* Я1 на 2-е сутки культивирования – прирост биомассы в 4 раза, – в то время как прирост биомассы других используемых нами штаммов был в 2 раза. Предполагаем, что такая высокая продуктивность связана именно со штаммовыми характеристиками и требует дальнейшего исследования в расширенных экспериментах.

Выводы

Использование дрожжей для твердофазной ферментации целлюлозосодержащего сырья перспективно, поскольку позволяет получать высокий выход биомассы штаммов дрожжей.

Несмотря на неприхотливость и доступность таких растений, как петрушка и составляющие сена, твердофазные субстраты, получаемые из них, имеют в составе необходимые питательные вещества и способны обеспечивать рост, развитие микроорганизмов без дополнительных добавок.

Для получения биопрепаратов кормового назначения целесообразно использовать в качестве субстратов сенную муку – в связи с объемами этого

⁷ Кулемин, Л. М., & Чичерин, И. Ю. (2002). Патент РФ 2206330. Средство, обладающее иммуномодулирующей, энтеросорбционной, антитоксической и противовоспалительной активностью и способ его получения. Россия. https://yandex.ru/patents/doc/RU2206330C1_20030620

⁸ Борисенко, Е. Г., Борисенко, Н. А., Пименов, Е. В., & Юрченко, А. В. (1998). Патент РФ 2102903. Способ производства лечебно-профилактической добавки. Россия. <http://allpatents.ru/patent/2102903.html>

субстрата и традициями кормления животных на территории России, для пищевого назначения – петрушку, основываясь на богатом химическом составе и лечебно-профилактических свойствах растения. При это для каждого субстрата подобран штамм дрожжей, показавший максимальные значения по сравнению с другими используемыми: для сенной муки – *Meyerozyma guilliermondii* N2, для петрушки – *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* Я1.

Разрабатываемый прототип технологии может быть универсален для различных видов дрожжей, в том числе промышленных штаммов, и использоваться при восстановлении крупнотоннажного производства микробных нутриентов для животных и человека.

Благодарности

Авторы выражают подлинную благодарность за помощь в проведении исследований, организационную и методическую поддержку кафедре «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза» ФГБОУ ВО «МГУПП» и научно-исследовательской организации Обществу с ограниченной ответственностью «Микробные нутриенты иммунокорректоры».

Литература

Борисенко, Е. Г., Горин, К. В., Борисенко, Е. А., Нгуен, Ч. З., Чан, В. Т., Каночкина, М. С., & Гулимова, Л. А. (2012). Новые горизонты производства функциональных нутриентов. *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова*, 8(4), 58-60.

Борисенко, Е. Г., Мадзу, О. Б., Пироговская, Е. К., Маслова, Т. А., & Азанова, А. А. (2019). Производство дрожжевых продуктов широкого профиля. *Процессы и аппараты пищевых производств*, 1, 3-9.

Волова, Т. Г., & Барашков, В. А. (2010). Характеристика белков, синтезируемых водородоксилирующими микроорганизмами. *Прикладная биохимия и микробиология*, 46(6), 469-482.

Горин, К. В. (2011). *Разработка технологий микробных полуфабрикатов для напитков на базе агропромышленного сырья* [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.

Григорьева, О. Н., & Харина, М. В. (2016). Кинетика реакции кислотного гидролиза целлюлозы и гемицеллюлоз. *Вестник технологического университета*, 19(11), 182-184.

Долгунин, В. Н., Слепых, А. В., & Пронин, В. А. (2019). К разработке технологии и аппаратного оформления производства субстрата из целлюлозосодержащего сырья. *Вестник Тамбовского государственного технического университета*, 25(4), 595-602. <https://doi.org/10.17277/vestnik.2019.04.pp.595-602>

Каночкина, М. С. (2011). Выживаемость дрожжей в твердофазных культурах. *Пищевая промышленность*, 6, 54-55.

Кароматов, И. Д., & Кулдошева, Д. Р. (2018). Петрушка огородная - как лечебное и профилактическое средство. *Биология и интегративная медицина*, 4, 211-223.

Кулишов, Б. А., Туан, Л. А., & Канарский, А. В. (2015). Утилизация отходов переработки растительного сырья в биореакторах для твердофазной ферментации. *Вестник Казанского технологического университета*, 18(3), 286-290.

Макарова, Е. И., & Будаева, В. В. (2016). Биоконверсия непищевого целлюлозосодержащего сырья. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 6(3), 26-35.

Омарова, К. М., & Омаров, М. С. (2016). Биотехнология получения микробного белка на комплексном растительном сырье. *Grand Altai Research and Education*, 2, 65-69.

Омельченко, Е. С., Аверина, Ю. А., Меньшиков, В. В., & Субчева, Е. Н. (2017). Исследование фильтрационных свойств суспензий, полученных глубинным гетерофазным культивированием дрожжей *Candida tropicalis* СК-4 на растительных субстратах для получения растительного углеводно-белкового корма. *Химия и химическая технология*, 15, 86-88.

Поляков, В. А., & Погоржельская, Н. С. (2017). Инновационное развитие пищевой биотехнологии. *Индустрия питания*, 4, 6-14.

Римарева, Л. В. (2012). Эффективная для животноводства белково-аминокислотная добавка, полученная на основе микробной биомассы. *Ветеринария и кормление*, 6, 47-48.

Самбук, Е. В., Музаев, Д. М., Румянцев, А. М., & Падкина, М. В. (2019). Киллер-токсины дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*: Синтез, механизмы действия и практическое использование. *Экологическая генетика*, 17(3), 59-73. <http://doi.org/10.17816/ecogen17359-73>

Сариев, А. Х., Чербакова, Н. Н., Дербенев, К. В., & Федина, Е. В. (2019). Химический состав растений, произрастающих в зоне влияния промышленных предприятий. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*, 5, 68-73.

Серба, Е. М. (2015). Научно-практические аспекты получения БАД на основе конверсии вторичных биоресурсов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2, 44-50.

- Серба, Е. М., Молчалина, П. Ю., Римарева, Л. В., Оверченко, М. А., Игнатова, Н. И., Борщева, Ю. А., & Соколова, Е. Н. (2017). Ферментированный соус на основе микробной биомассы. *Пищевая промышленность*, 9, 28-30.
- Серба, Е. М., Соколова, Е. Н., Фурсова, Н. А., Волкова, Г. С., Борщева, Ю. А., Кубатова, Е. И., & Куксова, Е. В. (2018). Получение биологически активных добавок на основе обогащенной дрожжевой биомассы. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2, 74-77.
- Смирнов, К. А., Алашкевич, Ю. Д., & Решетова, Н. С. (2009). Особенности твердофазной ферментации. *Химия растительного сырья*, 3, 161-164.
- Текутьева, Л. А., Сон, О. М., Подволоцкая, А. Б., & Скуртол, И. А. (2018). Технологический комплекс производства кормовых белковых концентратов. *Вестник науки и образования*, 12, 7-11.
- Хоанг, К. К. (2018). *Превращения биомассы соломы пшеницы при термообработке в среде ионной жидкости на основе 3-метилимидазола* [Кандидатская диссертация, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева]. Красноярск, Россия.
- Чекушина, А. В. (2013). *Целлюлолитические ферментные препараты на основе грибов Trichoderma, Penicillium и Myceliophthora с увеличенной гидролитической активностью* [Кандидатская диссертация, Институт биохимии имени А. Н. Баха РАН]. М., Россия.
- Alonso, D. M., Wettstein, S. G., & Dumesic, J. A. (2012). Bimetallic catalysts for upgrading of biomass to fuels and chemicals. *Chemical Society Reviews*, 41(24), 8075-8098. <https://doi.org/10.1039/c2cs35188a>
- Kaźmierczak-Siedlecka, K., Ruszkowski, J., Fic, M., Folwarski, M., & Makarewicz, W. (2020). *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745: A non-bacterial microorganism used as probiotic agent in supporting treatment of selected diseases. *Current Microbiology*, 77(9), 1987-1996. <http://doi.org/10.1007/s00284-020-02053-9>
- Ordoñez-Araque, R. H., Landines-Vera E. F., Urresto-Villegas, J. C., & Caicedo-Jaramillo, C. F. (2020). Microorganisms during cocoa fermentation: systematic review. *Foods and Raw Materials*, 8(1), 155-161. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-155-162>
- Utama, G. L., Lestari, W. D., Kayaputri, I. L., & Balia, R. L. (2019) Indigenous yeast with cellulose-degrading activity in napa cabbage (*Brassica pekinensis* L.) waste: Characterisation and species identification. *Foods and Raw Materials*, 7(2), 321-327. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-321-328>

The Yeast Solid-Phase Fermentation of Cellulose-Containing Raw Materials

Marya S. Kanochkina

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
Limited liability company «Microbial nutrients immunocorrectors»
2nd Likhachevsky lane, 2A, office 47, Moscow, 125438, Russian Federation
E-mail: kanoch@yandex.ru

Evgenye G. Borisenko

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: Beginna1939@gmail.com

Elizabeth R. Kruchkova

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: kruchkovaer@gmail.com

Karina V. Bakaeva

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: k.bakaeva1999@gmail.com

Anna S. Savelyeva

Moscow State University of Food Production,
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: Anna.savelev@yandex.ru

We present a prototype of the solid-phase cultivation technology, which allows us to get products containing a high level of yeast biomass. In this regard, the resulting products may have functional properties. Parsley and hay flour, which are easily renewable raw materials, were used as substrates. In the course of the study, the possibility of growth of various yeast strains on these substrates was shown: industrial, museum, and isolated from the raw materials. The well-known probiotic yeast strain *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* (Enterol) was used as a control. The greatest increase in yeast biomass was observed on parsley, the maximum result was obtained using the strain *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* Ya1 – 3,4*yeast cells in 1 g of the substrate. In the case of hay flour, the maximum growth of the *Meyerozyma (Pichia) guilliermondii* N2 strain isolated directly from the substrate is 0.7* yeast cells per 1 g of the substrate. The control yeast strain showed average results – 0,8*yeast cells in 1 g of the substrate. It should be noted that for biologically active additives with a yeast cell content of more than 1 g of the substrate, treatment and preventive effects have already been shown. The obtained data may indicate the feasibility of using the developed prototype of solid-phase bioconversion technology, including for the cultivation of industrial yeast strains, and the value of parsley as a substrate for it.

Keywords: cellulose-containing raw materials, food biotechnology, yeast, *Saccharomyces boulardii*, *Pichia*, solid-phase bioconversion, nutrients, microbial protein

References

Borisenko, E. G., Gorin, K. V., Borisenko, E. A.,
Nguen, Ch. Z., Chan, V. T., Kanochkina, M. S., &
Gulimova, L. A. (2012). Novye gorizonty proizvod-

stva funktsional'nykh nutrientov [New horizons
in the production of functional nutrients]. *Vestnik
biotekhnologii i fiziko-khimicheskoi biologii imeni
Yu. A. Ovchinnikova* [Yu. A. Ovchinnikov Bulletin of
Biotechnology and Physico-Chemical Biology], 8(4),
58-60.

- Borisenko, E. G., Madzu, O. B., Pirogovskaya, E. K., Maslova, T. A., & Azanova, A. A. (2019). Proizvodstvo drozhzhevykh produktov shirokogo profilya [Production of yeast products of a wide range]. *Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Processes and Apparatuses of Food Production], 1, 3-9.
- Volova, T. G., & Barashkov, V. A. (2010). Kharakteristika belkov, sinteziruemykh vodorodokislyayushchimi mikroorganizmami [Characterization of proteins synthesized by hydrogen-oxidizing microorganisms]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied Biochemistry and Microbiology], 46(6), 469-482.
- Gorin, K. V. (2011). *Razrabotka tekhnologii mikrobnnykh polufabrikatov dlya napitkov na baze agropromyshlennogo syr'ya* [Development of technologies for microbial semi-finished products for drinks based on agro-industrial raw materials] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Russia.
- Grigor'eva, O. N., & Kharina, M. V. (2016). Kinetika reaktsii kislotnogo gidroliza tsellyulozy i gemitsellyuloz [Kinetics of the Acid Hydrolysis of Cellulose and Hemicelluloses]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 19(11), 182-184.
- Dolgunin, V. N., Slepikh, A. V., & Pronin, V. A. (2019). K razrabotke tekhnologii i apparaturnogo oformleniya proizvodstva substrata iz tsellyulozoderzhashchego syr'ya [On the development of technology and instrumentation for the production of a substrate from cellulose-containing raw materials]. *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tambov State Technical University], 25(4), 595-602. <https://doi.org/10.17277/vestnik.2019.04.pp.595-602>
- Kanochkina, M. S. (2011). Vyzhivaemost' drozhzhei v tverdogaznykh kul'turakh [Survival of yeast in solid phase cultures]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 6, 54-55.
- Karomatov, I. D., & Kuldosheva, D. R. (2018). Petrushka ogorodnaya - kak lechebnoe i profilakticheskoe sredstvo [Garden parsley - as a therapeutic and prophylactic agent]. *Biologiya i integrativnaya meditsina* [Biology and Integrative Medicine], 4, 211-223.
- Kulishov, B. A., Tuan, L. A., & Kanarskii, A. V. (2015). Utilizatsiya otkhodov pererabotki rastitel'nogo syr'ya v bioreaktorakh dlya tverdogaznoi fermentatsii [Utilization of Waste Processing of Vegetable Raw Materials in Bioreactors for Solid-Phase Fermentation]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 18(3), 286-290.
- Makarova, E. I., & Budaeva, V. V. (2016). Biokonversiya nepishchevogo tsellyulozoderzhashchego syr'ya [Bioconversion of non-food cellulose-containing raw materials]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* [News of Higher Educational Institutions. Applied Chemistry and Biotechnology], 6(3), 26-35.
- Omarova, K. M., & Omarov, M. S. (2016). Biotekhnologiya polucheniya mikrobnogo belka na kompleksnom rastitel'nom syr'e [Biotechnology for obtaining microbial protein on complex plant raw materials]. *Grand Altai Research and Education* [Grand Altai Research and Education], 2, 65-69.
- Omel'chenko, E. S., Averina, Yu. A., Men'shikov, V. V., & Subcheva, E. N. (2017). Issledovanie fil'tratsionnykh svoystv suspenzii, poluchennykh glubinnym geterofaznym kul'tivirovaniem drozhzhei *Candida tropicalis* SK-4 na rastitel'nykh substratakh dlya polucheniya rastitel'nogo uglevodno-belkovogo korma [Investigation of the filtration properties of suspensions obtained by deep heterophase cultivation of yeast *Candida tropicalis* CK-4 on plant substrates to obtain vegetable carbohydrate-protein feed]. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [Chemistry and Chemical Technology], 15, 86-88.
- Polyakov, V. A., & Pogorzel'skaya, N. S. (2017). Innovatsionnoe razvitie pishchevoi biotekhnologii [Innovative development of food biotechnology]. *Industriya pitaniya* [Food Industry], 4, 6-14.
- Rimareva, L. V. (2012). Effektivnaya dlya zhivotnovodstva belkovo-aminokislota dobavka, poluchennaya na osnove mikrobnai biomassy [Effective for livestock protein-amino acid supplement derived from microbial biomass]. *Veterinariya i kormlenie* [Veterinary and Feeding], 6, 47-48.
- Sambuk, E. V., Muzaev, D. M., Rumyantsev, A. M., & Padkina, M. V. (2019). Killer-toksiny drozhzhei *Saccharomyces cerevisiae*: Sintez, mekhanizmy deistviya i prakticheskoe ispol'zovanie [Killer toxins of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*: Synthesis, mechanisms of action and practical use]. *Ekologicheskaya genetika* [Environmental Genetics], 17(3), 59-73. <http://doi.org/10.17816/ecogen17359-73>
- Sariev, A. Kh., Cherbakova, N. N., Derbenev, K. V., & Fedina, E. V. (2019). Khimicheskii sostav rastenii, proizrastayushchikh v zone vliyaniya promyshlennykh predpriyatii [The chemical composition of plants growing in the zone of influence of industrial enterprises]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], 5, 68-73.
- Serba, E. M. (2015). Nauchno-prakticheskie aspekty polucheniya BAD na osnove konversii vtorichnykh bioresursov [Scientific and practical aspects of obtaining dietary supplements based on the conversion of secondary biological resources]. *Khranenie*

- i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2, 44-50.
- Serba, E. M., Molchalina, P. Yu., Rimareva, L. V., Overchenko, M. A., Ignatova, N. I., Borshcheva, Yu. A., & Sokolova, E. N. (2017). Fermentirovannyi sous na osnove mikrobnai biomassy [Fermented sauce based on microbial biomass]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 9, 28-30.
- Serba, E. M., Sokolova, E. N., Fursova, N. A., Volkova, G. S., Borshcheva, Yu. A., Kubatova, E. I., & Kuksova, E. V. (2018). Poluchenie biologicheskii aktivnykh dobavok na osnove obogashchennoi drozhzhevoi biomassy [Obtaining biologically active additives based on enriched yeast biomass]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2, 74-77.
- Smirnov, K. A., Alashkevich, Yu. D., & Reshetova, N. S. (2009). Osobennosti tverdogaznoi fermentatsii [Features of solid phase fermentation]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 3, 161-164.
- Tekut'eva, L. A., Son, O. M., Podvolotskaya, A. B., & Skurtol, I. A. (2018). Tekhnologicheskii kompleks proizvodstva kormovykh belkovykh kontsentrats [Technological complex for the production of feed protein concentrates]. *Vestnik nauki i obrazovaniya* [Bulletin of Science and Education], 12, 7-11.
- Khoang, K. K. (2018). *Prevrashcheniya biomassy solomy pshenitsy pri termoobrabotke v srede ionnoi zhidkosti na osnove 3-metilimidazola* [Transformations of wheat straw biomass during heat treatment in an ionic liquid medium based on 3-methylimidazole] [Candidate Dissertation, Sibirskii gosudarstvennyi universitet nauki i tekhnologii imeni akademika M. F. Reshetneva]. Krasnoyarsk, Russia.
- Chekushina, A. V. (2013). *Tsellyuloliticheskie fermentnye preparaty na osnove gribov Trichoderma, Penicilliumi Myceliophthora s uvelichennoi gidroliticheskoi aktivnost'yu* [Cellulolytic enzyme preparations based on fungi Trichoderma, Penicillium and Myceliophthora with increased hydrolytic activity] [Candidate Dissertation, Institut biokhimii imeni A. N. Bakha RAN]. Moscow, Russia.
- Alonso, D. M., Wettstein, S. G., & Dumesic, J. A. (2012). Bimetallic catalysts for upgrading of biomass to fuels and chemicals. *Chemical Society Reviews*, 41(24), 8075-8098. <https://doi.org/10.1039/c2cs35188a>
- Kaźmierczak-Siedlecka, K., Ruszkowski, J., Fic, M., Folwarski, M., & Makarewicz, W. (2020). Saccharomyces boulardii CNCM I-745: A non-bacterial microorganism used as probiotic agent in supporting treatment of selected diseases. *Current Microbiology*, 77(9), 1987-1996. <http://doi.org/10.1007/s00284-020-02053-9>
- Ordoñez-Araque, R. H., Landines-Vera E. F., Urresto-Villegas, J. C., & Caicedo-Jaramillo, C. F. (2020). Microorganisms during cocoa fermentation: systematic review. *Foods and Raw Materials*, 8(1), 155-161. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-155-162>
- Utama, G. L., Lestari, W. D., Kayaputri, I. L., & Balia, R. L. (2019). Indigenous yeast with cellulose-degrading activity in napa cabbage (Brassica pekinensis L.) waste: Characterisation and species identification. *Foods and Raw Materials*, 7(2), 321-327. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-321-328>

Особенности созревания теста и формирования качества хлеба с биомассой мицелия *Armillaria mellea*

Минаков Денис Викторович

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
Адрес: 656038, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 46
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»,
E-mail: minakovd-1990@yandex.ru

Козубаева Людмила Алексеевна

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,
Адрес: 656038, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 46
E-mail: cosubaeva@mail.ru

Кузьмина Светлана Сергеевна

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
Адрес: 656038, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 46
E-mail: svetlana.politeh@mail.ru

Егорова Елена Юрьевна

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
Адрес: 656038, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 46
E-mail: egorovaeyu@mail.ru

В последние годы пищевое использование грибов воспринимается в новом контексте: грибы рассматриваются как дополнительный источник минеральных веществ, витаминов, специфических ферментов и ряда других биологически активных веществ. Некоторые виды грибов могут быть использованы в качестве возобновляемого резерва пищевого белка, в том числе при производстве хлебобулочных изделий. Опенки осенний (*Armillaria mellea*) отличается от многих других видов грибов более высоким содержанием белкового азота с выраженным преобладанием лизина в составе незаменимых аминокислот. Повышенное накопление белка характерно не только для клеток плодового тела, но и для клеток мицелия *A. mellea*, что и определило цель исследования – анализ влияния биомассы мицелия *A. mellea* на биохимические процессы созревания теста и качество хлеба, для чего авторами применялись стандартные и отраслевые методы контроля сырья и полуфабрикатов хлебопекарного производства, стандартные методы микробиологического анализа. В работе использована агаризованная биомасса мицелия опенки осеннего штамма *Armillaria mellea* D-13, которую вводили в тесто на стадии замеса после её измельчения до однородного пастообразного состояния. Тесто готовили из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта, агаризованную биомассу мицелия вводили в тесто из расчёта 2,5–10,0 % к массе муки. По результатам исследований обоснованы пределы дозировки агаризованной биомассы мицелия – 7,5–10,0 %. Хлеб с такой дозировкой сохраняет стандартное качество и не приобретает характерных привкуса и запаха грибов. При подовом способе выпечки с увеличением дозировки агаризованной биомассы мицелия индекс формоустойчивости изделий снижается с 0,6 до 0,4, при формовом способе выпечки расплывчатость формы не выражена.

Ключевые слова: грибы, мицелий, биомасса, пищевой белок, тесто, дрожжевое брожение

Введение

Проблема дефицита пищевого белка

Полноценное развитие человека, нормальное функционирование всех жизнеобеспечивающих систем его организма напрямую зависят от полно-

ценности и сбалансированности рациона, прежде всего от наличия в нем достаточного количества легкоусвояемого и полноценного белка. Однако исследования последних лет свидетельствуют о стабильном и выраженном дефиците белка в современном питании. По данным ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», дефицит пищевого белка

в рационе россиян превышает 1 млн. тонн в год (Бессонов и др., 2017). Прогнозируемый к 2025 г. мировой дефицит пищевого белка оценён в 18-20 млн. тонн (OECD-FAO, 2017), а к 2050 году дефицит пищевого белка могут ощутить более 150 млн. человек по всему миру¹. Все это подтверждает безусловную необходимость привлечения новых биовозобновляемых ресурсов для компенсации сложившегося дефицита белка.

Грибной мицелий как потенциальный резерв пищевого белка

До недавних пор в научной литературе, в основном, давалась оценка перспективам использования грибов в качестве дополнительных источников специфических азотсодержащих пищевых волокон (Cheung, 2013; Nile & Park, 2014; Zhang et al., 2015; Friedman, 2016; Süfer, 2016). Однако сегодня для разных видов грибов в качестве активных компонентов рассматривается значительно более широкий перечень веществ: поли- и олигосахариды, тетратерпеноиды, биоактивные пептиды и лектины, стерины, статины-ингибиторы ГМГ-КоА, полифенолы, ферменты и даже минеральные элементы (Bovi et al., 2013; Simon et al., 2013; Rana, 2016; Waktola & Temesgen, 2018; González et al., 2020; Zhou et al., 2020; Manan et al., 2021). В частности, из плодовых тел и мицелиальной биомассы *A. mellea* к настоящему времени выделены биологически активные сфинголипиды, пептиды, стерины, специфические сесквитерпеноиды, полифенольные и индольные соединения, проявляющие подтвержденную в лабораторных исследованиях антибактериальную, антиоксидантную, противоопухолевую и противовоспалительную активность (Zavastin et al., 2015; Kostić et al., 2017; Łopusiewicz, 2018; Ho et al., 2020; Erbiai et al., 2021).

На фоне сказанного необходимо уточнить, что данные по перечисленным видам активности грибов, и в том числе грибов *A. mellea*, подтверждены для экстрактов и других форм субстанций, извлеченных из свежих, замороженных или высушенных в щадящих условиях плодовых тел и мицелиальной биомассы. В то время как потребление в пищу большинства видов культивируемых и дикорастущих грибов традиционно осуществляется в форме продуктов, подвергавшихся термической обработке (Salehi, 2019).

Интерес к высшим грибам, как продуцентам пищевого белка, обусловлен хорошей сбалансированностью и лучшей усвояемостью грибного белка по сравнению с другими быстроразвивающимися биологическими системами (Ugbogu E. A. & Ugbogu O. C., 2016; Nagy et al., 2017; Girma & Tasisa, 2018; Harris et al., 2019; González et al., 2020), в частности, безусловным преобладанием легкоусвояемых водо- и солерастворимых фракций в составе белков². Как было отмечено ранее, базидиальные грибы рода *Armillaria*, в том числе опенок осенний (*A. mellea*) также могут рассматриваться в качестве потенциального, легко возобновляемого резерва пищевого белка (Colak et al., 2009). Таким потенциалом характеризуются не только плодовые тела *A. mellea*. Выращенная в искусственных условиях чистая биомасса мицелия *A. mellea* содержит свыше 20 %³ белковых веществ (Минаков и др., 2016) и соответствует требованиям к сырью продовольственного назначения по микробиологическим и гигиеническим показателям, в связи с чем может быть использована для повышения пищевой ценности низкобелковых продуктов питания, включая хлебобулочные изделия массового производства.

Учитывая, что белок многих съедобных грибов характеризуется повышенным содержанием лизина (Bakir et al., 2018; Ukwuru et al., 2018), и при этом в составе белка *A. mellea* отмечено пониженное содержание только серосодержащих аминокислот (Минаков, 2016) но выражено преобладание лизина – 6 г/100 г белка, комбинирование грибного белка с белками злаковых культур (на примере пшеничной муки), в которых лимитирующей аминокислотой является лизин (Schwab & Whitehouse, 2022), должно работать на повышение утилитарности суммарного белка хлебобулочных изделий.

Перспективы использования биомассы грибного мицелия в биотехнологии хлеба

Брожение теста – один из важнейших биотехнологических этапов хлебопекарного производства. Под влиянием ферментов муки и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* формируется основа пищевой ценности готовой продукции – биохимический состав компонентов теста.

¹ Sheridan, K. (2017). *Global warming reduces protein in key crops: Study*. <https://phys.org/news/2017-08-millions-protein-deficiency-result-human-caused.html>

² Цапалова, И. Э., Бакайтис, В. И., Кутафьева, Н. П., & Позняковский, В. М. (2007). *Экспертиза грибов. Качество и безопасность: Учебно-справочное пособие*. Новосибирск: Сибирское университетское издание.

³ Вишневский, М. В. (2014). *Лекарственные грибы: Большая энциклопедия*. М.: Эксмо.

Введение в тесто агаризованной биомассы мицелия, содержащей простые углеводы, свободные аминокислоты и ряд других пищевых компонентов, используемых, в том числе, в качестве факторов роста и активаторов дрожжевого брожения (свободные аминокислоты, некоторые органические кислоты, витамины группы В и β -глюканы (Пермякова, 2016; Ghosh, 2016)) позволяет рассматривать её в качестве дополнительного субстрата для хлебопекарных дрожжей. Вместе с тем, введение в тесто нового сырья с известным биохимическим составом, но малоизученными технологическими свойствами, способно вызвать неуправляемое изменение направления и скорости процессов брожения и созревания теста, поскольку отдельными исследованиями показана возможность подавления роста и развития некоторых видов микроорганизмов компонентами, входящими в состав *A. mellea* (Kostić et al., 2017). Такие аспекты применения биомассы мицелия съедобных грибов в биотехнологии хлебопекарного производства к настоящему времени ещё не изучены. Все выше сказанное диктует необходимость исследования общих закономерностей влияния биомассы мицелия *A. mellea* на ход биохимических процессов созревания теста и качество получаемого из этого теста хлеба, что и обусловило структуру исследований.

Отмеченные перспективы использования продуктов переработки гриба *A. mellea* в производстве продуктов питания и природная способность клеток этого гриба к накоплению белковых веществ определили цель представленного исследования – изучение влияния биомассы мицелия *A. mellea* на биохимические процессы созревания теста и качество хлеба.

В соответствие с поставленной целью, в ходе исследования решались следующие задачи:

- выбор методов исследований, в наиболее полной степени отражающих влияние биомассы мицелия *A. mellea* на биохимию брожения теста;
- анализ влияния биомассы мицелия *A. mellea* на биохимические процессы созревания теста и качество хлеба в условиях эксперимента;
- обоснование рекомендуемой дозировки агаризованной биомассы мицелия для хлебопекарного производства.

На первом этапе выбраны методы исследований, в наиболее полной степени отражающие влияние биомассы мицелия *A. mellea* на биохимию брожения теста. Далее обоснованы пределы дозировки агаризованной биомассы мицелия, вводимой в состав теста. В эксперименте проведены биохимические

исследования процесса брожения теста с добавлением агаризованной биомассы мицелия, выпечен хлеб. На завершающем этапе статистически обработаны и проанализированы полученные данные.

Материалы и методы исследования

Материалы

В работе использована агаризованная биомасса мицелия (АБМ) опенка осеннего штамма *A. mellea* D-13. Выбор ботанического вида гриба обусловлен повышенной способностью к синтезу и накоплению белка его плодовыми телами.

Гомогенизированная АБМ представляет собой однородную мажеобразную массу серовато-кремового цвета с содержанием белковых веществ $17,6 \pm 0,2$ % (по методу Кьельдаля).

Оборудование и инструменты

Для получения гомогенизированной АБМ использовали блендер погружного типа Polaris PHB 0798L.

Для замеса теста применяли тестомесилку лабораторную У1-ЕТВ.

Выпечку хлеба реализовали в лабораторной хлебопекарной печи конвекционного типа UNOX XB 693.

Методы

При обобщении литературных данных использовались методы сравнительного анализа и систематизации информации из научных изданий и периодической печати.

Для культивирования биомассы грибов *A. mellea* используют натуральные, синтетические и полусинтетические питательные среды. Классической средой для поверхностного культивирования большинства сапротрофных видов грибов является пивное сусло (4° по Баллингу) с добавлением агара – сусло-агар (Билай, 1982). В этой связи биомассу мицелия получали методом поверхностного культивирования на сусло-агаровой среде в стеклососудах объемом 1 дм³, оснащенных фильтром «Агроспан-60» и стеклянной крышкой в форме невысокого плоского цилиндра. Гомогенизированную АБМ получали измельчением выращенного мицелия с помощью блендера до однородного пастообразного состояния. Питательную среду (сусло-агар) перед измельчением от мицелия не отделяли.

Кислотность теста определяли по ГОСТ 5670–96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности»⁴ (арбитражным методом). Подъемную силу теста определяли в соответствии с методикой ГОСТ Р 54731–2011 «Дрожжи хлебопекарные прессованные Технические условия»⁵. Органолептические и физико-химические показатели качества выпеченного хлеба определяли с применением стандартных и отраслевых методов лабораторного анализа:

- внешний вид, форму, цвет, вкус и запах хлеба – с применением стандартных приемов организации и проведения дегустационной оценки, по ГОСТ 5667–65 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий»⁶;
- удельный объём – путём деления величины объёма хлеба (определение по ГОСТ 27669–88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба»⁷, в см³) на его массу (в г);
- влажность определяли гравиметрическим методом, по ГОСТ 21094–75 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности»⁸;
- кислотность мякиша выпеченного хлеба определяли арбитражным методом по ГОСТ 5670–96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности»⁹;
- пористость мякиша определяли по ГОСТ 5669–96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости», с учетом коэффициента плотности беспористой массы мякиша хлеба пшеничного первого сорта¹⁰;
- формоустойчивость (для изделий, выпеченных подовым способом) определяли по ГОСТ 27669–88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба»¹¹.

Процедура исследования

Чистую культуру и биомассу мицелия хранили на сусло-агаре при температуре 4±1 °С не более 48 ч.

Расчет дозировки АБМ для приготовления теста производили стандартным для хлебопекарной

отрасли способом, в отношении к 100 кг муки, в количестве 2,5–10,0 % (шаг варьирования 2,5 %). Тесто замешивали из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта, влажностью 44,5 %. Поскольку интерес представляли изменения хода брожения теста при внесении в него АБМ, варианты эксперимента предусматривали так называемый «контрольный опыт» – тесто, приготовленное по унифицированной производственной рецептуре, без внесения в тесто АБМ.

Влияние АБМ на бродильную активность дрожжей оценивали по изменению кислотности теста и подъемной силы теста. Замес теста из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта с добавлением и без добавления АБМ осуществляли на тестомесилке лабораторной У1-ЕТВ.

Формование тестовых заготовок осуществляли ручным способом. Выпечку хлеба проводили в лабораторных условиях, в лабораторной хлебопекарной печи UNOX XB 693 при температуре 180 °С, формовой хлеб выпекали в течение 30–35 минут, подовый – в течение 20 минут. Основные технологические параметры процесса производства хлеба с добавлением и без добавления АБМ (продолжительность замеса, температуру и продолжительность выпечки) сохраняли постоянными.

Анализ данных

С целью обеспечения достоверности полученных данных все исследования осуществляли в 3-кратной повторности. Экспериментальные данные обрабатывали в программном приложении Microsoft Office Excel. Контролем при проведении исследований и анализе полученных результатов служили образцы хлеба, произведенные без введения АБМ.

Результаты

В хлебопекарном производстве ход процессов дрожжевого брожения достаточно полно характеризует изменение значений показателей, отражающих накопление продуктов биохимических

⁴ ГОСТ 5670-96. (2015). *Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности*. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ Р 54731-2011. (2013). *Дрожжи хлебопекарные прессованные Технические условия*. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 5667-65. (2006). *Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий*. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ 27669-88. (2007). *Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба*. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ 21094-75. (2006). *Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности*. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ 5670-96. (2006). *Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности*. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ГОСТ 5669-96. (2006). *Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости, с учетом коэффициента плотности беспористой массы мякиша хлеба пшеничного первого сорта*. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ 27669-88. (2007). *Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба*. М.: Стандартинформ.

превращений углеводов теста – суммы кислореагирующих веществ (в том числе молочной кислоты, накопленной при параллельно протекающем молочнокислом брожении) и синтезированного дрожжами *S. cerevisiae* углекислого газа. В лабораторной практике эти показатели исследуют с помощью стандартизированных методик: путем определения титруемой кислотности теста индикаторным или потенциометрическим методом и определения подъемной силы теста.

Данные, отражающие динамику изменения кислотности и подъемной силы теста в зависимости от дозировки АБМ, приведены в Таблице 1. Согласно результатам этого этапа исследований, введение в тесто биомассы мицелия *A. mellea* способствует интенсификации процессов дрожжевого брожения: с увеличением дозировки АБМ изначально формируемая замешанным тестом кислотность – всё более высокая, что обусловлено не только увеличением содержания в тесте органических кислот, но и появлением свободных аминокислот биомассы мицелия.

В ходе брожения теста также отмечено более значительное нарастание его кислотности по сравнению с кислотностью теста, приготовленного без внесения АБМ, что следует связывать с увеличением активности брожения теста и протекающих в нем ферментативных процессов.

В свою очередь, значения показателя «подъемная сила» по вариантам эксперимента подтверждают возрастающую при внесении АБМ интенсивность

дрожжевого брожения: при норме этого показателя «не более 15 минут» разница в 1,5 раза в достигнутом значении между вариантами исследования зафиксирована уже на 30-й минуте брожения и сохраняется практически весь период созревания теста. Интенсивность брожения по вариантам приготовления теста с внесением и без внесения АБМ выравнивается только через 2 часа брожения теста.

При правильной реализации производственного цикла изменения в биохимическом составе теста непосредственно отражаются на качестве хлеба. От содержания накопленных в тесте кислореагирующих веществ напрямую зависят не только вкус готовых изделий, но и активность протекающего при расстойке и продолжающегося в начале выпечки дрожжевого брожения, интенсивность обусловленного этим брожением газообразования. С этими процессами тесно связаны удельный объем, пористость и формоустойчивость готовых изделий – стандартные показатели качества хлеба, отражающие обусловленную интенсивностью газообразования разрыхленность мякиша хлеба.

Оценка органолептических характеристик готового хлеба показала, что все изделия имели правильную форму с выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов (Рисунок 1). Форма верхней корки опытных проб хлеба обусловлена высоким удельным объемом и высокими показателями пористости, что является прямым свидетельством интенсификации брожения при добавлении АБМ. Поверхность хлеба с введением 2,5–10,0 % АБМ была такой же гладкой, без трещин и подрывов, как

Таблица 1

Показатели процессов брожения теста с разной дозировкой АБМ

Вариант теста	Продолжительность брожения теста, минут					
	0	30	60	90	120	150
Кислотность теста, град						
0 % АБМ (контроль)	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2
2,5 % АБМ	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5
5,0 % АБМ	3,4	3,6	4,0	4,2	4,6	4,8
7,5 % АБМ	3,6	3,8	4,4	4,6	4,8	5,0
10,0 % АБМ	3,8	4,0	4,6	4,8	5,2	5,4
Подъемная сила, минут						
0 % АБМ (контроль)	12,0	6,0	4,0	4,0	3,0	3,0
2,5 % АБМ	12,5	5,0	3,5	3,0	3,0	3,0
5,0 % АБМ	13,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
7,5 % АБМ	13,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
10,0 % АБМ	12,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0

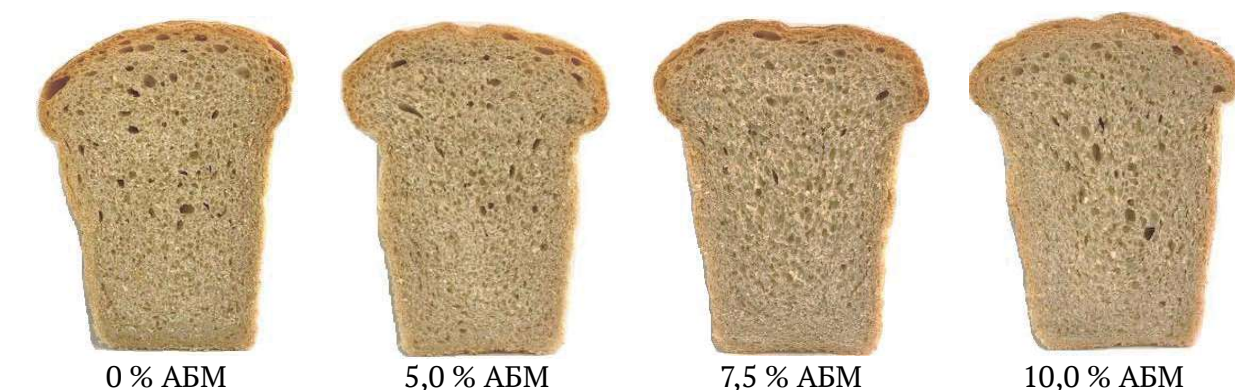


Рисунок 1. Внешний вид выпеченного хлеба с различной дозировкой АБМ

у изделий без добавления АБМ. С увеличением дозировки АБМ цвет корки сохранялся на уровне изделий контрольного варианта – золотисто-желтый.

По всем вариантам эксперимента выпеченные изделия на разрезе имели достаточно равномерную тонкостенную пористость, с преобладанием пор среднего размера (наличие некоторого количе-

ства крупных пор считается допустимым, учитывая, что в условиях лабораторного исследования разделка теста производилась вручную). Пустот и уплотнений в мякише не наблюдалось (Рисунок 1).

Важно отметить то, что увеличение дозировки АБМ по вариантам исследования сопровождалось незначительным снижением эластичности

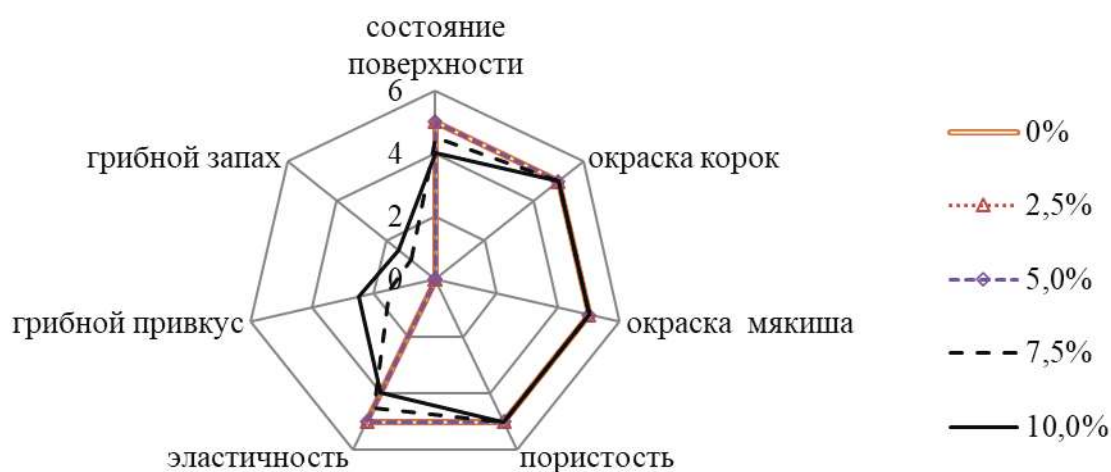


Рисунок 2. Профилограмма органолептических показателей выпеченного хлеба с различной дозировкой АБМ

Таблица 2

Физико-химические показатели качества хлеба с различной дозировкой АБМ

Наименование показателя качества хлеба	Значение показателей при дозировке АБМ				
	0 %	2,5 %	5,0 %	7,5 %	10,0 %
Удельный объем, см ³ /г	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1
Влажность мякиша, %	41,0	40,8	40,7	40,7	40,6
Кислотность мякиша, град	3,4	3,5	3,7	3,9	4,1
Пористость мякиша, %	78	80	80	81	80
Формоустойчивость, Н:Д	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4

мякиша (Рисунок 2), следствием чего стало повышение его крошковатости; поверхность корок становилась менее глянцевой и гладкой. Привкус и характерный запах грибов проявились только в изделиях с максимальными из изученных дозировок – 7,5 % и 10,0 % АБМ.

О благоприятном развитии хода биохимических процессов, характерных для созревающего теста, свидетельствуют и развитая пористость мякиша выпеченного хлеба, и закономерное понижение его влажности при равноценном удельном объеме изделий и равномерно развитой пористости (Таблица 2).

Обсуждение результатов

Интерес к высшим грибам, как потенциальному сырьевому резерву пищевого белка, возник на фоне подтверждения у грибов множества полезных эффектов – таких, как продление чувства насыщения, снижение уровня инсулина и холестерина в плазме крови и т. п. (Harris et al., 2019). Однако направление научных разработок по повышению пищевой ценности массовых сортов хлеба путем введения в тесто продуктов переработки культивируемых и дикорастущих грибов в России получило начало своего развития только в последнее десятилетие.

К настоящему времени изучены условия внесения в тесто сока, жмыхов, экстрактов и размолотых в порошок высушенных плодовых тел вешенки обыкновенной (Кравченко & Росляков, 2011; Стрельченко и др., 2019) и лисички обыкновенной (Музалевская & Власова, 2010), свежих и сушеных шампиньонов, вешенки, шиитаке, зимнего опенка (Salehi, 2019). Основная идея, преследуемая авторами цитируемых работ, – повышение биологической ценности выпеченных изделий путем обогащения их биохимического состава минеральными веществами и витаминами, свободными аминокислотами и некоторыми специфичными для грибов ферментами.

Попытки использования мицелиальной биомассы грибов в целях обогащения хлеба также предпринимались (Федорова и др., 2018) и были основаны на научных данных об активном накоплении белка клетками мицелия, как пластинчатых, так и трубчатых видов грибов – таких как масленок обыкновенный – *Suillus luteus*, белый гриб – *Boletus edulis*, и другие.

Опенки осенний характеризуется нетипично высоким для пластинчатых грибов содержанием бел-

кового азота – на уровне 21,0 % (Минаков и др., 2016). Таким образом, внесение биомассы мицелия опенка осеннего в тесто должно работать на повышение доли белкового компонента в составе выпеченного хлеба. И это подтверждается расчетными данными, согласно которым при внесении в тесто АБМ, содержащей 17,6±0,2 % белковых веществ, содержание белка в выпеченном хлебе повышается от 7,8 % (контроль, 0 % АБМ) до 8,6 % и 8,9 % в хлебе с внесением 7,5 % и 10,0 % АБМ соответственно (то есть на 10–14 % больше белка в суточной порции хлеба по сравнению с контролем).

Анализ результатов проведенных исследований по внесению АБМ в тесто подтверждает участие компонентов мицелия *A. mellea* в интенсификации процессов брожения, о чем свидетельствуют более активное нарастание титруемой кислотности теста и более раннее достижение дрожжевыми клетками активной фазы газообразования: при примерно равных значениях на стадии замеса теста без АБМ и с АБМ до повышения подъемной силы в 1,5 раза через 30 минут брожения теста.

Согласно результатам технологической части исследований, рекомендуемыми для условий хлебопекарного производства следует считать пределы дозировки АБМ 7,5–10,0 %: хлеб с такой дозировкой АБМ сохраняет стандартные значения органолептических и физико-химических показателей качества, имеет равномерную разрыхленность мякиша и не приобретает излишне выраженного привкуса и запаха грибов, которые не всеми потребителями могут быть восприняты как желательные.

По способу выпечки изделий с добавлением АБМ более предпочтителен формовой способ. Внесение АБМ сопровождается существенным разжижением и повышенной липкостью теста, что свидетельствует о высокой активности собственного ферментного комплекса грибной биомассы. Тестовые заготовки плохо удерживали форму при расстойке и выпечке, следствием чего стало снижение индекса формоустойчивости подовых изделий с 0,6 на контроле до 0,4 в вариантах с внесением 7,5 % и 10,0 % АБМ. Производство формового хлеба предполагает использование форм, ограничивающих способность тестовых заготовок расплываться, что и определяет предпочтительность такого способа формирования тестовых заготовок.

Достигнутые результаты можно считать достаточно многообещающими, поскольку они подтверждают возможность полезного использования АБМ в повышении пищевой ценности хлеба с

обеспечением необходимого товарного вида выпеченной продукции.

Выводы

На сегодня применение биомассы мицелия высших грибов в биотехнологии хлебопекарного производства можно считать не развитым, в том числе, по причине малых объемов промышленного производства грибов в целом.

По сравнению с выращиванием плодовых тел в естественных условиях, культивирование мицелия в условиях производства дает возможность круглогодичного и более быстрого наращивания необходимых объемов биомассы как в статических, так и динамических глубинных условиях. Для использования в условиях хлебопекарного производства нет необходимости придания мицелиальной массе товарного вида, поскольку при введении в тесто возможно использование мицелия в виде агаризованной биомассы, что придает значительные перспективы развитию темы данного исследования.

Учитывая, что мицелий грибов является источником не только белка, но и многих других незаменимых пищевых компонентов, представляется перспективным продолжение исследований, направленных на изучение влияния дозировки АБМ на пищевую ценность выпечки с её включением.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования науки Алтайского края в рамках научного проекта No 19-48-220008.

Литература

- Билай, В. И. (1982). *Методы экспериментальной микологии*. Киев: Наукова думка.
- Кравченко, О. А., & Росляков, Ю. Ф. (2011). Технология получения и применения продуктов переработки грибов вешенка в производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности. *Известия вузов. Пищевая технология*, 4, 76-77.
- Минаков, Д. В., Севодина, К. В., Шадринцева, А. И., & Севодин, В. П. (2016). Сравнительная оценка аминокислотного и белкового состава мицелия и плодовых тел некоторых базидиомицетов. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 6, 50-56. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2016-6-3-50-56>
- Музалевская, Р. С., & Власова, М. В. (2010). Обогащение хлебобулочных изделий продуктами переработки дикорастущих грибов. *Пищевая промышленность*, 6, 56-57.
- Бессонов, В. В., Княгинин, В. Н., & Липецкая, М. С. (Ред.). (2017). *Нутрициология-2040. Горизонты науки глазами ученых*. СПб.: Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад».
- Пермякова, Л. В. (2016). Классификация стимуляторов жизненной активности дрожжей. *Техника и технология пищевых производств*, 42(3), 46-55.
- Стрельченко, Е. А., Ивановский, П. Н., & Гурская, А. Е. (2019). Изучение возможности использования продуктов переработки культивируемых грибов в технологии хлебобулочных изделий. *Образование и наука в России и за рубежом*, 2, 394-400.
- Федорова, Р. А., Титова, Ю. А., & Ешназарова, Ф. В. (2018). Способ получения грибной добавки для приготовления продуктов из муки. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*, 53, 105-108. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2018-14105>
- Bakır, T., Boufars, M., Karadeniz, M., & Sezgin S. (2018). Amino acid composition and antioxidant properties of five edible mushroom species from Kastamonu, Turkey. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 15(2), 80-87. <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v15i2.10>
- Bovi, M., Cenci, L., Perduca, M., Capaldi, S., Monaco, H. L., Carrizo, M. E., Civiero, L., Chiarelli, L. R., & Galliano, M. (2013). BEL β -trefoil: a novel lectin with antineoplastic properties in king bolete (*Boletus edulis*) mushrooms. *Glycobiology*, 23(5), 578-592. <https://doi.org/10.1093/glycob/cws164>
- Cheung, P. C. K. (2013). Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: preparation and health benefits. *Food Science and Human Wellness*, 2(3-4), 162-166. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2013.08.001>
- Colak, A., Faiz, Ö., & Sesli, E. (2009). Nutritional composition of some wild edible mushrooms. *Türk Biyokimya Dergisi*, 34(1), 25-31.
- Erbai, E. H., da Silva, L. P., Saidi, R., Lamrani, Z., Esteves da Silva, J. C. G., & Maouni, A. (2021). Chemical composition, bioactive compounds, and antioxidant activity of two wild edible mushrooms *Armillaria mellea* and *Macrolepiota procera* from two countries (Morocco and Portugal). *Biomolecules*, 11(4), 575. <https://doi.org/10.3390/biom11040575>
- Friedman, M. (2016). Mushroom polysaccharides: Chemistry and antiobesity, antidiabetes, anticancer, and antibiotic properties in cells,

- rodents, and humans. *Foods*, 5(4), 80. <https://doi.org/10.3390/foods5040080>
- Ghosh, K. (2016). A Review: Edible mushrooms as source of dietary fiber and its health effects. *Journal of Physical Sciences*, 21, 129-137.
- Girma, W., & Tasisa, T. (2018). Application of mushroom as food and medicine. *Advances in Biotechnology & Microbiology*, 11(4), Article 555817. <https://doi.org/10.19080/AIBM.2018.11.555817>
- González, A., Cruz, M., Losoya, C., Nobre, C., Loreda, A., Rodríguez, R., Contrerasa, J., & Belmares, R. (2020). Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods. *Food & Function*, 11(9), 7400-7414. <https://doi.org/10.1039/d0fo01746a>
- Harris, H. C., Edwards, C. A., & Morrison D. J. (2019). Short Chain fatty acid production from mycoprotein and mycoprotein fibre in an in vitro fermentation model. *Nutrients*, 11(4), 800. <https://doi.org/10.3390/nu11040800>
- Ho, L.-H., Zulkifli, N. A., & Tan, T.-C. (2020). Edible mushroom: nutritional properties, potential nutraceutical values, and its utilisation in food product development. In A. K. Passari & S. Sánchez (Ed.) *An Introduction to Mushroom*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91827>
- Kostić, M., Smiljković, M., Petrović, J., Glamočlija, J., Barros, L., Ferreira, I. C. F. R., Ćirić, A., & Soković, M. (2017). Chemical, nutritive composition and a wide range of bioactive properties of honey mushroom *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) Kummer. *Food & Function*, 8(9), 3239-3249. <https://doi.org/10.1039/c7fo00887b>
- Łopusiewicz, Ł. (2018). The isolation, purification and analysis of the melanin pigment extracted from *Armillaria mellea* rhizomorphs. *World Scientific News*, 100, 135-153.
- Manan, S., Ullah, M. W., Islam, M., Atta, O. M., & Yang, G. (2021). Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.01.001>
- Nagy, M., Socaci, S., Tofana, M., Biris-Dorhoi, E. S., Țîbulc Ț. D., Petru Ț. G., Salanta, C. L., & Petruț, G. (2017). Chemical composition and bioactive compounds of some wild edible mushrooms. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 74(1), Article 12629. <https://doi.org/10.15835/buasvmcnfst:12629>
- Nile, S. H., & Park, S. W. (2014). Total, soluble, and insoluble dietary fibre contents of wild growing edible mushrooms. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(3), 302-307. <https://doi.org/10.17221/226/2013-CJFS>
- OECD-FAO Agricultural outlook 2017-2026. (2017). Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/19991142>
- Rana, R. (2016). Nutritive analysis of wild edible mushroom *Boletus edulis* Bull ex. fries collected from North West Himalayas. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(1), 698-704. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2015.0501130>
- Salehi, F. (2019). Characterization of different mushrooms powder and its application in bakery products: A review. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1375-1385. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1650765>
- Schwab, C. G., & Whitehouse, N. L. (2022). Feed supplements: Ruminally protected amino acids. In P. L. H. McSweeney, J. P. McNamara (Eds.). *Encyclopedia of Dairy Sciences* (3rd. ed., pp. 540-547). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.23055-2>
- Simon, R. R., Borzelleca, J. F., de Luca, H. F., & Weaver, C. M. (2013). Safety assessment of the post-harvest treatment of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) using ultraviolet light. *Food and Chemical Toxicology*, 56, 278-289. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.02.009>
- Süfer, Ö., Bozok, F., & Demir, H. (2016). Usage of edible mushrooms in various food products. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 4(3), 144-149. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i3.144-149.599>
- Ugbogu, E. A., & Ugbogu, O. C. (2016). A review of microbial protein production: Prospects and challenges. *FUW Trends in Science and Technology Journal*, 1, 182-185.
- Ukwuru, M. U., Muritala, A., & Eze, L. U. (2018). Edible and non-edible wild mushrooms: Nutrition, toxicity and strategies for recognition. *Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 2, Article 1000117.
- Waktola, G., & Temesgen, T. (2018). Application of mushroom as food and medicine. *Advances in Biotechnology & Microbiology*, 11(4), Article 555817. <https://doi.org/10.19080/AIBM.2018.11.555817>
- Zavastin, D. E., Mircea, C., Aprotosoiaie, A. C., Gherman, S., Hancianu, M., & Miron, A. (2015). *Armillaria mellea*: Phenolic content, in vitro antioxidant and antihyperglycemic effects. *Revista medico-chirurgicală a Societății Șii de Medici și Naturaliști din Iași*, 119(1), 273-280.
- Zhang, S., Liu, X., Yan, L., Zhang, Q., Zhu, J., Huang, N., & Wang, Z. (2015). Chemical compositions and antioxidant activities of polysaccharides from the sporophores and cultured products of *Armillaria mellea*. *Molecules*, 20(4), 5680-5697. <https://doi.org/10.3390/molecules20045680>
- Zhou, J., Chen, M., Wu, S., Liao, X., Wang, J., Wu, Q., Zhuang, M., & Ding, Y. (2020). A review on mushroom-derived bioactive peptides: Preparation and biological activities. *Food Research International*, 134, Article 109230. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109230>

Features of Dough Maturation and Bread Quality Formation with *Armillaria Mellea* Mycelium Biomass

Denis V. Minakov

*Polzunov Altai State Technical University, Altai State University
46, prospect Lenina, Barnaul, 656038, Russian Federation
E-mail: minakovd-1990@yandex.ru*

Liudmila A. Kozubaeva

*Polzunov Altai State Technical University
46, prospect Lenina, Barnaul, 656038, Russian Federation
E-mail: cosubaeva@mail.ru*

Svetlana S. Kuzmina

*Polzunov Altai State Technical University
46, prospect Lenina, Barnaul, 656038, Russian Federation
E-mail: svetlana.politeh@mail.ru*

Elena Yu. Egorova

*Polzunov Altai State Technical University
46, prospect Lenina, Barnaul, 656038, Russian Federation
E-mail: egorovaeyu@mail.ru*

In recent years, the nutritional use of mushrooms has been perceived in a new context: mushrooms are considered as an additional source of minerals, vitamins, specific enzymes and a number of other biologically active substances. Some types of mushrooms can be used as a renewable reserve of dietary protein, including in the production of bakery products. *Armillaria mellea* differs from many other types of fungi with a higher content of protein nitrogen. The increased accumulation of protein is characteristic not only for the cells of the fruit body, but also for the cells of the mycelium of *A. mellea*, which determined the purpose of the study – analysis of the effect of the biomass of the mycelium of *A. mellea* on the biochemical processes of dough maturation and bread quality, for which the authors used standard and industry methods of control of raw materials and semi-finished bakery products, standard methods of microbiological analysis. The agarized biomass of the mycelium of the open autumn strain *Armillaria mellea* D-13 was used in the work, which was introduced into the dough at the kneading stage after was crushed to a homogeneous paste-like state. The dough was prepared from wheat baking flour of the first grade, agarized mycelium biomass was introduced into the dough at the rate of 2.5–10.0% by weight of flour. According to the results of the research, the dosage limits of the agarized biomass of mycelium – 7.5–10.0% are justified. Bread with this dosage retains the standard quality and does not acquire the characteristic taste and smell of mushrooms. With the hearth baking method, with an increase in the dosage of agarized mycelium biomass, the shape stability index of products decreases from 0.6 to 0.4, with the molded baking method, these undesirable effects are not pronounced.

Keywords: mushrooms, mycelium, biomass, food protein, dough, yeast fermentation

References

- Bessonov, V. V., Knyagin, V. N., & Lipetskaya, M. S. (Eds.). (2017). *Nutritsiologiya-2040. Gorizonty nauki glazami uchenykh* [Nutriciology-2040. Horizons of science through the eyes of scientists]. S-Petersburg: Fond "Tsentr strategicheskikh razrabotok "Severo-Zapad".
- Bilai, V. I. (1982). *Metody eksperimental'noi mikologii* [Methods of experimental mycology]. Kiev: Naukova dumka.
- Fedorova, R. A., Titova, Yu. A., & Eshnazarova, F. V. (2018). Sposob polucheniya gribnoi dobavki dlya prigotovleniya produktov iz muki [Method for obtaining a mushroom supplement for the preparation of flour products]. *Izvestiya Sankt-*

- Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University]*, 53, 105-108. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2018-14105>
- Kravchenko, O. A., & Roslyakov, Yu. F. (2011). Tekhnologiya polucheniya i primeneniya produktov pererabotki gribov veshenka v proizvodstve khlebobulochnykh izdelii povyshennoi pishchevoi tsennosti [Technology for obtaining and using products of processing of oyster mushrooms in the production of bakery products of increased nutritional value]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya [University News. Food Technology]*, 4, 76-77.
- Minakov, D. V., Sevodina, K. V., Shadrinseva, A. I., & Sevodin, V. P. (2016). Sravnitel'naya otsenka aminokislotochnogo i belkovogo sostava mitseliya i plodovykh tel nekotorykh bazidiomitsetov [Comparative evaluation of the amino acid and protein composition of mycelium and fruiting bodies of some basidiomycetes]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya [University News. Applied Chemistry and Biotechnology]*, 6, 50-56. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2016-6-3-50-56>
- Muzalevskaya, R. S., & Vlasova, M. V. (2010). Obogashchenie khlebobulochnykh izdelii produktami pererabotki dikorastushchikh gribov [Enrichment of bakery products with processing products of wild mushrooms]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*, 6, 56-57.
- Permyakova, L. V. (2016). Klassifikatsiya stimulyatorov zhiznennoi aktivnosti drozhdzhei [Classification of stimulators of vital activity of yeast]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Technique and Technology of Food Production]*, 42(3), 46-55.
- Strel'chenko, E. A., Ivanovskii, P. N., & Gurskaya, A. E. (2019). Izuchenie vozmozhnosti ispol'zovaniya produktov pererabotki kul'tiviruemykh gribov v tekhnologii khlebobulochnykh izdelii [Studying the possibility of using processed products of cultivated mushrooms in the technology of bakery products]. *Obrazovanie i nauka v Rossii i za rubezhom [Education and Science in Russia and Abroad]*, 2, 394-400.
- Bakır, T., Boufars, M., Karadeniz, M., & Sezgin S. (2018). Amino acid composition and antioxidant properties of five edible mushroom species from Kastamonu, Turkey. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 15(2), 80-87. <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v15i2.10>
- Bovi, M., Cenci, L., Perduca, M., Capaldi, S., Monaco, H. L., Carrizo, M. E., Civiero, L., Chiarelli, L. R., & Galliano, M. (2013). BEL β -trefoil: A novel lectin with antineoplastic properties in king bolete (*Boletus edulis*) mushrooms. *Glycobiology*, 23(5), 578-592. <https://doi.org/10.1093/glycob/cws164>
- Cheung, P. C. K. (2013). Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: preparation and health benefits. *Food Science and Human Wellness*, 2(3-4), 162-166. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2013.08.001>
- Colak, A., Faiz, Ö., & Sesli, E. (2009). Nutritional composition of some wild edible mushrooms. *Türk Biyokimya Dergisi [Turkish Journal of Biochemistry]*, 34(1), 25-31.
- Erbiaı, E. H., da Silva, L. P., Saidi, R., Lamrani, Z., Esteves da Silva, J. C. G., & Maouni, A. (2021). Chemical composition, bioactive compounds, and antioxidant activity of two wild edible mushrooms *Armillaria mellea* and *Macrolepiota procera* from two countries (Morocco and Portugal). *Biomolecules*, 11(4), 575. <https://doi.org/10.3390/biom11040575>
- Friedman, M. (2016). Mushroom polysaccharides: Chemistry and antiobesity, antidiabetes, anticancer, and antibiotic properties in cells, rodents, and humans. *Foods*, 5(4), 80. <https://doi.org/10.3390/foods5040080>
- Ghosh, K. (2016). A Review: Edible mushrooms as source of dietary fiber and its health effects. *Journal of Physical Sciences*, 21, 129-137.
- Girma, W., & Tasisa, T. (2018). Application of mushroom as food and medicine. *Advances in Biotechnology & Microbiology*, 11(4), Article 555817. <https://doi.org/10.19080/AIBM.2018.11.555817>
- González, A., Cruz, M., Losoya, C., Nobre, C., Loreda, A., Rodríguez, R., Contrerasa, J., & Belmares, R. (2020). Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods. *Food & Function*, 11(9), 7400-7414. <https://doi.org/10.1039/d0fo01746a>
- Harris, H. C., Edwards, C. A., & Morrison D. J. (2019). Short Chain fatty acid production from mycoprotein and mycoprotein fibre in an in vitro fermentation model. *Nutrients*, 11(4), 800. <https://doi.org/10.3390/nu11040800>
- Ho, L.-H., Zulkifli, N. A., & Tan, T.-C. (2020). Edible mushroom: nutritional properties, potential nutraceutical values, and its utilisation in food product development. In A. K. Passari & S. Sánchez (Ed.) *An Introduction to Mushroom*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91827>
- Kostić, M., Smiljković, M., Petrović, J., Glamočlija, J., Barros, L., Ferreira, I. C. F. R., Ćirić, A., & Soković, M. (2017). Chemical, nutritive composition and a wide range of bioactive properties of honey mushroom *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) Kummer. *Food & Function*, 8(9), 3239-3249. <https://doi.org/10.1039/c7fo00887b>
- Łopusiewicz, Ł. (2018). The isolation, purification and analysis of the melanin pigment extracted from *Armillaria mellea* rhizomorphs. *World Scientific News*, 100, 135-153.

- Manan, S., Ullah, M. W., Islam, M., Atta, O. M., & Yang, G. (2021). Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.01.001>
- Nagy, M., Socaci, S., Tofana, M., Biris-Dorhoi, E. S., Ţibulc Ȃ. D., Petru Ţ. G., Salanta, C. L., & PetruŢ, G. (2017). Chemical composition and bioactive compounds of some wild edible mushrooms. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 74(1), Article 12629. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:12629>
- Nile, S. H., & Park, S. W. (2014). Total, soluble, and insoluble dietary fibre contents of wild growing edible mushrooms. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(3), 302-307. <https://doi.org/10.17221/226/2013-CJFS>
- OECD-FAO *Agricultural outlook 2017-2026*. (2017). Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/19991142>
- Rana, R. (2016). Nutritive analysis of wild edible mushroom *Boletus edulis* Bull ex. fries collected from North West Himalayas. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(1), 698-704. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2015.0501130>
- Salehi, F. (2019). Characterization of different mushrooms powder and its application in bakery products: A review. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 1375-1385. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1650765>
- Schwab, C. G., & Whitehouse, N. L. (2022). Feed supplements: Ruminally protected amino acids. In P. L. H. McSweeney, J. P. McNamara (Eds.). *Encyclopedia of Dairy Sciences* (3rd. ed., pp. 540-547). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.23055-2>
- Simon, R. R., Borzelleca, J. F., de Luca, H. F., & Weaver, C. M. (2013). Safety assessment of the post-harvest treatment of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) using ultraviolet light. *Food and Chemical Toxicology*, 56, 278-289. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.02.009>
- Süfer, Ö., Bozok, F., & Demir, H. (2016). Usage of edible mushrooms in various food products. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 4(3), 144-149. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i3.144-149.599>
- Ugbogu, E. A., & Ugbogu, O. C. (2016). A review of microbial protein production: Prospects and challenges. *FUW Trends in Science and Technology Journal*, 1, 182-185.
- Ukwuru, M. U., Muritala, A., & Eze, L. U. (2018). Edible and non-edible wild mushrooms: Nutrition, toxicity and strategies for recognition. *Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 2, Article 1000117.
- Waktola, G., & Temesgen, T. (2018). Application of mushroom as food and medicine. *Advances in Biotechnology & Microbiology*, 11(4), Article 555817. <https://doi.org/10.19080/AIBM.2018.11.555817>
- Zavastin, D. E., Mircea, C., Aprotosoiaie, A. C., Gherman, S., Hancianu, M., & Miron, A. (2015). *Armillaria mellea*: Phenolic content, in vitro antioxidant and antihyperglycemic effects. *Revista medico-chirurgicală a Societăţii de Medici şi Naturalişti din Iaşi* [The Medical-Surgical Journal of the Society of Physicians and Naturalists of Iasi], 119(1), 273-280.
- Zhang, S., Liu, X., Yan, L., Zhang, Q., Zhu, J., Huang, N., & Wang, Z. (2015). Chemical compositions and antioxidant activities of polysaccharides from the sporophores and cultured products of *Armillaria mellea*. *Molecules*, 20(4), 5680-5697. <https://doi.org/10.3390/molecules20045680>
- Zhou, J., Chen, M., Wu, S., Liao, X., Wang, J., Wu, Q., Zhuang, M., & Ding, Y. (2020). A review on mushroom-derived bioactive peptides: Preparation and biological activities. *Food Research International*, 134, Article 109230. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109230>

Научные аспекты конструирования рецептуры зернового батончика с использованием нетрадиционного растительного сырья

Бакуменко Олеся Евгеньевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: bacumenko@rambler.ru

Алексеевская Елена Викторовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: elealekseenk@rambler.ru

Рубан Наталья Викторовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: nataligato@mail.ru

Регулярные обследования состояния здоровья и питания различных групп населения России свидетельствуют о наличии дефицитов важнейших пищевых веществ, приводящих к возникновению различных алиментарных заболеваний, распространенность которых в последние годы возросла. Одним из эффективных путей ликвидации дефицитов незаменимых пищевых веществ в рационах питания и повышения сопротивляемости организма вредным факторам является разработка рецептур и технологий пищевой продукции на основе натурального, высококачественного и безопасного сырья с целью укрепления здоровья и снижения риска возникновения заболеваний. Обоснована возможность введения в состав зернового батончика нетрадиционного растительного сырья, в частности семян конопли. Исследована пищевая ценность зерновых хлопьев, не требующих варки – овсяных, гречневых и хлопьев из пророщенной пшеницы, а также орехов – ядер кешью дробленых, миндаля и фундука. Установлено, что овсяные хлопья отличаются высоким содержанием нерастворимых пищевых волокон, витаминов В₁ и В₂, минеральных веществ – кальция, магния, железа. Дополнительным ингредиентом выбрано ядро кешью дробленое, так как оно содержит жиры, представленные разнообразными жирными кислотами, в том числе незаменимой полиненасыщенной линолевой кислотой, витамином РР, минеральными веществами – магнием, фосфором, железом. Изучена пищевая и биологическая ценность семян конопли по содержанию белка, жира, составу аминокислот и жирных кислот. Проведена сравнительная оценка по данным показателям с традиционными (пшеница, кукуруза, соя) и нетрадиционными (чечевица, лен) культурами. Выявлено, что семена конопли отличаются высокой биологической ценностью – содержание лизина выше, чем у семян льна, а метионина больше, чем в сое и льне. Отмечено высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот, таких как омега-3 и омега-6 и незначительный процент насыщенных жирных кислот; соотношение омега-6/омега-3 составляет 3:1. Научно обосновано снижение сахара в связующем веществе за счет добавления в него смородины и пектин-содержащих компонентов батончика. Использование свежей или быстрозамороженной черной смородины в режиме «быстрой варки» позволяет сохранить большинство витаминов, раскрыть вкус и запах ароматизатора (мускатный орех) и остальных фруктово-ягодных компонентов и улучшить вкусовые качества батончика.

Ключевые слова: нетрадиционное растительное сырье, семена конопли, зерновые батончики, связующее вещество, пищевая, биологическая ценность, функциональные ингредиенты

Введение

Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года

(утверждена Распоряжением Правительства РФ от 29.06.2016 г. № 1364-р¹) ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику

¹ Распоряжение Правительства РФ 1364-р. (2016). *Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года*. <http://static.government.ru/media/files/9JUDtBOpQmoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qIo.pdf>

заболеваний, увеличение продолжительности и повышения качества жизни населения, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции высокого качества и отвечающей требованиям безопасности.

Регулярные обследования состояния здоровья и питания различных групп населения России свидетельствуют о наличии дефицитов важнейших пищевых веществ (белков, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ, полиненасыщенных жирных кислот), приводящих к возникновению различных алиментарных заболеваний – сердечно-сосудистых, желудочно-кишечного тракта, ожирения, новообразований и др., распространенность которых в последние годы возросла (Бакуменко и др., 2021; Budkevich et al., 2020; Коденцова и др., 2018).

Наиболее эффективным путем ликвидации дефицитов незаменимых пищевых веществ в рационах питания и повышения сопротивляемости организма вредным факторам является разработка рецептур и технологий пищевой продукции на основе натурального, высококачественного и безопасного сырья с целью укрепления здоровья и снижения риска возникновения заболеваний (Белявская и др., 2020; Ткачук и др., 2021; Alekseenko et al., 2021).

Научные представления и практические основы разработок в области пищевой продукции, направленные на поиск новых нетрадиционных источников сырья и разработку продуктов, обеспечивающих получение и гарантирующих безопасность и качество, с учетом пользы для здоровья, заложены в трудах российских ученых В.А. Тутельяна, А.П. Нечаева, В.Б. Спиричева, Л.Н. Шатнюк, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочетковой, Цыгановой Т.Б., Бутовой С.Н., Дубцова Г.Г. и других авторов.

Важная роль в разработке продуктов для здорового питания принадлежит растительному сырью – зерновым культурам (Мелешкина и др., 2016), сочному растительному сырью и др., которые, благодаря многообразию их макро – и микронутриентного состава являются ценной сырьевой базой для получения натуральной и высококачественной продукции (Быстрова, 2018). Кроме того, необходимо учитывать современные тенденции развития отраслей пищевой промышленности, ориентированные на производство продукции для разных возрастных групп населения (детей, спортсменов, студентов и др.), не требующей приготовления, с длительным сроком годности, по-

вышенной пищевой ценности (Бакуменко, 2014; Семенова и др., 2018).

Одно из ведущих мест на рынке пищевой продукции, не требующей приготовления, принадлежит зерновым батончикам, представляющим собой комбинированный продукт, состоящий из зерновой основы (хлопья, взорванные и/или плющенные зерна), орехов, сухофруктов, семечек, вкусо-ароматических и обогащающих добавок (проросших и/или цельных зерен, отрубей), сформованный в виде кондитерского изделия (Бойцова, 2016). Особенностью продукта является то, что этот сухой завтрак не требует приготовления, может служить «перекусом на ходу», при малом объеме и массе (50-60 г) имеет высокую концентрацию биологически-активных веществ. Продукт востребован всеми возрастными группами населения.

Для получения зерновой основы, не требующей приготовления, применяют различные виды технологической обработки – гидротермическую и механическую обработку, термопластическую экструзию, высокотемпературную микронизацию, баротермическую обработку и др., что позволяет получать продукты с регламентируемыми показателями безопасности и потребительскими свойствами, но с недостаточным содержанием ценных пищевых веществ, утерянных в результате высокотемпературного воздействия на сырье (Semenov et al., 2016; Балаева & Краус, 2013; Мартиросян и др., 2016).

Для придания продукту вида батончика при приготовлении формующей смеси используют различные виды сиропа: сахарный, сахаро-инвертный (для спортсменов), глюкозо-фруктозный, мальтозный, для приготовления диетических батончиков – фруктозный сироп. Именно применение сиропа нужной консистенции позволяет «склеивать» сухие рецептурные ингредиенты и дает возможность готовить массу пластичную, хорошо формующуюся, в то же время не жесткую и не липкую. В связи с этим готовое изделие обладает высокой энергетической ценностью (Бакуменко, 2014; Стрижевская & Мирзаянова, 2015).

Ключевым этапом в разработке рецептур нового вида пищевой продукции является научно обоснованный поиск нетрадиционных источников растительного сырья с высокими показателями безопасности и направленными лечебными свойствами (Казанцева и др., 2017), а также разработка рецептур и технологических приемов, позволяющих существенным образом влиять на органи-

лептические, физико-химические показатели, способных повышать пищевую ценность, и придавать направленные лечебно-профилактические свойства пищевой продукции (Бурова и др., 2016; Кудряшова и др., 2014).

С этой точки зрения актуальным является введение в состав зернового батончика нетрадиционных источников растительного сырья, например продуктов переработки конопли – семена, мука, масло (Сергеева & Бакуменко, 2021; Савкина & Егорова, 2017).

В России история коноплеводства начинается ещё в VII веке. В основном коноплю выращивали для получения волокна, изготовления канатов и верёвок. Позднее было изучено получение конопляного масла, которое использовали в кондитерском производстве. В настоящее время семена конопли используют для получения конопляной муки, которую в незначительных количествах добавляют при выпечке хлебобулочных изделий и как обогащающий ингредиент в производстве мучных кондитерских изделий.

Однако выращивание и производство конопли в России ограничено такими факторами как трудоёмкость возделывания, отсутствие высокотехнологичного оборудования, высокая ценовая политика. В последние годы наблюдается большая заинтересованность стран Западной Европы и Китая в развитии отрасли коноплеводства. Так, например, по данным журнала «Euroflax Newsletter» самая высокая урожайность конопли наблюдается в Польше, Германии, Нидерландах и Чехии. В Латвии конопля возделывается только для получения семян. С этой целью используют специальные низкорослые сорта конопли, которые дают более высокую урожайность семян, примерно в 2 раза (Adamovics et al., 2015).

В качестве заменителя молока, для потребителей с непереносимостью лактозы разработана технология мороженого на основе культурной конопли. Готовый продукт превосходит традиционное молочное изделие по содержанию витаминов и белковому комплексу (Абдувохидов, 2016). Разработаны белковые напитки на основе плодов и овощей с добавлением семян конопли (Панкова & Лобова, 2013). Конопляная мука набирает популярность в производстве мучных и кондитерских изделиях. Отмечено, что при производстве ржано-пшеничного хлеба с частичной заменой традиционной муки на конопляную сокращается продолжительность технологического процесса, улучшается качество готового изделия, продукт

обладает приятными органолептическими свойствами (Горбунова и др., 2017).

В конопляных семенах нет белка глютена, противопоказанного людям с целиакией. Также данный продукт может быть интересен тем, кто практикует безглютеновые диеты. Полезные свойства конопли сохраняются при длительной термической обработке, соответственно, она может быть использована в качестве нетрадиционного растительного сырья для обогащения зерновых завтраков. Применение в рецептуре композиций на основе конопляной и традиционной муки, позволяет получать продукты функционального назначения, обогащенные эссенциальными компонентами. Ассортимент таковых включает готовый хлеб, мучные кондитерские и кулинарные изделия, сухие смеси, макаронные изделия (Горбунова и др., 2017).

В результате анализа научно-технической литературы установлено, что в настоящее время коноплю используют в разных отраслях пищевой промышленности, однако данные о разработке сухих завтраков с добавлением конопли в литературе отсутствуют. В качестве инновационной составляющей для проектируемого батончика будет использовано цельное очищенное конопляное семя.

Несмотря на то, что существует большое количество различных рецептов зерновых батончиков с фруктово-ягодными компонентами и различными инновационными ингредиентами, однако главной их проблемой является повышенное содержание сахаристых веществ в качестве связующих и нерациональный подбор зерновых ингредиентов. Вопрос снижения содержания сахара при использовании связующих ингредиентов представляется перспективным за счет использования пектинсодержащих веществ. Кроме того, подбор растительного сырья с учетом его пищевой ценности крайне актуален.

Исходя из вышеизложенного, целью работы явилось научное обоснование и разработка рецептуры зернового батончика с использованием семян конопли в качестве нетрадиционного растительного сырья. Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- подобрать состав основы батончика с учетом содержания биологически-активных веществ зернового сырья и орехов;
- исследовать конопляное семя с точки зрения пищевой ценности;

- изучить влияние связующего компонента на качественные показатели зернового батончика и подобрать оптимальное соотношение между связующим веществом и сухими ингредиентами.

Материалы и методы исследования

Материалы

Объектами исследований в работе служили зерновые хлопья, не требующие варки – овсяные, гречневые, из пророщенной пшеницы по ТУ 9294-008-00932382-05²; орехи – ядра кешью дробленые по ГОСТ 31855³, ядра фундука по ГОСТ 16835⁴, миндаль по ГОСТ 32857⁵; семя конопляное шелушенное цельное по ГОСТ 9158⁶; готовый зерновой батончик.

В работе использовали следующее сырье и материалы: сахар-песок по ГОСТ 33222⁷; смородина черная замороженная по ГОСТ 33823⁸; яблоки сушеные и вишня сушеная по ГОСТ 32896⁹; орех мускатный по ГОСТ 29048¹⁰. В качестве связующего и углеводного компонента использовали сироп, приготовленный из сушеных яблок, вишни, черной смородины и сахара. Упаковочным материалом для батончика служил биаксиально-ориентированный полипропилен металлизированный (БОППмет) в соответствии с ГОСТ Р 58061¹¹.

Оборудование

Для варки сиропа-связки использовали варочный аппарат ВВА-200 л (давление пара до 6 кгс/см² при температуре 110-115 °С, продолжительность варки 5-7 мин). Смешивание сухих компонентов проводили в смесителе барабанного типа СПБ-20 (число оборотов чаши смесителя 50 об/мин, коэффициент загрузки 0,6, продолжительность перемешивания 10 мин). Для получения готового батончика использовали сборную линию, состоящую из загрузочного транспор-

тера, раскаточной ленты, калибрующего барабана, охлаждающего туннеля, дискового ножа, гильотинной машины, упаковочного автомата (RoboMuesliBarLine – Mini).

Методы

Содержание общего белка в конопляном семени определяли методом Кьельдаля на автоматическом анализаторе «Авто-2300» системы Кьельтек (фирма «FOSS», Швеция).

Аминокислотный состав семени конопли определяли на автоматическом анализаторе аминокислот Agilent-1200 (фирмы «Алси-Хром», Украина).

Содержание жира в семени конопли и орехах определяли методом экстракции диэтиловым эфиром в аппарате Сокслета.

Состав жирных кислот в семени конопли определяли методом разделения эфиров жирных кислот, полученных из липидов исследуемого продукта, на газожидкостном хроматографе марки «Карло Эрбо – 5000».

Содержание пищевых волокон в зерновых хлопьях и семени конопли определяли каскадным ферментативным методом с использованием фильтровальной системы Fibertec system E1023 Filtration module и банишейка 1024 Shaking water bath (FOSS, Швеция). Содержание витаминов в зерновых хлопьях и орехах определяли: В₁ – флуориметрическим методом; В₂ – люмифлавиновым методом; РР – колориметрическим методом. Содержание макро- и микроэлементов (кальция, магния, фосфора, железа) в зерновых хлопьях и орехах проводили на спектрофотометре «Hitachi 180-80» атомно-абсорбционным спектральным анализом.

Органолептические показатели готового батончика выполняли в соответствии с ГОСТ 15113.3¹²;

² ТУ 9294-008-00932382-05. (2006). Хлопья зерновые не требующие варки «Алейка». Технические условия. <https://e-ecolog.ru/crc/22.01.14.929.%D0%A2.000870.11.05>

³ ГОСТ 31855-2012. (2014). Ядра кешью. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ 16835-81. (2006). Ядра орехов фундука. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 32857-2014. (2014). Ядра миндаля сладкого. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 9158-76. (2015). Семена конопли. Промышленное сырье. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ 33222-2015. (2019). Сахар белый. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ 33823-2016. (2016). Фрукты быстрозамороженные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ 32896-2014. (2019). Фрукты сушеные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ГОСТ 29048-91. (2011). Пряности. Мускатный орех. Технические условия. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ Р 58061-2018. (2018). Пленки синтетические модифицированные. Типы и основные параметры. М.: Стандартинформ.

¹² ГОСТ 15113.3-77. (2001). Концентраты пищевые. Методы определения органолептических показателей, готовности концентратов к употреблению и оценки дисперсности суспензии. М.: Стандартинформ.

массовую долю влаги по ГОСТ 28561¹³; общую кислотность по ГОСТ ISO 750¹⁴; массовую долю сахарозы в соответствии с ГОСТ 8756.13¹⁵.

Микробиологические показатели готового продукта определяли в соответствии с МУК 4.2.2578¹⁶, ГОСТ 31747¹⁷, 31659¹⁸, 10444.12¹⁹.

Анализ данных

Для достоверности результатов применяли статистический метод обработки экспериментальных данных, в ходе которого определяли среднее значение искомой величины из 5 повторностей, среднееквадратичное отклонение и доверительный интервал. Математическое планирование проводили методом центрального униформ-ротатбельного планирования с последующей графической интерпретацией параметров оптимизации с помощью программ Biostat, Excell, MatStat и Statistika²⁰.

Процедура исследования

Вопросы производства «здоровой пищи» чрезвычайно актуальны и постоянно находятся в центре внимания широкого круга специалистов, занимающихся разработкой современных технологий изготовления пищевых продуктов и критериев оценки их качества.

Критериями обогащения злаковых продуктов, в том числе батончиков является пищевая ценность специально подготовленных зерновых, составляющих основу продукта, а также выбор обогащающих ингредиентов, которые позволят дополнить полезные, функциональные свойства продукта, при этом не ухудшить его потребительских достоинств.

В данной работе была проведена сравнительная оценка хлопьев, не требующих варки – ов-

сяных, гречневых, из пророщенной пшеницы по показателям, характеризующим их пищевую ценность – пищевым волокнам, витаминам (В₁ и В₂), минеральным веществам (кальций, магний, железо).

Учитывая, что данный продукт должен обладать повышенной энергетической ценностью, так как широко используется в рационах питания людей, ведущих активный образ жизни, дополнительным рецептурным ингредиентом служили орехи.

Была проведена сравнительная характеристика некоторых видов орехов – фундук, миндаль, ядра кешью дробленные, по содержанию жира, витаминов (В₁ и РР), минеральных веществ (магния, фосфора, железа).

Зерновые батончики обогащают витаминами, минеральными веществами, клетчаткой, отрубями, про- и пребиотиками, что очень полезно для профилактики и нормализации деятельности желудочно-кишечного тракта и повышает питательную ценность продукта.

В данной работе обогащающим ингредиентом выступают семена конопли, которые могут быть полезны для организма человека наличием белка и витаминно-минерального состава.

Изучена пищевая, биологическая и энергетическая ценность семян конопли по содержанию белка, жира, составу аминокислот и жирных кислот. Проведена сравнительная оценка по данным показателям с традиционными (пшеница, кукуруза, соя) и нетрадиционными (чечевица, лен) культурами.

Для придания продукту формы батончика в качестве связующего ингредиента используют различные виды сиропа, мед, патоку и др.

Задачу о фруктовом связующем решали в связи с тем, что в фруктовых компонентах разрабаты-

¹³ ГОСТ 28561-90. (2011). *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги*. М.: Стандартинформ.

¹⁴ ГОСТ ISO 750-2013. (2019). *Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности*. М.: Стандартинформ.

¹⁵ ГОСТ 8756.13-87. (2010). *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров*. М.: Стандартинформ.

¹⁶ Санитарно-бактериологические исследования методом разделенного импеданса: Методические указания. (2010). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=5019

¹⁷ ГОСТ 31747-2012. (2015). *Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)*. М.: Стандартинформ.

¹⁸ ГОСТ 31659-2012. (2014). *Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода Salmonella*. М.: Стандартинформ.

¹⁹ ГОСТ 10444.12-2013. (2013). *Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов*. М.: Стандартинформ.

²⁰ Шириков, В. Ф., & Царбадиев, С. М. (2008). *Прикладные методы и модели исследования операций в примерах и задачах: Учебное пособие для студентов*. М.: ДеЛи принт.

ваемого батончика содержится пектин – полисахарид, который связывает сахар и воду, придавая смеси густоту и клейкость. С помощью расчетных данных по содержанию пектина в сырье и его водосвязывающей способности подобраны пропорции и приготовлен сироп-связка, установлено оптимальное содержание между сухими рецептурными ингредиентами и сиропом на основе сахара, сушеных яблок, вишни и черной смородины.

Результаты исследования и их обсуждение

При разработке рецептуры зернового батончика учитывают состав зерновой основы, которая должна характеризоваться большим содержанием пищевых волокон, а также потребительские достоинства готового продукта (вкус, консистенцию, запах, цвет), равномерность распределения составляющих компонентов, технологичность приготовления продукта. В качестве основного сырья при разработке рецептур зернового батончика применяются зерновые хлопья, не требующие варки.

Путем анализа химического состава различных видов зерновых хлопьев выбраны хлопья, не требующие варки трех видов: хлопья из пророщенной пшеницы, хлопья овсяные и хлопья гречневые.

Была проведена сравнительная оценка содержания в них пищевых волокон, витаминов (B_1 и B_2) и минеральных веществ (кальция, магния, железа) (Рисунки 1-3).

Так, содержание растворимых пищевых волокон (г/100 г) составило $3,0 \pm 0,2$; $4,2 \pm 0,2$; $4,23 \pm 0,28$

в овсяных, гречневых и хлопьях из пророщенной пшеницы; нерастворимых – $49,25 \pm 0,35$; $12,6 \pm 0,2$; $13,61 \pm 0,39$ соответственно.

Содержание витаминов B_1 и B_2 практически одинаково во всех выбранных для исследования хлопьях. Однако, содержание витамина B_1 (мг/100 г) в овсяных хлопьях ($0,5 \pm 0,1$) несколько превышает таковое у гречневых ($0,3 \pm 0,4$) и хлопьях из пророщенной пшеницы ($0,4 \pm 0,2$). Содержание витамина B_2 (мг/100 г) в овсяных и гречневых хлопьях было одинаково и составило $0,3 \pm 0,1$, а в хлопьях из пророщенной пшеницы $0,7 \pm 0,2$.

Анализ минеральных веществ (мг/100 г) в зерновых хлопьях показал, что содержания кальция больше в гречневых хлопьях ($93 \pm 5,6$) по сравнению с овсяными ($52 \pm 3,6$) и хлопьями из пророщенной пшеницы ($28 \pm 3,1$). Количество магния и железа в хлопьях из пророщенной пшеницы ($400,0 \pm 24,5$ и $10 \pm 1,2$ соответственно) значительно превышает таковое у гречневых ($150,0 \pm 8,7$; $7,4 \pm 0,8$) и овсяных ($54,8 \pm 3,7$; $4,4 \pm 0,6$).

В качестве основного рецептурного ингредиента зернового батончика выбраны овсяные хлопья, отличающиеся высоким содержанием нерастворимой фракции пищевых волокон, витаминов B_1 и B_2 , минеральных веществ – кальция, магния, железа. Технология получения таких хлопьев позволяет использовать их в приготовлении зерновых батончиков без дополнительной кулинарной обработки, что значительно упрощает процесс производства и повышает усвояемость продукта. Кроме того, присутствие пищевых волокон благотворно влияет на деятельность желудочно-кишечного тракта организма.

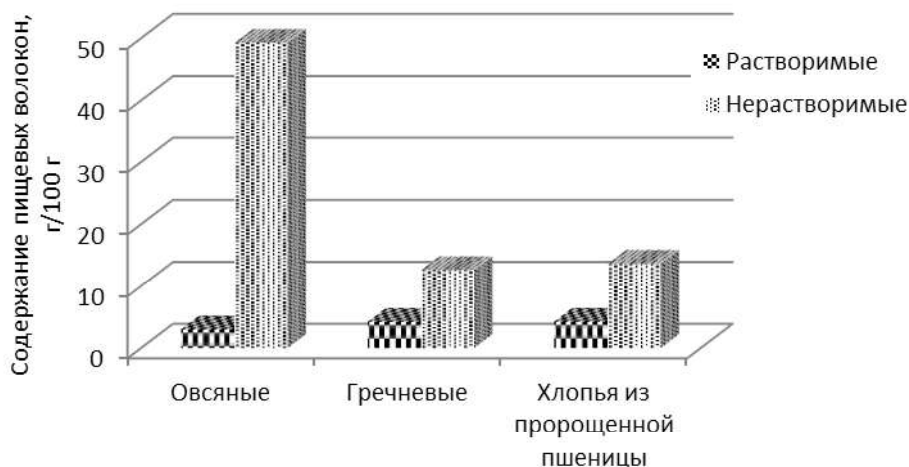


Рисунок 1. Сравнительная оценка содержания пищевых волокон в зерновых хлопьях

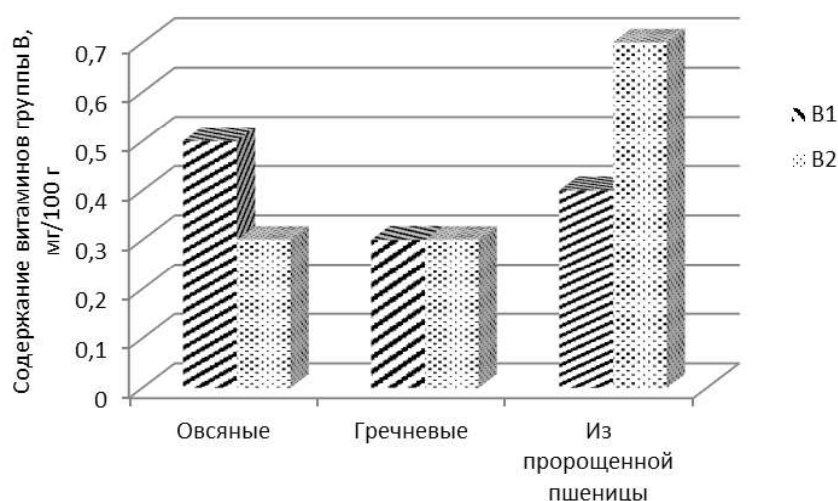


Рисунок 2. Сравнительный анализ содержания витаминов в зерновых хлопьях

Дополнительно обосновано введение ореха кешью, содержащего меньше жира, чем другие виды орехов и богатого витамином РР, магнием, фосфором и железом.

Результаты сравнительного анализа содержания жира, витаминов и минеральных веществ в орехах представлены на Рисунках 4-6. Так, максимальное содержание липидов (г/100 г) выявлено в фундуке (61,5+2,1), в миндале 53, 7+1,9; дробленых ядрах кешью 48,35+1,6.

Содержание витамина В₁ (мг/100 г) было практически одинаково во всех представленных видах орехов (0,42+0,15; 0,3+0,1; 0,25+0,08) ядрах кешью, фундуке и миндале соответственно. Было

выявлено высокое содержание витамина РР (5,85+1,8 мг/100 г) в ядрах кешью по сравнению с фундуком (2,0+0,6) и миндалем (4,0+1,3).

По содержанию минеральных веществ ядра кешью дробленные превосходят фундук и миндаль. Так, содержание магния (мг/100 г) составило (292+2,5; 172+1,8; 234+2,1) в ядрах кешью, фундуке и миндале соответственно. Содержание фосфора и железа (мг/100 г) составило (593+4,8; 299+2,7; 473+3,6) и (6,68+1,4; 2+0,8; 4,2+1,8) в ядрах кешью, фундуке и миндале соответственно.

В соответствии с проведенным анализом для разрабатываемой рецептуры будет выбрано ядро кешью дробленное, так как оно содержит жиры,

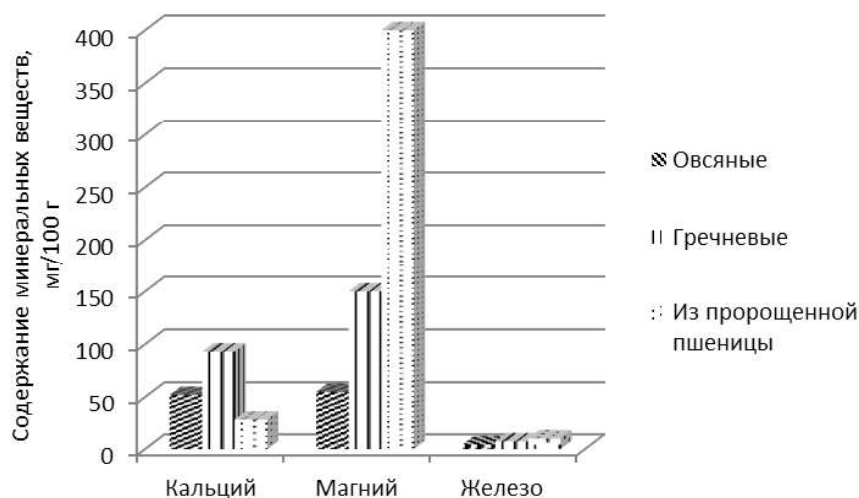


Рисунок 3. Сравнительный анализ содержания минеральных веществ в зерновых хлопьях



Рисунок 4. Сравнительный анализ жиров в орехах

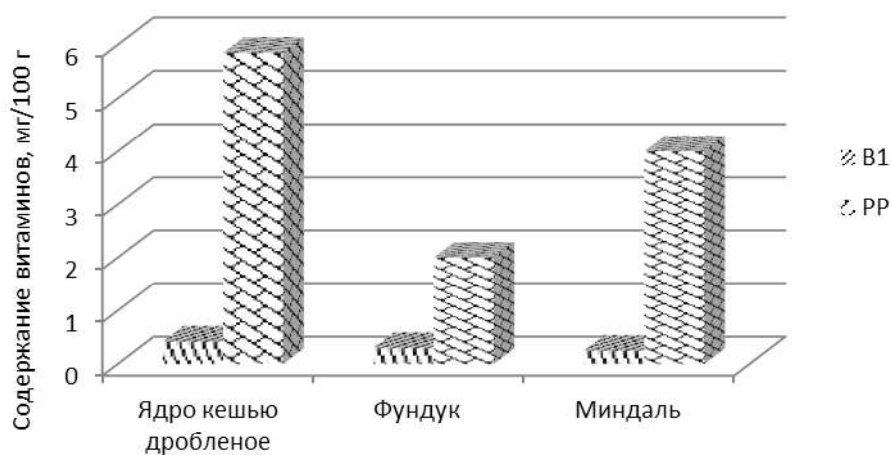


Рисунок 5. Сравнительный анализ содержания витаминов в орехах

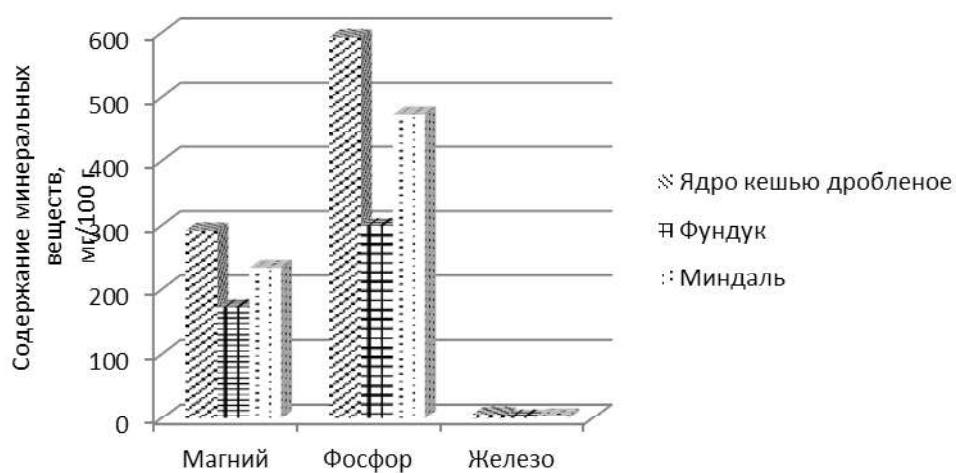


Рисунок 6. Сравнительный анализ содержания минеральных веществ в орехах

представленные разнообразными жирными кислотами, в том числе незаменимой полиненасыщенной линолевой кислотой. В кешью содержится много белка (около 18,5 г на 100 г продукта), представленного полным составом незаменимых аминокислот, большое количество витамина Е (38% от суточной нормы на 100 г продукта), являющегося антиоксидантом и борющегося с вредным воздействием свободных радикалов. При употреблении орехов кешью улучшаются обменные процессы в организме, в частности обмен белков; снижается уровень холестерина; нормализуется деятельность сердечно-сосудистой системы; повышается иммунитет (Зверев & Зверева, 2006).

С целью обогащения зернового батончика в рецептуре будут использованы конопляные семена. Если рассмотреть семена конопли с точки зрения пищевой ценности, то можно отметить богатый биохимический состав данного сырья²¹ по сравнению с другими видами зерновых и бобовых культур (Таблица 1).

Так, считают, что соевый протеин - наиболее популярный компонент растительного происхождения, который по значимости приравнивается к мясу, а по содержанию белка и незаменимых аминокислот сое нет равных среди масличных, зерновых и бобовых культурах. Однако, как видно из данных, конопля практически не уступает сое по содержанию белка. Кроме того, в составе конопли мало сахара, а крахмал вообще отсутствует, что свидетельствует о низкокалорийных свойствах этого сырья (Абдувохидов, 2016).

В Таблице 2 представлен аминокислотный и жирнокислотный состав семян конопли по сравнению с семенами других белковых и масличных культур – сои и льна.

Семена конопли содержат все незаменимые аминокислоты, содержание лизина выше, чем у семян льна, а метионина больше, чем в сое и льне. Кроме того, отмечено высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот, таких как омега-3 и омега-6 и незначительный процент насыщенных жирных кислот.

Известно, что конопляное масло относится к нетрадиционным лечебным маслам, такой продукт поддерживает сердечно-сосудистую, эндокринную и иммунную систему. По-видимому, это связано с близким к оптимальному соотношением полиненасыщенных жирных кислот омега-6/омега-3, которое составляет 3:1 (Панкова & Лобова, 2013).

Учитывая, что ценность растительного масла формирует именно жирнокислотный состав, то данное сырьё перспективно применять в производстве лечебно-профилактических продуктов (Рудаков и др., 2016).

В Таблице 3 представлен витаминно-минеральный состав семян конопли (Сергеева & Бакуменко, 2021).

Семена конопли можно считать функциональным ингредиентом, так как в 100 г этого сырья содержится 85% от ФНП витамина В₁, 16% - витамина В₂, 46% витамина РР. В 100 г семян содержится двойная суточная норма магния и фосфора, и тройная норма марганца. Содержание калия составляет 48%, железа 53%, цинка 82% от ФНП соответственно.

Для повышения питательности и придания высоких вкусовых качеств батончиков в качестве дополнительных рецептурных компонентов используется растительное сырьё: орех мускатный

Таблица 1
Химический состав семян различных культур (г/100г)

Показатель	Конопля	Соя	Чечевица	Лён	Пшеница	Кукуруза
Белки, в том числе	35,45+9,3	36,70	24,0	18,29	12,70	10,30
незаменимые аминокислоты	11,75+2,7	12,80	8,62	8,40	3,50	3,50
Липиды	48,75+9,8	17,80	1,50	42,16	4,80	4,90
Клетчатка	6,00+0,7	9,00	11,50	27,30	11,30	2,50
Сахара	1,50+0,09	10,20	3,10	1,55	2,80	1,80
Крахмал	-	3,50	39,80	-	54,90	59,80
Калорийность (Ккал)	553,00	446,00	295,00	534,00	340,00	295,00

²¹ Тутельяна, В. А. (Ред.). (2002). Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник. М.: ДеЛи принт.

Таблица 2

Аминокислотный состав и содержание жирных кислот в семенах различных культур (г/100г сухого вещества)

	Состав	Семена конопли	Семена сои	Семена льна
Аминокислотный состав (от суточной нормы), %	Лейцин	2,163	2,742	1,235
	Изолейцин	1,290	1,310	0,896
	Валин	1,777	1,480	1,072
	Треонин	1,269	1,810	0,766
	Лизин	1,280	2,840	0,862
	Метионин	0,933	0,540	0,370
	Фенилаланин	1,447	1,606	0,957
	Триптофан	0,369	0,548	0,297
	Тирозин	1,263	-	0,493
	Насыщенные	4,600	2,500	3,700
Состав ЖК, г	Мононенасыщенные	5,400	4,020	7,500
	Полиненасыщенные	38,000	10,330	28,730
	18:2 Линолевая	27,460	8,800	5,903
	18:3 Линоленовая	10,024	1,800	22,813
	Омега-3 жир. к-ты	9,301	1,560	22,813
	Омега-6 жир. к-ты	28,698	8,770	5,910

(в качестве пряности), сушеные яблоки, вишня, черная смородина (для варки сиропа).

Таблица 3

Витаминно-минеральный состав семян конопли (мг/100 г)

Пищевые вещества	Содержание, мг/100 г	% от ФНП*
Витамин В ₁	1,275	85
Витамин В ₂	0,285	16
Витамин РР	9,20	46
Витамин Е	0,80	5
Калий	1200	48
Магний	700	175
Марганец	7,60	380
Фосфор	1650	206
Кальций	70	7
Железо	8	53
Натрий	5	0,4
Цинк	9,9	82,5

*ФНП – физиологическая норма потребления пищевых веществ в соответствии с МР 2.3.1.0253-21²²

Особенностью проектируемого батончика является использование сухофруктов в составе связующего компонента. Это позволит снизить калорийность продукта за счет сокращения сахара; исключить стадию приготовления инвертного сахарного сиропа, что требует дополнительного оборудования, времени и материальных затрат; повысить желирующий эффект за счет пектина, содержащегося в сушеной вишне и сушеных яблоках; обойтись без добавок карбоксиметилцеллюлозы, гуммиарабика и иных подобных ингредиентов. Исходя из вышеизложенного, следующей задачей исследования явилось изучение влияния связующего компонента на качественные показатели зернового батончика.

При определении количества вносимых рецептурных ингредиентов учитывают консистенцию готового продукта, так как именно твёрдая, но легко ломающаяся руками консистенция позволяет придать продукту форму батончика, а также равномерность распределения составляющих компонентов, оптимальное соотношение между сухими составляющими и сиропом.

В качестве сиропа-связки обычно применяют различные виды сиропа, состав которого подбирают

²² МР 2.3.1.0253-21. (2021). Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18979

исходя из технологии и функциональной направленности продукта. Например, сахаро-инвертный сироп (в пересчете на сахар до 40% от массы батончика) применяют в производстве зерновых батончиков для спортивного питания; фруктозный сироп – для людей, страдающих сахарным диабетом; смесь мёда (или патоки) и инвертного сиропа – до 25% в сумме; густой сахарный или фруктозный сироп (до 35% от массы батончика) и добавка натрий карбоксиметилцеллюлоза в количестве 0,3-0,7% к общей массе продукта; карамельный сироп – только в белковых батончиках, для зерновых батончиков она не обеспечивает нужной прочности.

В нашей работе в качестве связующего и углеводного компонента использовали сироп, приготовленный из сушеных яблок, вишни, черной смородины и сахара, в связи с тем, что в фруктовых компонентах проектируемого батончика содержится пектин – полисахарид, который при кратковременном нагревании с водой сахаром вызывает сильное сгущение и затвердевание.

Так, содержание пектина в 100г сушеных яблок составляет 4,2%, в вишне – 1,6%, в черной смородине – 1,1%. Таким образом, в пересчете на количественное содержание данных ингредиентов в рецептуре установлено, что в одном батончике будет содержаться 0,39 г пектина. Водосвязывающая способность пектина равна 33,7 г/г – то есть, 0,39 г пектина способны

связать 13,1 г воды. Учитывая, что с замороженной смородиной вносится 7,05 г воды, то оставшуюся воду можно добавить в сахар из расчета 3:1.

При получении экспериментальных образцов батончиков установлено, что оптимальной консистенцией обладал образец с соотношением сухих компонентов и связующего (в %) 50:50. При этом связующее хорошо распределяется по всей массе, полученная смесь хорошо держит форму, не растекается и не разваливается, а также и не крошится при резке. Кроме того, в связующем преобладают фруктовые компоненты, а содержание сахара в батончике не превышает 20% (в зерновых батончиках, присутствующих на рынке содержится 35-40% и более сахара).

Исходя из результатов исследований, при сочетании овсяных зерновых хлопьев, не требующих варки, ядер орехов кешью, семян конопли, сиропа, состоящего, преимущественно из фруктовых ингредиентов получена композиция зернового батончика (Таблица 4).

Сочетание рецептурных ингредиентов в соответствующих дозировках позволяет получить сбалансированный по химическому составу продукт, удовлетворяющий потребность организма в необходимых пищевых веществах и энергии. Масса одного батончика составила 60 г.

Таблица 4

Состав зернового батончика с использованием нетрадиционного растительного сырья

Ингредиент	Содержание, %	Содержание, г	
		60 г	100 г
Хлопья овсяные, не требующие варки	25-30	17,5	29,2
Сахар-песок	15-20	12,0	20,0
Смородина черная замороженная	12-15	8,7	14,5
Семя конопляное шелушенное цельное	8-10	6,0	10,0
Орех кешью дробленый	8-10	5,8	9,7
Яблоки сушеные	5-8	5,0	8,0
Вишня сушеная	5-8	5,0	8,0

По органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям продукт соответствует требованиям нормативных документов.

Выводы

В результате проведенных исследований изучена возможность введения в состав зернового

батончика ингредиентов на основе нетрадиционного растительного сырья, в частности семян конопли.

Исследован состав зерновых хлопьев, не требующих варки – овсяных, гречневых и хлопьев из пророщенной пшеницы, а также орехов – ядер кешью дробленных, миндаля и фундука. Установлено, что овсяные хлопья отличаются высоким содержанием нерастворимых пищевых волокон,

витаминов В₁ и В₂, минеральных веществ – кальция, магния, железа. Дополнительным ингредиентом явилось ядро кешью дробленое, так как оно содержит жиры, представленные разнообразными жирными кислотами, в том числе незаменимой полиненасыщенной линолевой кислотой, витамин РР, минеральные вещества – магний, фосфор, железо.

Изучена пищевая и биологическая ценность семян конопли по содержанию белка, жира, составу аминокислот и жирных кислот. Проведена сравнительная оценка по данным показателям с традиционными (пшеница, кукуруза, соя) и нетрадиционными (чечевица, лен) культурами. Установлено, что семена конопли отличаются высокой биологической ценностью – содержание лизина выше, чем у семян льна, а метионина больше, чем в сое и льне. Кроме того, отмечено высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот, таких как омега-3 и омега-6 и незначительный процент насыщенных жирных кислот; соотношение омега-6/омега-3 составляет 3:1. Семена конопли можно считать функциональным ингредиентом, так как в 100 г этого сырья содержится 85% от ФНП витамина В₁, 16% - витамина В₂, 46% витамина РР. В 100 г семян содержится двойная суточная норма магния и фосфора, и тройная норма марганца. Содержание калия составляет 48%, железа 53%, цинка 82% от ФНП соответственно.

Научно обосновано снижение сахара в связующем веществе за счет добавления в него смородины и пектин-содержащих компонентов батончика. Использование свежей или быстрозамороженной черной смородины в режиме «быстрой варки» позволяет сохранить большинство витаминов, раскрыть вкус и запах ароматизатора (мускатный орех) и остальных фруктово-ягодных компонентов и улучшить вкусовые качества батончика.

Всё вышесказанное подчёркивает высокую пищевую и биологическую ценность продуктов переработки конопли как компонента в пищевом рационе человека и необходимости получения функциональных пищевых продуктов для разных возрастных групп населения в промышленных масштабах.

Благодарности

Авторы выражают благодарность за помощь в проведении исследований ООО «Лига-Серт» (Москва).

Литература

- Абдувохидов, А. К. (2016). Перспективное лечебное растение конопля. *Биология и интегративная медицина*, 6, 243-257.
- Бакуменко, О. Е. (2014). *Научное обоснование и разработка технологий обогащенной пищевой продукции для питания студенческой молодежи* [Докторская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Бакуменко, О. Е., Щерба, И. В., Будкевич, Р. О., Будкевич, Е. В., & Ионова, К. С. (2021). Пищевой рацион – основа для разработки продуктов функционального питания. *Пищевая промышленность*, 3, 59-62. <https://doi.org/10.24412/0235-2486-2021-3-0031>
- Балаева, Е. В., & Краус, С. В. (2013). Совершенствование технологии производства кексов и маффинов с использованием крахмалсодержащего сырья. *Техника и технология пищевых производств*, 3, 3-8.
- Белявская, И. Г., Вржесинская, О. А., Коденцова, В. М., & Шатнюк, Л. Н. (2020). Пищевая ценность хлебобулочных изделий из полбяной муки, обогащенных витаминами, железом и кальцием. *Хлебопродукты*, 2, 54-57. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-2-54-57>
- Бойцова, М. В. (2016). Перспективы развития рынка зерновых батончиков. Взгляд потенциального потребителя. *Новая наука: Стратегии и векторы развития*, 4-1, 17-20.
- Бурова, Н. О., Кислицына, Н. А., Грязина, Ф. И., & Ельчанинова, Н. В. (2016). Особенности производства сухих пророщенных зерен пшеницы и ржи. *Вестник Марийского государственного университета. Сельскохозяйственные науки. Экономические науки*, 2(3), 10-15.
- Быстрова, Е. А. (2018). Высокоэффективный способ переработки ягод брусники в технологиях порошкообразных полуфабрикатов. *Пищевая промышленность*, 4, 5-12.
- Горбунова, Н. В., Евтеев, Н. В., Банникова, А. В., & Решетник, Е. А. (2017). Перспективы использования продуктов комплексной переработки растениеводства в качестве источников антиоксидантов. *Дальневосточный аграрный вестник*, 2, 120-126.
- Зверев, С. В., & Зверева, Н. С. (2006). *Функциональные зерновые продукты*. М.: ДеЛи принт.
- Казанцева, И. Л., Кулеватова, Т. Б., Злобина, Л. Н., Росляков, Ю. Ф., & Бутова, С. Н. (2017). Разработка рецептуры кекера из композитной муки. *Известия вузов. Пищевая технология*, 2-3, 56-61.
- Коденцова, В. М., Вржесинская, О. А., Никитюк, Д. В., & Тутельян, В. А. (2018). Витамин-

- ная обеспеченность взрослого населения Российской Федерации: 1987-2017. *Вопросы питания*, 87(4), 62-68. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043>
- Кудряшова, О. В., Михеева, Г. А., & Шатнюк, Л. Н. (2014). Повышение пищевой ценности мучных кондитерских изделий путем использования новых ингредиентов. *Вопросы питания*, 83(3), 186-187.
- Мартirosян, В. В., Жиркова, Е. В., Малкина, В. Д., & Балуян, Х. А. (2016). Экструзионные продукты профилактического назначения. *Вопросы питания*, 85(2), 294.
- Мелешкина, Е. П., Витол, И. С., & Кандроков, Р. Х. (2016). Продукты переработки зерна тритикале как объект для ферментативной модификации. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 9, 14-18.
- Панкова, Г. А., & Лобова, Т. В. (2013). Изучение состава и свойств семян конопли и возможности получения из них пищевых белковых продуктов. В *Пищевые инновации и биотехнологии: Международный научный форум* (с. 471-474). Кемерово: Кемерский технологический институт пищевой промышленности.
- Рудаков, О. Б., Лесникова, Э. П., Семенова, И. Н., & Полянский, К. К. (2016). *Товарный менеджмент и экспертиза жировых товаров*. СПб.: Лань.
- Савкина, Е. В., & Егорова, Е. Ю. (2017). Разработка рецептур мюсли-батончиков. *Горизонты образования*, 19, 43-47.
- Семенова, О. С., Кусова, И. У., Дубцов, Г. Г., Орешкин, Е. Н., & Дубцова, Г. Н. (2018). Использование сухих картофелепродуктов при производстве хлебопекарной и кулинарной продукции. *Пищевая промышленность*, 6, 32-36.
- Сергеева, Ю. М., & Бакуменко, О. Е. (2021). Использование нетрадиционного растительного сырья для продуктов функционального питания. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, 1-2, 21-24.
- Стрижевская, В. Н., & Мирзаянова, Е. П. (2015). Влияние структуроформирующей основы на качество батончиков мюсли. *Инновационная наука*, 7, 61-63.
- Ткачук, Е. А., Мартынович, Н. Н., & Глобенко, Н. Э. (2021). Особенности пищевого статуса и питания детей с расстройствами аутистического спектра. *Вопросы питания*, 90(5), 67-76. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-5-67-76>
- Adamovics, A., Ivanovs, S., & Dubrovskis, V. (2015). Productivity of industrial hemp and utilization there off or biogas production. In *Environmentally friendly agriculture and forestry for future generations: International Scientific Conference 36 CIOSTA&CIGR. Section 5* (pp. 14-19). S-Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University.
- Alekseenko, E. V., Bakumenko, O. E., & Chernykh, V. Ya. (2021). Shaped jelly marmalade with cranberry concentrate. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Article 052007). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/5/052007>
- Budkevich, R. O., Budkevich, E. V., Bانشchikova, T. N., Bakumenko, O. E., Tinkova, E. L., Evdokimov, I. A. (2020). Nutritional status of polluted region: evaluating student food diary. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Article 012021). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/613/1/012021>
- Semenov, G. V., Tikhomirov, A. A., & Krasnova, I. S. (2016). The choice of the parameters of vacuum freeze drying to thermolabile materials with desired quality level. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(13), 8056-8061.

The Possibility of Using Freeze-Dried Vegetable Powders in the Production of Extruded Cereal Products

Olesya E. Bakumenko

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: bacumenko@rambler.ru*

Elena V. Alekseenko

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: elealekseenk@rambler.ru*

Nataliya V. Ruban

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: nataligato@mail.ru*

Regular surveys of the health and nutrition status of various groups of the Russian population indicate the presence of deficiencies of the most important nutrients, leading to the emergence of various alimentary diseases, the prevalence of which has increased in recent years. One of the effective ways to eliminate deficiencies of essential nutrients in diets and increase the body's resistance to harmful factors is the development of recipes and technologies for food products based on natural, high-quality and safe raw materials in order to promote health and reduce the risk of diseases. The possibility of introducing non-traditional plant raw materials, in particular hemp seeds, into the composition of a grain bar is substantiated. The nutritional value of cereal flakes that do not require cooking – oatmeal, buckwheat and sprouted wheat flakes, as well as nuts – crushed cashew kernels, almonds and hazelnuts – has been studied. It has been established that oat flakes are characterized by a high content of insoluble dietary fiber, vitamins B1 and B2, minerals – calcium, magnesium, iron. The crushed cashew kernel was chosen as an additional ingredient, since it contains fats represented by a variety of fatty acids, including essential polyunsaturated linoleic acid, vitamin PP, minerals – magnesium, phosphorus, iron. The nutritional and biological value of hemp seeds in terms of protein, fat, amino acid and fatty acid composition has been studied. A comparative assessment of these indicators with traditional (wheat, corn, soy) and non-traditional (lentils, flax) crops was carried out. It was revealed that hemp seeds have a high biological value – the content of lysine is higher than that of flax seeds, and methionine is higher than in soy and flax. In addition, a high content of polyunsaturated fatty acids, such as omega-3 and omega-6, and an insignificant percentage of saturated fatty acids were noted; the ratio of omega-6 / omega-3 is 3:1. Scientifically justified reduction of sugar in the binder due to the addition of currants and pectin-containing components of the bar. The use of fresh or quick-frozen black currant in the “fast cooking” mode allows you to preserve most of the vitamins, reveal the taste and smell of the flavoring (nutmeg) and other fruit and berry components and improve the taste of the bar.

Keywords: non-traditional vegetable raw materials, hemp seeds, grain bars, binder, nutritional, biological value, functional ingredients

References

- Abduvokhidov, A. K. (2016). Perspektivnoe lechebnoe rastenie konoplya [Promising medicinal plant cannabis]. *Biologiya i integrativnaya meditsina [Biology and Integrative Medicine]*, 6, 243-257.
- Bakumenko, O. E. (2014). *Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tekhnologii obogashchennoi pishchevoi produktsii dlya pitaniya studencheskoi molodezhi* [Scientific substantiation and development of technologies for enriched food products for the nutrition of student youth] [Doctoral Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Russia.
- Bakumenko, O. E., Shcherba, I. V., Budkevich, R. O., Budkevich, E. V., & Ionova, K. S. (2021). Pishchevoi ratsion – osnova dlya razrabotki produktov funktsional'nogo pitaniya [Diet – the basis for the de-

- velopment of functional foods]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*, 3, 59-62. <https://doi.org/10.24412/0235-2486-2021-3-0031>
- Balaeva, E. V., & Kraus, S. V. (2013). Sovershenstvovanie tekhnologii proizvodstva keksov i maffinov s ispol'zovaniem krakhsoderzhashchego syr'ya [Improving the technology for the production of cakes and muffins using starch-containing raw materials]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Technique and Technology of Food Production]*, 3, 3-8.
- Belyavskaya, I. G., Vrzhesinskaya, O. A., Kodentsova, V. M., & Shatnyuk, L. N. (2020). Pishchevaya tsennost' khlebobulochnykh izdelii iz polbyanoi muki, obogashchennykh vitaminami, zhelezom i kal'tsiem [Nutritional value of spelled flour baked goods enriched with vitamins, iron and calcium]. *Khleboпродукты [Bakery Products]*, 2, 54-57. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-2-54-57>
- Boitsova, M. V. (2016). Perspektivy razvitiya rynka zernovykh batonchikov. Vzgl'yad potentsial'nogo potrebitelya [Prospects for the development of the cereal bars market. View of a potential consumer]. *Novaya nauka: Strategii i vektory razvitiya [New Science: Strategies and Vectors of Development]*, 4-1, 17-20.
- Burova, N. O., Kislitsyna, N. A., Gryazina, F. I., & El'chaninova, N. V. (2016). Osobennosti proizvodstva sukhikh prorozhchennykh zeren pshenitsy i rzhi [Features of the production of dry germinated grains of wheat and rye]. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Sel'skokhozyaistvennyye nauki. Ekonomicheskie nauki [Bulletin of the Mari State University. Agricultural sciences. Economic Sciences]*, 2(3), 10-15.
- Bystrova, E. A. (2018). Vysokoeffektivnyi sposob pererabotki yagod brusniki v tekhnologiyakh poroshkoobraznykh polufabrikatov [A highly efficient method for processing lingonberries in the technology of powdered semi-finished products]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*, 4, 5-12.
- Gorbunova, N. V., Evteev, N. V., Bannikova, A. V., & Reshetnik, E. A. (2017). Perspektivy ispol'zovaniya produktov kompleksnoi pererabotki rastenevodstva v kachestve istochnikov antioksidantov [Prospects for the use of products of complex processing of plant growing as sources of antioxidants]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik [Far Eastern Agrarian Bulletin]*, 2, 120-126.
- Kazantseva, I. L., Kulevatova, T. B., Zlobina, L. N., Roslyakov, Yu. F., & Butova, S. N. (2017). Razrabotka retseptury krepera iz kompozitnoi muki [Development of a cracker recipe from composite flour]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya [University News. Food Technology]*, 2-3, 56-61.
- Kodentsova, V. M., Vrzhesinskaya, O. A., Nikityuk, D. V., & Tutel'yan, V. A. (2018). Vitaminnaya obespechennost' vzroslogo naseleniya Rossiiskoi Federatsii: 1987-2017 [Vitamin provision of the adult population of the Russian Federation: 1987-2017]. *Voprosy pitaniya [Nutrition Issues]*, 87(4), 62-68. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043>
- Kudryashova, O. V., Mikheeva, G. A., & Shatnyuk, L. N. (2014). Povyshenie pishchevoi tsennosti muchnykh konditerskikh izdelii putem ispol'zovaniya novykh ingredientov [Increasing the nutritional value of flour confectionery products through the use of new ingredients]. *Voprosy pitaniya [Nutrition Issues]*, 83(3), 186-187.
- Martirosyan, V. V., Zhirkova, E. V., Malkina, V. D., & Baluyan, Kh. A. (2016). Ekstruzionnye produkty profilakticheskogo naznacheniya [Extrusion preventive products]. *Voprosy pitaniya [Nutrition Issues]*, 85(2), 294.
- Meleshkina, E. P., Vitol, I. S., & Kandrov, R. Kh. (2016). Produkty pererabotki zerna tritikale kak ob'ekt dlya fermentativnoi modifikatsii [Triticale grain processing products as an object for enzymatic modification]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of farm products]*, 9, 14-18.
- Pankova, G. A., & Lobova, T. B. (2013). Izuchenie sostava i svoystv semyan konopli i vozmozhnosti polucheniya iz nikh pishchevykh belkovykh produktov [Study of the composition and properties of hemp seeds and the possibility of obtaining food protein products from them]. In *Pishchevye innovatsii i biotekhnologii: Mezhdunarovnyi nauchnyi forum [Food Innovation and Biotechnology: International Scientific Forum]* (pp. 471-474). Kemerovo: Kemer'skii tekhnologicheskii institut pishchevoi promyshlennosti.
- Rudakov, O. B., Lesnikova, E. P., Semenova, I. N., & Polyanskii, K. K. (2016). Tovarnyi menedzhment i ekspertiza zhirovyykh tovarov [Commodity management and examination of fatty products]. S-Petersburg: Lan'.
- Savkina, E. V., & Egorova, E. Yu. (2017). Razrabotka retseptur myusli-batonchikov [Development of recipes for muesli bars]. *Gorizonty obrazovaniya [Horizons of Education]*, 19, 43-47.
- Semenova, O. S., Kusova, I. U., Dubtsov, G. G., Oreshkin, E. N., & Dubtsova, G. N. (2018). Ispol'zovanie sukhikh kartofeleproduktov pri proizvodstve khlebopekarnoi i kulinarnoi produkt-sii [The use of dry potato products in the production of bakery and culinary products]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*, 6, 32-36.
- Sergeeva, Yu. M., & Bakumenko, O. E. (2021). Ispol'zovanie netraditsionnogo rastitel'nogo

- syr'ya dlya produktov funktsional'nogo pitaniya [Use of non-traditional vegetable raw materials for functional food products]. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and Bakery Production], 1-2, 21-24.
- Strizhevskaya, V. N., & Mirzayanova, E. P. (2015). Vliyanie strukturoformiruyushchei osnovy na kachestvo batonchikov myusli [Influence of the structure-forming base on the quality of muesli bars]. *Innovatsionnaya nauka* [Innovative Science], 7, 61-63.
- Tkachuk, E. A., Martynovich, N. N., & Globenko, N. E. (2021). Osobennosti pishchevogo statusa i pitaniya detei s rasstroistvami autisticheskogo spectra [Features of the nutritional status and nutrition of children with autism spectrum disorders]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 90(5), 67-76. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-5-67-76>
- Zverev, S. V., & Zvereva, N. S. (2006). *Funktsional'nye zernovye produkty* [Functional Cereals]. Moscow: DeLi print.
- Adamovics, A., Ivanovs, S., & Dubrovskis, V. (2015). Productivity of industrial hemp and utilization there off or biogas production. In *Environmentally friendly agriculture and forestry for future generations: International Scientific Conference 36 CIOSTA&CIGR. Section 5* (pp. 14-19). S-Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University.
- Alekseenko, E. V., Bakumenko, O. E., & Chernykh, V. Ya. (2021). Shaped jelly marmalade with cranberry concentrate. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Article 052007). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/5/052007>
- Budkevich, R. O., Budkevich, E. V., Bانشchikova, T. N., Bakumenko, O. E., Tinkova, E. L., Evdokimov, I. A. (2020). Nutritional status of polluted region: evaluating student food diary. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Article 012021). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/613/1/012021>
- Semenov, G. V., Tikhomirov, A. A., & Krasnova, I. S. (2016). The choice of the parameters of vacuum freeze drying to thermolabile materials with desired quality level. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(13), 8056-8061.

Интеллектуальный модуль-дегустатор для прогнозирования вкуса кефира

Музыка Максим Юрьевич

*Московский государственный университет пищевых производств
125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11
E-mail: muzyka@mgupp.ru*

Благовещенский Иван Германович

*Московский государственный университет пищевых производств
125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11
E-mail: igblagov@mgupp.ru*

Благовещенская Маргарита Михайловна

*Московский государственный университет пищевых производств
125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11
E-mail: mmb@mgupp.ru*

Бунеев Алексей Владимирович

*Московский государственный университет пищевых производств
125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11
E-mail: alex-ey.buneev@eu.omron.com*

Благовещенский Владислав Германович

*Московский государственный университет пищевых производств
125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11
E-mail: bvg1996@mail.ru*

В настоящее время основным показателем качества кефира является вкус, который на данный момент определяется органолептическими методами в лабораториях молочных предприятий. В статье рассмотрены проблемы органолептического контроля вкуса кефира. Показано, что такие оценки качества субъективны и несовершенны, а для получения достоверных и эффективных результатов проводимых исследований в процесс производства кефира необходимо внедрять интеллектуальные технологии. Успешное решение задачи автоматизации контроля вкуса кефира в потоке при минимальных затратах на подготовку и проведение анализов будет возможным благодаря внедрению в производственный процесс интеллектуального модуля-дегустатора (программно- аппаратного комплекса), в основе алгоритма работы которого заложены нейросетевые технологии. Для реализации этой задачи разработаны и апробированы методы, способы, алгоритмы, математическое и программное обеспечение создания виртуального датчика контроля в потоке вкуса готового кефира с использованием нейросетевых технологий. Показана перспективность использования таких датчиков в условиях действующих молочных предприятий. Проведен анализ существующих автоматизированных систем управления технологическими процессами на предприятиях молочной промышленности, который показал, что, в большинстве случаев, реализованные в настоящее время автоматизированные системы отвечают только за управление оборудованием технологической линии, а взаимодействие с уровнем управления технологическим процессом производства отсутствует. Это в значительной мере сказывается на уровне автоматизации предприятия в целом. В статье подчеркивается важность создания интеллектуальной системы автоматического прогнозирования вкуса кефира. Подчеркнуто, что для функционирования такой системы необходимо разработка соответствующей модели прогнозирования, позволяющей увеличить точность прогноза и свести к приемлемому минимуму ошибку, тем самым уменьшив убытки, связанные с неопределенностью при принятии решений. Отмечено, что в последнее время наблюдается тенденция возрастания интереса к использованию моделей искусственных нейронных сетей для решения задач прогнозирования в различных сферах человеческой деятельности. Представлены решаемые ими задачи. Разработана интеллектуальная система диспетчерского управления производством кефира с входящим в ее состав интеллектуальным модулем- дегустатором прогнозирования вкуса кефира.

Ключевые слова: прогнозирование, интеллектуальный модуль- дегустатор, вкус, кефир, нейросетевые технологии, системы управления

Введение

Одним из главных приоритетных направлений научно-технологического развития РФ является «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта». В молочном производстве существует проблема контроля в потоке органолептических показателей качества поступающего сырья и готовой продукции с использованием цифровых, интеллектуальных технологий.

В конечной стоимости молочной продукции 65-80 % составляет стоимость сырья. Проблема обеспечения проверки качества готовой продукции в потоке имеет конкретное экономическое значение для предприятия, акционеров. В среднем для линии по производству кефира средней мощности затраты на сырьё исчисляются несколькими миллионам рублей ежедневно. Именно внедрение цифровых, интеллектуальных технологий в контроль и управление этими производствен-

ными процессами позволят эффективно решать эту проблему. Основные стадии технологического процесса (ТП) производства кефира резервуарным способом представлены на Рисунке 1 и состоят из следующих технологических операций (Благовецкая & Злобин, 2005):

- приемка молока и оценка его качества;
- подготовка сырья к производству кефира, включающая очистку молока, термизацию (т.е. тепловую обработку молока при более мягких режимах, чем режимы пастеризации); охлаждение и промежуточное резервирование;
- нормализация молока по жиру;
- гомогенизация,
- пастеризация;
- заквашивание (с поступлением закваски);
- сквашивание в специальных емкостях;
- перемешивание и охлаждение массы;
- созревание (получение кефира);
- перемешивание и розлив в бутылки и маркировка (фасовка и маркировка).

Каждая стадия включает в себя набор операций, способствующих изменению свойств технологиче-

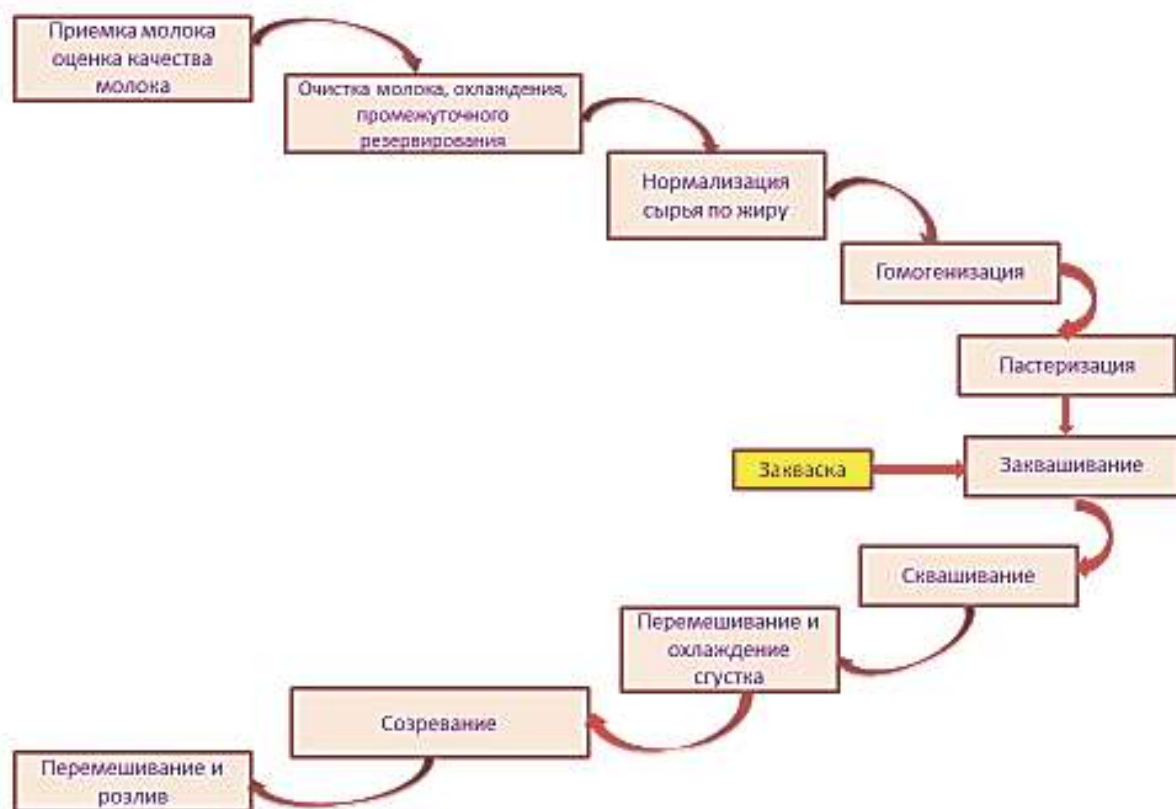


Рисунок 1. Основные стадии ТП производства кефира резервуарным способом

ских материалов, которые в итоге преобразуются в готовый продукт. В получении готового продукта заданного качества большое влияние оказывают также различные материальные потоки производства, такие как пар, сжатый воздух, техническая вода, хладагент, электроэнергия, режимы работы используемого оборудования и др. (Благовещенская, 2009).

Своевременная и точная оценка качества и безопасности молочных продуктов питания, а также их идентификация позволят улучшить качество жизни населения страны. При этом идентификация проводится для подтверждения качества и пищевой ценности готовых изделий на соответствие обязательным требованиям технических регламентов, стандартов, сводов правил, технических условий (Благовещенская и др., 2015). Признаками идентификации кефира по органолептическим показателям качества являются: внешний вид, консистенция, запах, вкус и цвет (Балыхин и др., 2017; Благовещенский и др., 2016).

Органолептический контроль на производстве занимает важное место при определении показателей качества готовой продукции (Благовещенский и др., 2015; Благовещенский & Благовещенская, 2017; Благовещенский & Носенко, 2015). При этом важную роль играют эксперты-дегустаторы, которые проводят на протяжении всей смены производства оценку органолептических показателей качества (ОПК) кефира. Но так как это является невыполнимой задачей, то контроль в процессе производства проводят лишь выборочно, отбирая из партии отдельные образцы изделий. Результатом такой оценки является заключение об органолептических показателях качества изготовленного кефира. В случае положительного результата анализа готовая продукция поступает на реализацию, а в случае отрицательного – бракуется (Савостин и др., 2016; Петряков и др., 2018; Крылова и др., 2017).

Одним из основных ОПК кефира является вкус. Вкус должен быть у кефира чистым кисломолочным, свойственным данному виду продукта, без посторонних привкусов (Карелина и др., 2019; Назойкин & Благовещенский, 2019). Однако проводимый в лабораториях предприятия органолептический контроль вкуса имеет существенные недостатки (Иванов и др., 2012). Так, оценка качества кефира органолептическими методами может привести к субъективным ошибкам из-за так называемых «человеческих факторов»: изменение восприятия вкуса у человека, неверная трактовка вкусовых результатов, вследствие болезней, усталости и непрофессионализма дегустаторов.

Обзор и анализ научной литературы (Благовещенский, 2015; Апанасенко и др., 2012; Балыхин и др., 2019; Балыхин и др., 2017; Благовещенская и др., 2005; Благовещенская и др., 2017; Благовещенский, 2021; Крылова и др., 2017; Савостин, 2014; Савостин и др., 2016; Сантос, 2017) показал перспективность использования для автоматизации контроля вкуса кефира нейросетевые технологии.

Перспективным направлением решения этой проблемы является автоматизация контроля вкуса кефира с использованием интеллектуальных технологий (Балыхин и др., 2019а; Балыхин и др., 2019б; Апанасенко и др., 2012; Благовещенский, 2015; Благовещенский, 2017).

Для решения задачи объективной оценки качества готового продукта необходимо разработать и внедрить в линию производства кефира модуль-дегустатор прогнозирования вкуса кефира, разработанного на основе искусственных нейронных сетей (ИНС).

Таким образом, тема настоящей статьи актуальна и позволяет решить проблему автоматизации контроля вкуса кефира с использованием ИНС. В качестве основных задач исследования выделены следующие:

- исследовать преимущества ИНС для контроля вкуса кефира;
- разработать необходимую для этой задачи структуру нейронной сети;
- провести анализ существующих автоматизированных систем управления технологическими процессами на предприятиях молочной промышленности;
- разработать интеллектуальную систему диспетчерского управления производством кефира с входящим в ее состав интеллектуальным модулем-дегустатором для прогнозирования вкуса кефира.

Научная новизна данного исследования заключается в следующем:

- разработан метод автоматизации контроля органолептического показателя вкуса кефира;
- разработана оптимальная НСМ принятия решений о вкусе кефира;
- получен алгоритм процесса автоматического контроля вкуса кефира.

Целью данной работы является разработка интеллектуальной системы диспетчерского управления производством кефира с входящим в ее состав ин-

теллектуальным модулем- дегустатором для прогнозирования вкуса кефира.

Реализация на производстве модуля- дегустатора дает возможность применять автоматическую систему определения качества исследуемого продукта, уменьшит влияние человеческого фактора на объективность анализа, а также сократит производственный цикл выпуска кефира, исключив стадию органолептической оценки вкуса.

Теоретическое обоснование

Непрерывным контролем в потоке и управлением процессами производства различных пищевых продуктов занимались ученые (Балыхин и др., 20176; Бычков и др., 2015; Харитонов и др., 2019; Balykhin, M. и др., 2018; Blagoveshchenskiy, I. G. и др., 2020). Автоматизация контроля показателей качества пищевых масс с использованием интеллектуальные технологии описана в работах: А.Н. Петрякова, М.М. Благовещенской, В.Г. Благовещенского, В.В. Митина, И.Г. Благовещенского «Повышение качества идентификации и позиционирования объекта на цифровых стерео изображениях при помощи алгоритмов построения карты глубины» (Петряков и др., 2019); Е.А. Назойкина, И.Г. Благовещенского, В.М. Синча, М.В. Жирова, В.В. Митина «Использование имитационного моделирования для идентификации состояния предприятий в пищевой промышленности» (Назойкин и др., 2019); В.Г. Благовещенского, В.О. Новицкого, Л.А. Крыловой, М.Ю. Никитушкиной «Постановка задачи создания интеллектуальной автоматизированной системы управления процессом производства халвы» (Благовещенский и др., 2019); И.Г. Благовещенского, В.Г. Благовещенского, Е.А. Назойкина, А.Н. Петрякова «Интеллектуальный анализ данных для систем поддержки принятия решений диагностики процессов производства пищевой продукции» (Благовещенский и др., 2020).

Разработкой и использованием экспертных систем для создания интеллектуальных систем контроля и управления производствами пищевой продукции занимались: И.Г. Благовещенский «Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий» (Благовещенский, 2018); И.А. Бычков, М.М. Благовещенская, А.С. Носенко, И.Г. Благовещенский «Метод обобщенных интервальных оценок для поддержки групповых экспертных решений в условиях неопределенности» (Бычков и

др., 2015); М.Г. Балыхин, А.Б. Борзов, И.Г. Благовещенский И.Г. «Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции» (Балыхин и др., 2017а); И.Г. Благовещенский, С.М. Носенко «Экспертная интеллектуальная система мониторинга процесса формирования помадных конфет с использованием системы технического зрения» (Благовещенский & Носенко, 2015).

Использованием нейросетевых технологий для разработки АСУТП пищевых производств занимались: И.Г. Благовещенский «Автоматизированная экспертная система контроля в потоке показателей качества помадных конфет с использованием нейросетевых технологий и систем компьютерного зрения» (Благовещенский, 2015); С.И. Апанасенко, М.М. Благовещенская, И.Г. Благовещенский «О перспективах создания системы автоматического контроля влажности кондитерских масс в потоке с использованием аппарата искусственных нейронных сетей» (Апанасенко и др., 2012); М.М. Благовещенская, М.П. Сантон Куннихан «Структура систем управления дозирования с использованием нейронных сетей» (Благовещенская & Сантон Куннихан, 2017); Е.Б. Карелина, В.Г. Благовещенский, С.В. Чувахин, Д.Ю. Клехо, И.Г. Благовещенский «Алгоритмическое обеспечение автоматизированной системы хранения и созревания сыпучих пищевых продуктов» (Карелина и др., 2019); Е.Б. Карелина, М.Г. Балыхин, И.М. Донник, М.М. Благовещенская, И.Г. Благовещенский, З.В. Макаровская, Д.Ю. Клехо «Разработка интеллектуального комплекса для адаптивного управления технологическими процессами текстильной промышленности с применением нейросетевых регуляторов» (Карелина и др., 2019; Сантос & Благовещенская, 2017); С.Д. Савостин, М.М. Благовещенская, И.Г. Благовещенский «Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размолла с использованием интеллектуальных технологий» (Савостин и др., 2016). Также важно в этой области отметить следующие научные работы: M. Balykhin, M. Blagoveschenskaya, I. Blagoveschenskiy, E. Karelina 2018; Ramirez et al., 2009; Wilson & Threapleton, 2003; Legin et al., 1999).

В ФГБОУ ВО «МГУПП» в 2019 г. проводились такие работы как «Использование имитационного моделирования для идентификации состояния предприятий в пищевой промышленности» (Назойкин и др., 2019) и «Автоматизация технологического процесса производства вафель и возможность использования цифрового двойника в качестве инновационного инструмента» (Гарев, Карелина,

Благовещенская, Клехо, Благовещенский, 2019). Кроме того, было защищено несколько диссертаций по автоматизации определения состояния пищевых продуктов: Роденков Е.В. «Математическое и алгоритмическое обеспечение задачи автоматизации процесса дезинфекции ПЭТ-бутылок с помощью озона» (Роденков, 2005), Апанасенко Сергей Игоревич «Автоматизация контроля влажности кондитерских масс с применением интеллектуальных технологий» (Апанасенко и др., 2010); Артамонов А.В. «Разработка информационно-измерительной системы для мониторинга динамики замеса пшеничного теста» (Артамонов, 2012); Иванов Я.В. «Математическое и алгоритмическое обеспечение автоматизации процесса формирования кондитерских масс с использованием цифровой видеосъемки» (Иванов, 2014); Савостин С.Д. «Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размола с использованием интеллектуальных технологий» (Савостин, 2014); Благовещенский И.Г. «Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий» (Благовещенский, 2018); Карелина Е.Б. «Разработка интеллектуального комплекса для адаптивного управления параметрами микроклимата процессов хранения муки» (Карелина, 2018); Благовещенский В.Г. «Интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы с использованием гибридных методов и технологий» (Благовещенский, 2021).

В проводимом исследовании был учтен и проработан опыт предыдущих исследований, использованы рекомендации, приводимые авторами перечисленных трудов. Однако, не было исследований в данной области по такому распространенному в нашей стране кисломолочному диетическому напитку, занимающему по праву доминирующее положение среди всех продуктов переработки молока, как кефир. Поэтому ключевые задачи, связанные с исследованием и анализом возможности контроля вкуса кефира в потоке остаются открытыми. Также, нет разработок интеллектуальных систем диспетчерского управления производством кефира.

Целью прогнозирования является уменьшение риска при принятии решений. При этом прогноз обычно зависит от используемой прогнозирующей системы. Предоставляя модели прогнозирования больше ресурсов, мы можем увеличить точность прогноза и свести к приемлемому минимуму ошибку, тем самым уменьшив убытки, связанные с неопределенностью при принятии решений.

Прогнозирование является одним из ключевых моментов при принятии решений в управлении. Конечная эффективность любого решения зависит от последовательности событий, возникающих уже после принятия решения. Возможность заранее предсказать неуправляемые аспекты этих событий позволяет сделать наилучший выбор, который в противном случае мог бы быть не таким удачным. Поэтому системы контроля и управления, обычно, реализуют функцию прогноза. Необходимо отметить, что прогнозирование - это не конечная цель данного исследования. Прогнозирующая подсистема - это часть большой системы менеджмента и она взаимодействует с другими компонентами системы контроля и управления, играя немалую роль в получаемом оптимальном результате (Blagoveshchenskiy et al., 2020).

Успешное решение задачи автоматизации контроля в потоке вкуса готового кефира при минимальных затратах на подготовку и проведение анализов станет возможным благодаря внедрению в производственный процесс интеллектуального модуля-дегустатора прогнозирования вкуса кефира, в основе алгоритма работы которого заложены нейросетевые технологии (НСТ) (Благовещенский и др., 2019).

Материалы и методы исследования

Объект исследования

Поточная линия производства кефира и процессы органолептического контроля и управления всеми этапами производства этого продукта.

Материалы

При проведении исследований использовался кефир из обезжиренного молока классической жирности без добавлений витамина С. Основные сырьевые компоненты кефира соответствовали традиционной рецептуре по ГОСТ 31454-2012 (Межгосударственный стандарт. КЕФИР. Технические условия).

На Рисунке 1 представлена используемая на молочных предприятиях блок-схема точек контроля кефира, где ОП – органолептические показатели: внешний вид, вкус, консистенция, запах и цвет; ФХП – физико-химические показатели (массовая доля жира, массовая доля белка, кислотность и СОМО; МП – микробиологические показатели: молочнокислые микроорганизмы, пробиотики, дрожжи («Кефир. Технические условия»).

Методы

При проведении исследований применялись: основные положения теории автоматического управления; элементы теории искусственного интеллекта; общие принципы математического моделирования; теория нейронных сетей; методы системного анализа и математической статистики.

При проведении исследований и органолептического контроля дегустационной комиссией определялся балл вкуса кефира, который выражает интенсивность вкуса по балльной шкале. Балльная шкала служит для количественной оценки уровня вкуса и представлена в Таблице 1 гедонической шкалой (шкала предпочтений) органолептической оценки вкуса молочных продуктов.

Процедура исследования

Для проведения исследований по автоматизации определения в потоке вкуса готового кефира была разработана агентная имитационная модель процесса производства кефира, представленная на Рисунке 2.

Разработка агентной имитационной модели позволила структурировано виртуально отобразить все этапы производства кефира и оценить ее эф-

Таблица 1
Шкала органолептической оценки вкуса кефира

Сводная органолептическая оценка	Балл
Превосходно	10
Отлично (прекрасно)	9
Очень хорошо	8
Хорошо	7
Нормально	6
Удовлетворительно	5
Не очень нравится	4
Плохо	3
Очень плохо	2
Не приемлемо (брак)	1

фективность, поскольку данная имитационная модель не только виртуально отображает действительность процессов с той или иной степенью точности, а имитирует работу всей линии производства кефира. Также модель дает возможность прокрутить работу системы в ускоренном или замедленном формате. Время в модели, технологические и режимные параметры можно изменять по необходимости.

Для разработки мультиагентной имитационной модели производства кефира была выбрана

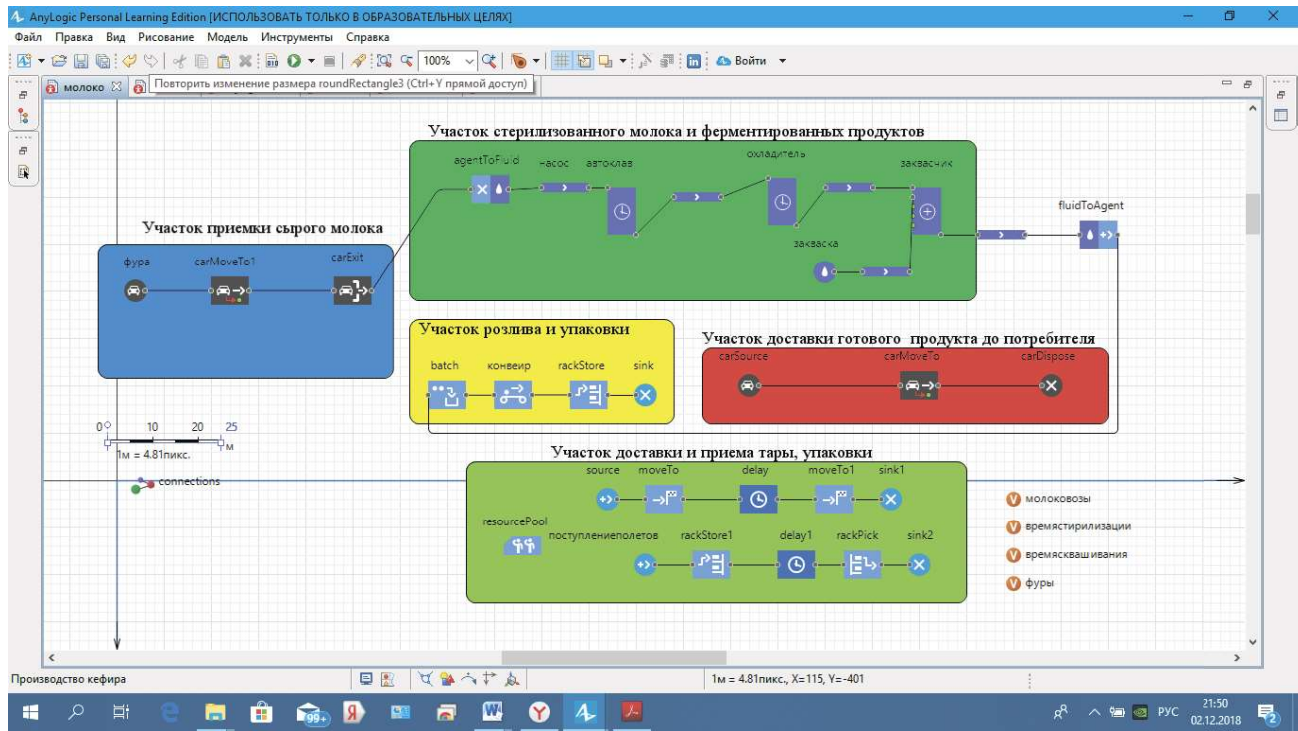


Рисунок 2. Агентная имитационная модель процесса производства кефира

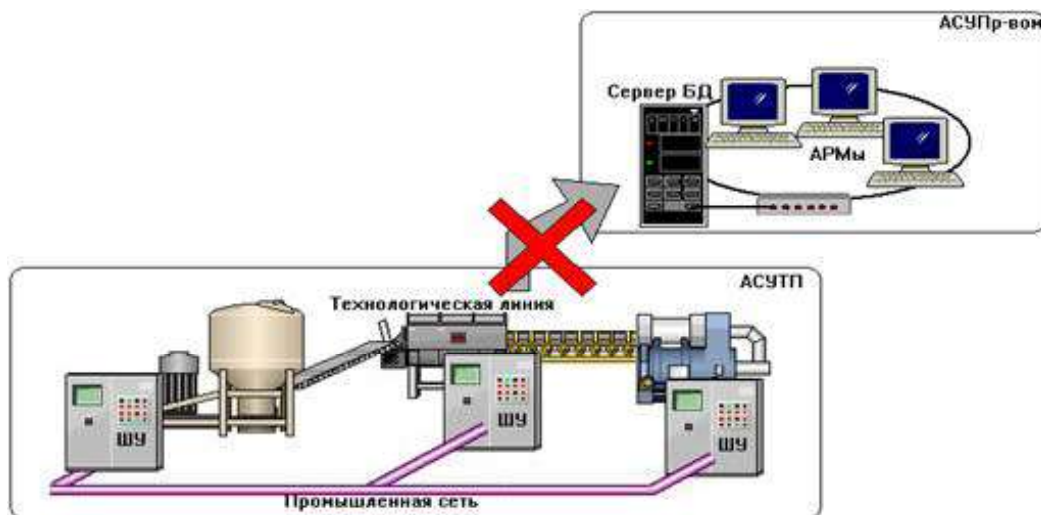


Рисунок 3. Структура молочного производства

среда AnyLogic – наиболее эффективное программное обеспечение (ПО) для мультиагентного моделирования (Петряков и др., 2018). В AnyLogic агентное моделирование комбинируется с дискретно-событийным подходом или системной динамикой. Также разработка модели сопровождается дружественным и удобным в среде разработки интерфейсом, позволяющим не затрагивать код программы. Важным дополнением является наличие библиотеки моделирования процессов. Она позволяет реализовывать сложные процессы, разделяя их на связанные между собой отдельные составляющие, и преобразовывать процессы, используя агентные модели. Кроме того, доступно совмещение с другими библиотеками без потери единства процесса. Имеется встроенная визуализация процесса и статистика по времени с отображением её во временном графике. Благодаря разработке данной модели экспериментальные исследования проводились в виртуальном пространстве с применением технологий имитационного моделирования. При этом были рассмотрены разнообразные варианты управления процессами производства кефира и оценки вкуса готового продукта. При проведении экспериментов варьировались технологические и режимные параметры производства, что позволило в короткие сроки и без лишних затрат увидеть получаемые результаты.

Для решения задачи объективной оценки вкуса готового кефира был проведен анализ существующих автоматизированных систем управления технологическими процессами на предприятиях молочной промышленности, который показал,

что, в большинстве случаев, реализованные в настоящее время системы отвечают только за управление оборудованием технологической линии, а взаимодействие с уровнем управления всем производством отсутствует (Рисунок 3) (Благовещенский и др., 2019).

Это в значительной мере сказывается на уровне автоматизации предприятия в целом. В частности, без указанного выше взаимодействия становится невозможным создание интеллектуального модуля-дегустатора для прогнозирования вкусовых качеств кефира. Для функционирования такого модуля необходимо, чтобы на его вход поступали в реальном времени данные из общей системы управления технологическим процессом всего производства.

Для оптимального функционирования данного модуля необходима выборка большого количества измеряемых в процессе производства технологических параметров за продолжительный период времени. Такое возможно при интеграции модуля прогнозирования с базой данных системы диспетчерского управления (Рисунок 4.).

Информация со всех контроллеров технологической линии по промышленной сети поступает в базу данных производства и хранится в ней достаточно продолжительное время. С помощью специальных запросов на входе интеллектуального модуля прогнозирования формируется выборка необходимой информации в определенной структурированной, понятной для обработки модулем форме. Полнота и достоверность данных, получаемых с датчиков автоматизированной техноло-

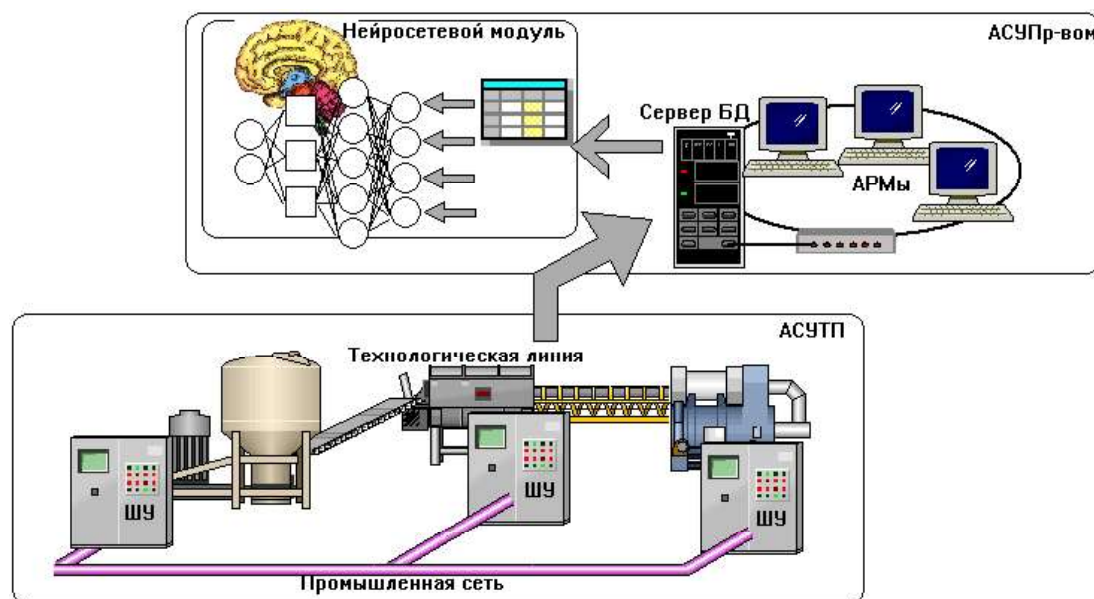


Рисунок 4. Применение нейросетевого модуля прогнозирования вкуса

гической линии, способствует снижению ошибки прогнозирования.

Проведенные исследования выявили контрольные точки для составления достаточной выборки входных параметров НСМ. Группа дополнительных информативных параметров формировалась на стадии проведения обучения НСМ. К указанной категории были отнесены те параметры, весовые коэффициенты которых при обучении НСМ имели значения, оказывающие влияние на показатели выходного слоя НС. Параметры, в которых весовые коэффициенты оказывались незначительное влияние на показатели качества не учитывались.

Основные этапы построения виртуального датчика автоматического контроля органолептического показателя на основе НСТ и встраивание его в интеллектуальный модуль дегустатор в общем случае подробно изложен в кандидатской диссертации И.Г. Благовещенского (Благовещенский, 2015; Благовещенский, 2017). В соответствии с расписанным алгоритмом построения виртуального датчика определена архитектура НС и алгоритм обучения для реализации НСМ. В процессе реализации подбора были проклассифицированы основные типы архитектур НС. После чего был проведен анализ на возможность использования различных архитектур для решения задачи оценки вкуса кефира.

В итоге была создана параметрическая модель для решения задачи автоматического контроля

вкуса готового пищевого продукта. Дальнейшая экспериментальная часть работы проводилась с применением многослойных НС прямого распространения, типа многослойный персептрон. Работа модуля- дегустатора на основе разработанной НСМ была проверена в экспериментальных условиях.

Анализ данных

Вычисления в процессе исследований, численная и графическая обработка результатов производилась с применением математического аппарата прикладных программ. Численная и графическая обработка результатов исследований производилась с применением MatLab.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследований по автоматизации определения в потоке вкуса готового кефира показали, что к настоящему времени все органолептические показатели качества кефира, в том числе вкус, определяются лабораторными методами (Рисунок 5). Оперативный контроль данного показателя качества осуществляется 1 раз в смену органолептическими методами. Инструментальных средств автоматизации контроля этого показателя нет. В настоящее время этот показатель определяется только в лабораторных условиях. Основным заключающим документом об органолептических показателях качества (ОПК) кефира является оценка дегустаторов-технологов.

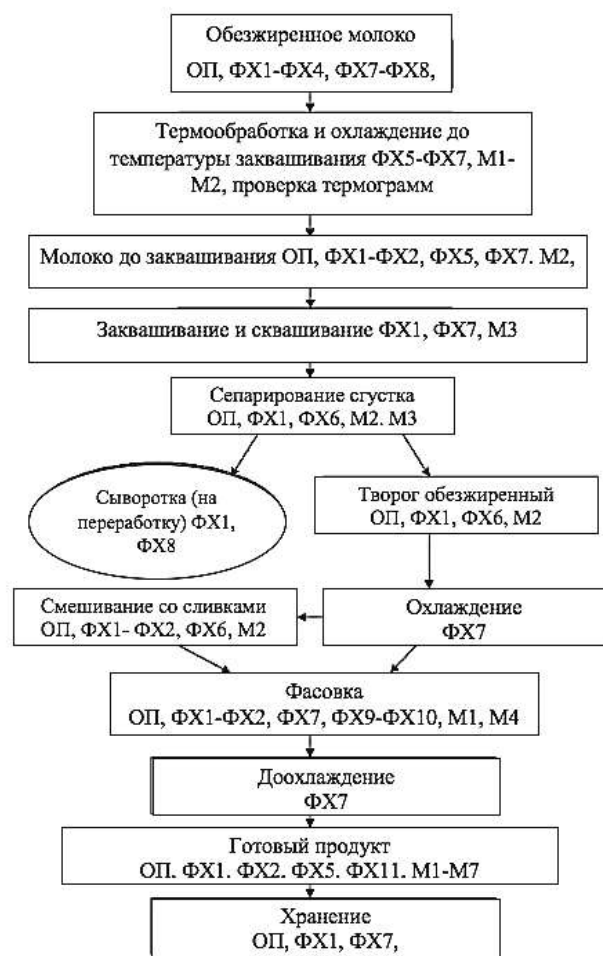


Рисунок 5. Блок-схема точек контроля кефира

Параметры и режимы проведения процессов производства кефира

Проведенные предварительные исследования позволили выявить необходимые для решения намеченных задач параметры и режимы работы оборудования производства кефира, представленные на Рисунке 6.

Как видно из Рисунка 6, температурные режимы важны при всех стадиях производства кефира: подготовке сырья, его сепарировании, при гомогенизации, стерилизации и т.д. Проведенный нами обзор и анализ работ по влиянию тепловой обработки производственной закваски показал, что на органолептические показатели качества готового кефира большое влияние оказывают температурные режимы сквашивания и созревания. Также на органолептические показатели качества кефира большое влияние оказывают режимы работы используемого оборудования и технологические параметры ведения всех стадий производства.

Автоматизации контроля в потоке вкуса готового кефира

В последнее время наблюдается тенденция возрастания интереса к использованию моделей нейросетевых технологий (НСТ) для решения задач контроля и прогнозирования в различных сферах человеческой деятельности (Благовещенский и др., 2020). НСТ являются одним из направлений развития искусственного интеллекта и представляют собой математический аппарат, позволяющий воспроизводить достаточно сложные зависимости. Их применение целесообразно для решения сложно формализуемых задач, в которых входные данные слабо коррелируют с выходными (Благовещенская и др., 2015).

Искусственные нейронные сети – это совокупность моделей биологических нейронных сетей. Они представляют собой набор элементов – искусственных нейронов, связанных между собой синаптическими соединениями. Сеть обрабатывает входную информацию и в процессе изменения своего состояния во времени формирует совокупность выходных сигналов (Крылова и др., 2017). Работа сети состоит в преобразовании входных сигналов во времени, в результате чего меняется внутреннее состояние сети и формируются выходные воздействия. Применение аппарата нейронных сетей для определения вкуса кефира в ходе технологического процесса до его завершения позволит решать ряд следующих задач:

- определение оптимального сочетания большинства органолептических характеристик кефира (аромат, цвет, вкус, консистенция и внешний вид);
- сокращение времени производственного цикла;
- снижение материальных затрат на проведение лабораторного анализа;
- возможность получения новых рецептур и др.;
- повышение эффективности производства кефира.

На сегодняшний день влияние физико-химических и реологических параметров сырья, а также различных технологических режимов на формирование совокупности органолептических характеристик кефира определяется только на основе глубокого лабораторного анализа. Этот процесс занимает достаточно длительное время и требует наличие квалифицированных специалистов. В свою очередь, прогнозирование с помощью нейронных сетей обладает рядом недостатков. Как правило, необходимо порядка ста наблюдений для создания приемлемой нейросетевой модели. Это достаточ-

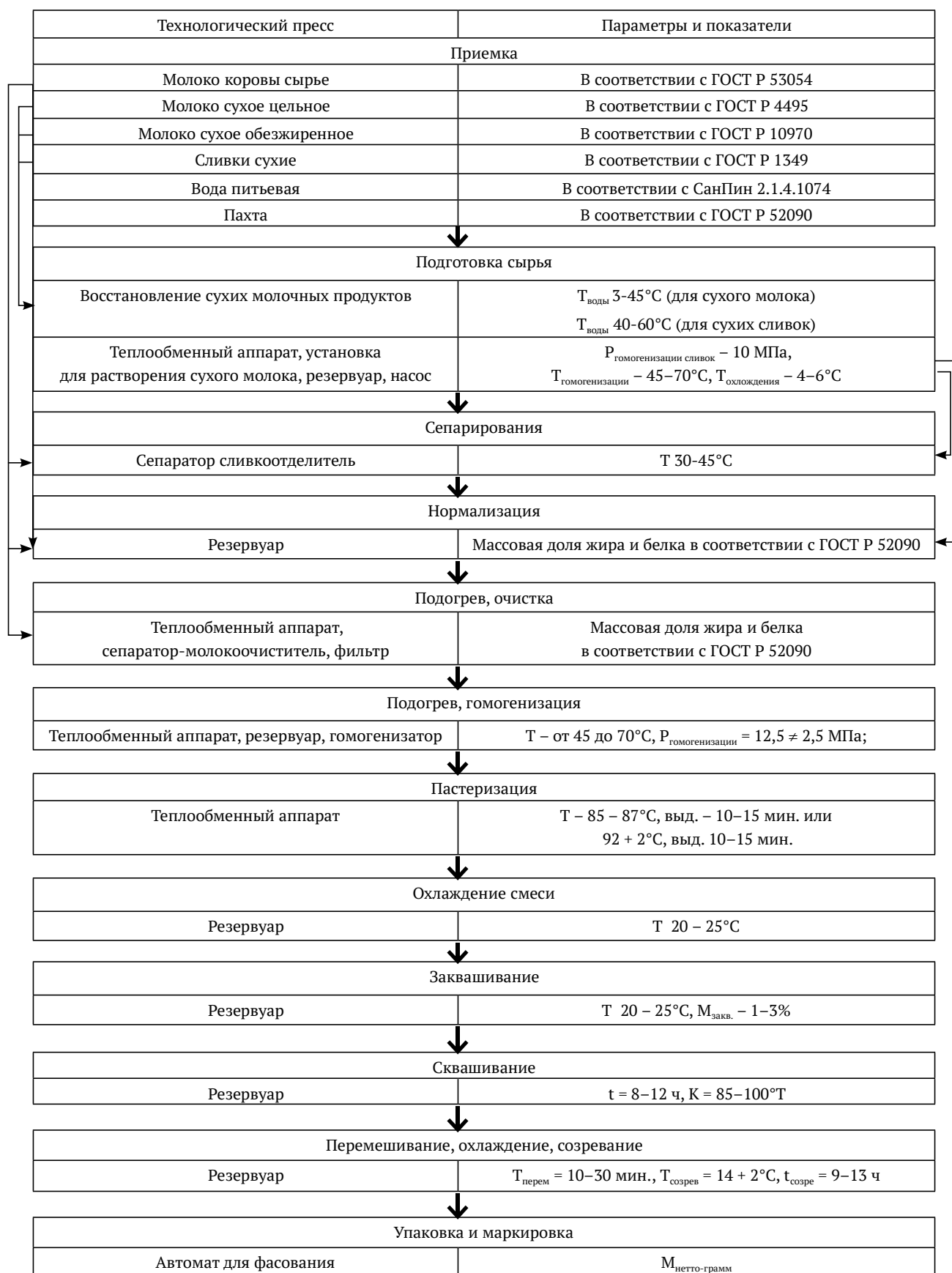


Рисунок 6. Параметры и режимы производства кефира

но большое число данных и, в ряде случаев, такое количество исторических данных недоступно. Однако, необходимо отметить, что возможно построение удовлетворительной модели на нейронных сетях даже в условиях нехватки данных. Модель может уточняться по мере того, как свежие данные становятся доступными. Описанные недостатки становятся решаемыми при взаимодействии программного обеспечения, в основу которого заложена нейросетевая модель с АСУТП, развернутыми на современных автоматизированных технологических линиях молочных предприятий.

В настоящее время при оснащении предприятий молочной промышленности современными автоматизированными технологическими линиями заказчик получает в свое пользование оборудование, укомплектованное огромным количеством разнообразных интеллектуальных датчиков и исполнительных механизмов. В отличие от используемых ранее, эти устройства позволяют не только измерять параметры и вырабатывать управляющие воздействия, но и осуществлять различного рода интеллектуальные операции, такие как: подстройка параметров, оцифровка сигнала, самодиагностика и др. Это позволяет свести к минимуму потери, связанные с износом оборудования, а также в кратчайшие сроки определить неисправность устройства, тем самым снизить процент брака выпускаемой продукции.

В таких системах информация с датчиков поступает на программируемые логические контроллеры. Контроллеры размещены таким образом, чтобы осуществлять управление отдельными узлами технологической линии. Одна современная автоматизированная линия может включать в себя десятки таких устройств. Основной задачей программируемого логического контроллера является отработка алгоритма хода технологического процесса, а также синхронизация работы отдельных узлов линии между собой. Передача информации между узлами осуществляется с помощью промышленных сетей полевого уровня, таких как: Profibus DP, Foundation Fieldbus, CAN open и др.

Наличие в современных АСУТП панелей операторов, с используемым в них интуитивно понятным интерфейсом, дает возможность обслуживающему персоналу без труда корректировать рецептуру изготавливаемой продукции, а также осуществлять ручное управление, как отдельными агрегатами, так и всей линией целиком. Внедрение системы диспетчерского управления открывает возможности централизованного сбора и хранения информации измеряемых параметров на всех стадиях производства, что позволяет осуществлять анализ

различных показателей, необходимых для повышения конкурентоспособности выпускаемой на рынок продукции. Один из таких показателей - вкус кефира. Решение задачи автоматизации контроля вкуса кефира будет возложено на интеллектуальный программный модуль-дегустатор (интеллектуальный программно-аппаратный комплекс) контроля вкуса, в алгоритм работы которого заложена нейросетевая модель прогнозирования.

Для решения задачи автоматического контроля вкуса готового пищевого продукта создана параметрическая модель, представленная на Рисунке 7.

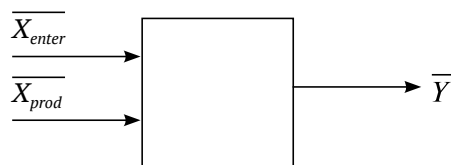


Рисунок 7. Обобщенная параметрическая модель автоматического контроля вкуса кефира

Математически, задачу определения величины вкуса кефира S_k можно сформулировать следующим образом:

$$\bar{Y}_t = [\bar{X}_{amt}, \bar{X}_{lmt}]; \underline{Y} = F(\underline{X}_{am}, \underline{X}_{lm}), \quad (1)$$

где:

$\underline{X}_{am}$ – (automation measurement) входной вектор, характеризующий параметры технологического процесса, полученные в результате автоматических измерений, производимых существующей на производстве АСУ;

$\underline{X}_{lm}$ – (laboratory measurement) входной вектор, характеризующий исходные показатели качества сырья (молока), закваски и полуфабрикатов, определенные в процессе входного контроля и полученные в результате лабораторных измерений.

При постановке задачи в виде формулы (1) на модель ложится проблема определения единственного параметра технологического процесса: величины вкуса кефира. Основой для определения искомого показателя служат разнообразные статистические данные о ходе ТП и органолептические параметры молока и закваски, корреляция которых с определяемым параметром выражена не явно. Таким образом, в случае использования для построения модели аппарата ИНС, задача нейронной сети в данной системе сводится к задаче прогнозирования результата. При правильном формировании обучающей выборки, значения

параметров которой будут охватывать весь допустимый диапазон изменения их значений, задача прогнозирования искомого показателя представляет собой задачу интерполяции результатов. Это означает, что данный виртуальный датчик будет стабильно работать с заданной погрешностью в данном диапазоне значений технологических параметров. Таким образом, нейросетевая модель, обученная по выборке, в которой проводилось соотношение величины вкуса кефира и характерных для данного значения параметров ТП, имеет вид:

$$\underline{y}_i = F(\underline{X}_{ami}, \underline{X}_{lmi}) \quad (2)$$

и производит интерполяцию значения величины вкуса кефира, основываясь на имеющихся данных о процессе.

Определение вкуса кефира посредством обработки технологических измерений программным модулем, работающем на основе нейросетевой модели, является одной из задач разрабатываемой системы управления производством. Таким образом, создаются объективные предпосылки для внедрения на предприятиях молочной промышленности целостной системы автоматического управления производством. Структура такой системы должна иметь модульную концепцию, которая открывает возможности гибкого, планомерного исследования различных классов задач, возникающих на всех стадиях производства.

Полученные данные показали, что оптимальной архитектурой сети будет являться гибридная сеть, сочетающая в себе организацию связей между нейронами как в многослойном персептроне, со значениями выходного слоя выраженными нечеткими правилами, что позволяет получить результат о принадлежности вкуса исследуемого кефира к критериям, по которым осуществляется эта оценка.

Осуществлен подбор количества слоев и количества нейронов для каждого слоя НС. По результатам обучения был проведен анализ работоспособности НСМ, а также анализ степени влияния входных параметров на критерии вкуса по значениям весовых коэффициентов НС. По результатам анализа из входной выборки были удалены те показатели, у которых средние значения весовых коэффициентов, относящихся к связям между входным и промежуточным слоем, не превышало 0,1. Такая модификация входного слоя НС позволила после повторного обучения снизить значения средней погрешности по каждому из критериев на 1% – 1,5%. По результатам исследу-

ований был построен профиль вкуса исследуемого образца кефира.

Для реализации выдачи управляющего воздействия на исполнительные механизмы технологической линии был составлен перечень основных параметров, по которым осуществляется корректировка показателей вкуса. При отклонении параметра полученного профиля вкуса от эталонного происходит изменение уставки корректирующего параметра. Непосредственное воздействие на исполнительный механизм осуществляется посредством передачи команды контроллера с учетом скорректированной уставки.

Разработана структура программно-аппаратного комплекса (ПАК) - интеллектуального модуля-дегустатора автоматического контроля вкуса кефира. Подобран комплекс технических средств для физической реализации ПАК. Разработан алгоритм работы комплекса для всех элементов структуры. Разработаны интерфейсы пользователя для ввода данных в систему и аналитической обработки полученных результатов.

Разработанная структура интеллектуального модуля-дегустатора (ПАК) контроля показателей вкуса кефира позволяет реализовать функции присущие автоматизированным системам управления (Рисунок 9), которые позволяют выполнить необходимые условия для корректной работы ПАК.

Работа модуля-дегустатора на основе разработанной НСМ была проверена в экспериментальных условиях. Функции модуля-дегустатора вкуса:

- автоматический сбор данных с объекта управления (линия производства кефира);
- ввод данных о сырье и полуфабрикатах, посредством человеко-машинного интерфейса;
- обработка данных;
- хранение данных;
- выборка данных;
- реализация работы НСМ;
- статистическая обработка полученных результатов;
- вывод данных в удобной для пользователя форме;
- выдача управляющего воздействия на объект управления.

По результатам проведенных экспериментальных исследований разработана структура модуля – дегустатора (программно-аппаратного комплекса) прогнозирования вкуса кефира с

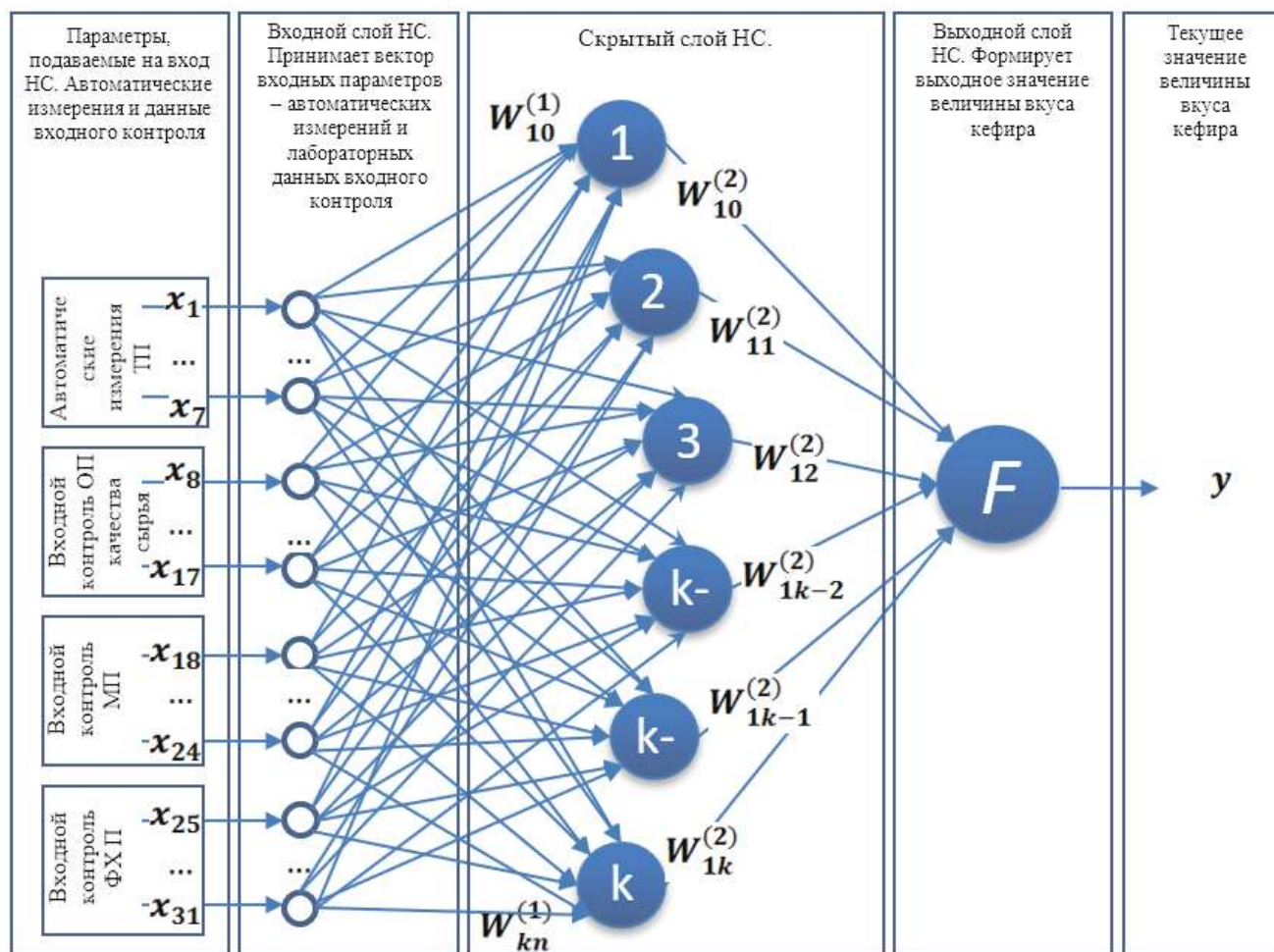


Рисунок 8. Структура НС

использованием нейросетевой модели, позволяющей увеличить точность прогноза и свести к приемлемому минимуму ошибку, тем самым уменьшив убытки, связанные с неопределенностью при принятии решений. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о перспек-

тивности применения интеллектуального модуля- дегустатора для прогнозирования вкуса кефира и использовать его для повышения эффективности и обеспечения стабилизации производства кефира в условиях колебаний свойств поступающего сырья.

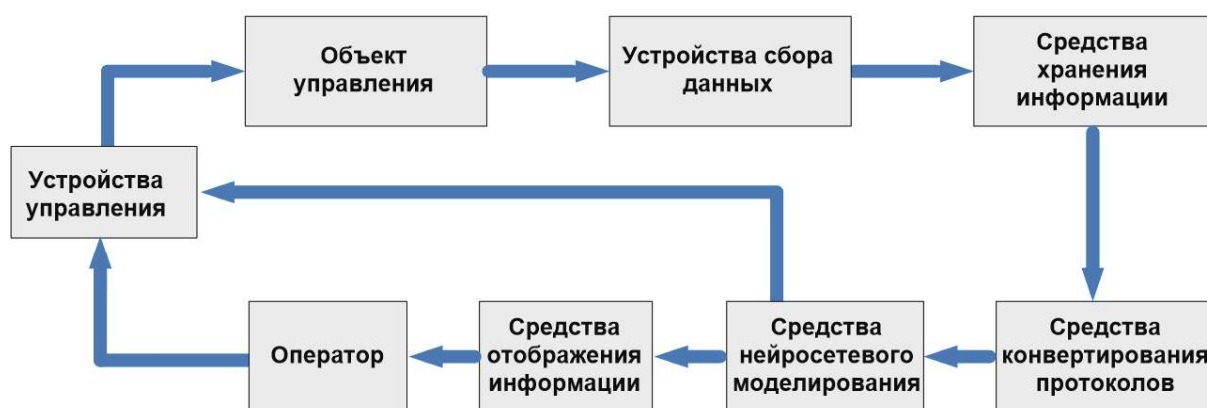


Рисунок 9. АСУТП производства кефира

Выводы

Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности применения искусственных нейронных для автоматизации контроля в потоке вкуса кефира. Разработана структура интеллектуального модуля-дегустатора контроля показателей вкуса кефира. Представлены функции интеллектуальной системы диспетчерского управления производством кефира с входящим в ее состав интеллектуальным модулем-дегустатором для прогнозирования вкуса кефира.

Полученные данные свидетельствуют о том, что автоматизация контроля качества кефира с использованием искусственных нейронных сетей позволит повысить эффективность производства и обеспечит выработку высококачественного кефира.

Литература

- Апанасенко, С. И., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2012). О перспективах создания системы автоматического контроля влажности кондитерских масс в потоке с использованием аппарата искусственных нейронных сетей. В *Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины: Материалы первой международной научно-практической конференции – выставки* (с. 212-214). М.: МГУПП.
- Артамонов А.В. (2012). *Разработка информационно-измерительной системы для мониторинга динамики замеса пшеничного теста* [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Балыхин, М. Г., Благовещенский, И. Г., Благовещенский, В. Г., & Крылова, Л. А. (2019а). Разработка нейросетевой модели для управления процессом дозирования сыпучих масс. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 6-20). М.: МГУПП.
- Балыхин, М. Г., Благовещенский, И. Г., Назойкин, Е. А., & Благовещенский, В. Г. (2019б). Адаптивная система управления с идентификатором нестационарными технологическими процессами в отраслях пищевой промышленности. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 32-39). М.: МГУПП.
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017а). Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции. *Пищевая промышленность*, 11, 60-63.
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017б). *Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий*. М.: Франтера.
- Благовещенская, М. М. (2009). *Основы стабилизации процесса приготовления многокомпонентных масс*. М.: Франтера.
- Благовещенская, М. М., Благовещенский, И. Г., & Назойкин, Е. А. (2015). Методика автоматической оценки качества пищевых изделий на основе теории искусственных нейронных сетей. *Пищевая промышленность*, 7, 42-49.
- Благовещенская, М. М., & Злобин, Л. А. (2005). *Информационные технологии систем управления технологическими процессами*. М.: Высшая школа.
- Благовещенская, М. М., & Сантон Куннихан, М. П. (2017). Структура систем управления дозирования с использованием нейронных сетей. В *День науки: Общеуниверситетская студенческая конференция студентов и молодых ученых* (т. 5, с. 263-267). М.: МГПУПП.
- Благовещенский В.Г. (2021). *Интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы с использованием гибридных методов и технологий*. [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Благовещенский, В. Г., & Благовещенская, М. М. (2017). Разработка экспертной системы контроля качества в процессе приготовления халвы. В *Живые системы и биологическая безопасность населения: Сборнике материалов XV международной научной конференции студентов и молодых ученых* (с. 132-137). М.: МГУПП.
- Благовещенский, В. Г., Новицкий, В. О., Крылова, Л. А., & Никитушкина, М. Ю. (2019). Постановка задачи создания интеллектуальной автоматизированной системы управления процессом производства халвы. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 21-31). М.: МГУПП.
- Благовещенский, И. Г. (2015). *Автоматизированная экспертная система контроля в потоке показателей качества помадных конфет с использованием нейросетевых технологий и систем компьютерного зрения* [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Благовещенский, И. Г. (2018). *Методологические основы создания экспертных систем контроля и*

- прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий [Докторская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Благовещенский, И. Г. (2017). Оценка диапазонов изменения входных параметров для получения желаемого качества пищевой продукции. В *Живые системы и биологическая безопасность населения: Сборник материалов XV международной научной конференции студентов и молодых ученых* (с. 116-121). М.: МГУПП.
- Благовещенский, И. Г., Благовещенская, М. М., Носенко, А. С., & Носенко, С. М. (2016). Методика построения автоматизированных экспертных систем контроля и прогнозирования органолептических показателей качества конфет в потоке. *Кондитерское производство*, 5, 24-27.
- Благовещенский, И. Г., Благовещенский, В. Г., Назойкин, Е. А., & Петряков, А. Н. (2020). Интеллектуальный анализ данных для систем поддержки принятия решений диагностики процессов производства пищевой продукции. В *Цифровизация агропромышленного комплекса: Сборник научных статей* (т. 1, с. 105-110). Тамбов: ТГТУ.
- Благовещенский, И. Г., & Носенко, С. М. (2015). Экспертная интеллектуальная система мониторинга процесса формования помадных конфет с использованием системы технического зрения. *Пищевая промышленность*, 6, 53-58.
- Бычков, И. А., Благовещенская, М. М., Носенко, А. С., & Благовещенский, И. Г. (2015). Метод обобщенных интервальных оценок для поддержки групповых экспертных решений в условиях неопределенности. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 4, 63-65.
- Гарев К.В.И., Карелина Е.Б.И., Благовещенская М. М., Клехо Д.Ю., & Благовещенский И.Г. (2019). Автоматизация технологического процесса производства вафель и возможность использования цифрового двойника в качестве инновационного инструмента. В сборнике: *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности. Сборник материалов конференции.* (с. 40-46). М.: МГУПП.
- Иванов Я.В. (2014). *Математическое и алгоритмическое обеспечение автоматизации процесса формования кондитерских масс с использованием цифровой видеосъемки* [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Иванов, Ю. В., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2012). Автоматизация процесса формования карамельных масс на основе математического и алгоритмического обеспечения с использованием цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика. В *Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для пищевой промышленности и медицины: Материалы первой международной научно-практической конференции и-выставки* (с. 215-218). М.: МГУПП.
- Карелина Е.Б. (2018). *Разработка интеллектуального комплекса для адаптивного управления параметрами микроклимата процессов хранения муки.* [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Карелина, Е. Б., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., Клехо, Д. Ю., & Благовещенский, И. Г. (2019). Интеграция адаптивного управления в технологические процессы пищевой отрасли. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Материалы научно-практической конференции с международным участием* (с. 81-89). М.: МГУПП.
- Крылова, Л. А., Благовещенский, В. Г., & Татаринов, А. В. (2017). Разработка интеллектуальных аппаратно- программных комплексов мониторинга процессов сепарирования дисперсных пищевых масс на основе интеллектуальных технологий. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: Кадры и наука* (с. 199-201). М.: МГУПП.
- Назойкин, Е. А., & Благовещенский, И. Г. (2019). Применение методов имитационного моделирования для идентификации процессов тестоприготовительного отделения на хлебопекарном предприятии. В *Имитационное моделирование и его применение в науке и промышленности: Сборник трудов девятой всероссийской научно-практической конференции* (с. 468-472). М.: МГУПП.
- Назойкин, Е. А., Благовещенский, И. Г., Синча, В. М., Жиров, М. В., & Митин, В. В. (2019). Использование имитационного моделирования для идентификации состояния предприятий в пищевой промышленности. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 147-155). М.: МГУПП.
- Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., & Крылова, Л. А. (2018). Применение методов объектно-ориентированного программирования для контроля показателей качества кондитерской продукции. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, 5-6, 21-23.
- Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., Митин, В. В., & Благовещенский, И. Г. (2019). Применение методов объектно-ориентированного программирования для контроля показателей качества кондитерской продукции. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 147-155). М.: МГУПП.

- щенский, И. Г. (2019). Повышение качества идентификации и позиционирования объекта на цифровых стерео изображениях при помощи алгоритмов построения карты глубины. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 133-138). М.: МГУПП.
- Роденков, Е. В. (2005). *Математическое и алгоритмическое обеспечение задачи автоматизации процесса дезинфекции ПЭТ-бутылок с помощью озона* [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Савостин С.Д. (2014). *Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размола с использованием интеллектуальных технологий* [Кандидатская диссертация, Московский государственный университет пищевых производств]. М., Россия.
- Савостин, С. Д., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2016). *Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размола с использованием интеллектуальных технологий*. М.: Франтера.
- Сантос, М. Р., & Благовещенская, М. М. (2017). Использование нейронной сети для автоматизации процесса управления объемным дозированием молотого кофе. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: Кадры и наука: Научная конференция с международным участием* (с. 102-106). М.: МГУПП.
- Харитонов, П. Н., Карелина, Е. Б., Благовещенский, В. Г., Клехо, Д. Ю., & Благовещенский, И. Г. (2019). Внедрение цифрового двойника управления в технологическое производство. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 171-180). М.: МГУПП.
- Balykhin, M., Blagoveschenskaya, M., Blagoveschenskiy, I., & Petryakov, A. (2018). Designing a course in system modeling for "system analysis and management" and "information systems" majors. In *5th international multidisciplinary scientific conference on social sciences and arts sgem 2018: Conference proceedings* (pp. 167-174). Moscow: Moscow State University of Food Production. <https://doi.org/10.5593/sgemsocial2018/3.5/S13.021>
- Blagoveshchenskiy, I. G., Blagoveshchenskiy, V. G., Besfamilnaya, E. M., & Sumerin, V. A. (2020). Development of databases of intelligent expert systems for automatic control of product quality indicators. In *Journal of Physics: Conference Series* (Article 012019). Moscow: Moscow State University of Food Production. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1705/1/012019>
- Legin, A., Rudnitskaya, A., Vlasov, Yu., di Natale, C., & d'Amico, A. (1999). *Sensors and actuators*. West Publishing Company.
- Ramirez, M. T. M., Garelli, F., Dominguez, A., & Angulo, M. (2009). Simulacion de un algoritmo para controlar el nivel en tolva nate la alimentacion discontinua de caña. *Revista iberoamericana de automatica e informatica industrial*, 6(3), 54-60. [https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(09\)70264-X](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(09)70264-X)
- Wilson, C. I., & Threapleton, L. (2003). *Application of artificial intelligence for predicting beer flavours from chemical analysis*. Coors Brewers, Technical Centre.

Intelligent Module-Taster for Prediction of the Taste of Kefir

Maxim Yu. Muzyka

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: muzyka@mgupp.ru*

Ivan G. Blagoveshchensky

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: igblagov@mgupp.ru*

Margarita M. Blagoveshchenskaya

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: mmb@mgupp.ru*

Alexey V. Buneev

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: alex-ey.buneev@eu.omron.com*

Vladislav G. Blagoveshchensky

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: bvg1996@mail.ru*

One of the most important indicators of the quality of finished kefir is taste, which is currently determined by organoleptic methods in the laboratories of dairy enterprises. The article deals with the problems of organoleptic control of the taste of kefir. It is shown that such quality assessments are subjective and imperfect. Obtaining reliable results and increasing the objectivity of control of the taste of finished kefir is possible due to the introduction of highly effective intelligent technologies into the production process. The successful solution of this problem with minimal costs for preparing and conducting analyzes will be possible due to the introduction of an intelligent taster module (hardware and software complex) into the production process for quality control of kefir taste indicators, the algorithm of which is based on neural network technologies. To solve the problem of an objective assessment of the taste of finished kefir, a neural network structure was developed, such as a multilayer perceptron with one hidden layer, an analysis of existing automated control systems for technological processes at dairy enterprises was carried out, which showed that in most cases, currently implemented automated systems respond only to for the control of the technological line equipment, and there is no interaction with the production management level. This significantly affects the level of automation of the enterprise as a whole. The article emphasizes the importance of creating an intelligent system for automatically predicting the taste of kefir. It is emphasized that for the functioning of such a system, it is necessary to develop an appropriate forecasting model that makes it possible to increase the forecast accuracy and reduce the error to an acceptable minimum, thereby reducing the losses associated with uncertainty in decision-making. It is noted that recently there has been a tendency of increasing interest in the use of models of artificial neural networks for solving forecasting problems in various spheres of human activity. The tasks solved by them are presented. An intelligent system for dispatching kefir production has been developed with an intelligent taster module included in it to predict the taste of kefir.

Keywords: forecasting, intelligent module-taster, taste, kefir, neural network technologies, control systems

References

Apanasenko, S. I., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskii, I. G. (2012). O perspektivakh

sozdaniya sistemy avtomaticheskogo kontrolya vlazhnosti konditerskikh mass v potoke s ispol'zovaniem apparata iskusstvennykh neironnykh setei [On the prospects for creating a system for auto-

- matic control of the moisture content of confectionery masses in a stream using the apparatus of artificial neural networks]. In *Planirovaniye i obespecheniye podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslei pishchevoi pro-myshlennosti i meditsiny: Materialy pervoi mezhdunarodnoi nauchno- prakticheskoj konferentsii – vystavki* [Planning and providing training and retraining of personnel for the food industry and medicine: Proceedings of the first international scientific and practical conference - exhibition] (pp. 212-214). Moscow: MGUPP.
- Artamonov A.V. (2012). *Development of an information-measuring system for monitoring the dynamics of wheat dough kneading* [Razrabotka informatsionno- izmeritel'noy sistemy dlya monitoringa dinamiki zamesa pshenichnogo testa] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Rossiya.
- Balykhin, M. G., Blagoveshchenskii, I. G., Blagoveshchenskii, V. G., & Krylova, L. A. (2019a). Razrabotka neirosetevoi modeli dlya upravleniya protsessom dozirovaniya sypuchikh mass [Development of a neural network model for controlling the process of bulk mass dosing]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent Systems and Technologies in the Food Industry: Collection of Conference Proceedings] (pp. 6-20). Moscow: MGUPP.
- Balykhin, M. G., Blagoveshchenskii, I. G., Nazoikin, E. A., & Blagoveshchenskii, V. G. (2019b). Adaptivnaya sistema upravleniya s identifikatorom nestatsionarnymi tekhnologicheskimi protsessami v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti [Adaptive control system with an identifier for non-stationary technological processes in the food industry]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent Systems and Technologies in the Food Industry: Collection of Conference Proceedings] (pp. 32-39). Moscow: MGUPP.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchenskii, I. G. (2017a). Arkhitektura i osnovnaya kontseptsiya sozdaniya intellektual'noi ekspertnoi sistemy kontrolya kachestva pishchevoi produkt-sii [Architecture and basic concept of creating an intelligent expert system for food quality control]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 11, 60-63.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchenskii, I. G. (2017b). Metodologicheskie osnovy sozdaniya ekspertnykh sistem kontrolya i prognozirovaniya kachestva pishchevoi produkt-sii s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologii [Methodological foundations for the creation of expert systems for monitoring and predicting the quality of food products using intelligent technologies]. Moscow: Frantera.
- Blagoveshchenskaya, M. M. (2009). *Osnovy stabilizatsii protsessa prigotovleniya mnogokomponentnykh mass* [Fundamentals of stabilization of the process of preparing multicomponent masses]. Moscow: Frantera.
- Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskii, I. G., & Nazoikin, E. A. (2015). Metodika avtomaticheskoi otsenki kachestva pishchevykh izdelii na osnove teorii iskusstvennykh neuronnykh setei [Methodology for automatic assessment of the quality of food products based on the theory of artificial neural networks]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 7, 42-49.
- Blagoveshchenskaya, M. M., & Zlobin, L. A. (2005). *Informatsionnye tekhnologii sistem upravleniya tekhnologicheskimi protsessami* [Information technology of process control systems]. Moscow: Vysshaya shkola.
- Blagoveshchensky V.G. (2021). *Intelligent automated halva quality management system using hybrid methods and technologies* [Intellektual'naya avtomatizirovannaya sistema upravleniya kachestvom khalvy s ispol'zovaniem gibridnykh metodov i tekhnologii] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Rossiya.
- Blagoveshchenskaya, M. M., & Santon Kunnikhan, M. P. (2017). Struktura sistem upravleniya dozirovaniya s ispol'zovaniem neuronnykh setei [Structure of dosing control systems using neural networks]. In *Den' nauki: Obshcheuniversitetskaya studentskaya konferentsiya studentov i molodykh uchenykh* [Science Day: All-University Student Conference of Students and Young Scientists] (vol. 5, pp. 263-267). Moscow: MGUPP.
- Blagoveshchensky V.G. (2021). *Intelligent automated halva quality management system using hybrid methods and technologies*. [Intellektual'naya avtomatizirovannaya sistema upravleniya kachestvom khalvy s ispol'zovaniem gibridnykh metodov i tekhnologii] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Rossiya.
- Blagoveshchenskii, V. G., & Blagoveshchenskaya, M. M. (2017). Razrabotka ekspertnoi sistemy kontrolya kachestva v protsesse prigotovleniya khalvy [Development of an expert quality control system in the process of preparing halva]. In *Zhivye sistemy i biologi-cheskaya bezopasnost' naseleniya: Sbornik materialov XV mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh* [Living systems and biological safety of the population: Proceedings of the 15th international scientific conference of students and young scientists] (pp. 132-137). Moscow: MGUPP.

- Blagoveshchenskii, V. G., Novitskii, V. O., Krylova, L. A., & Nikitushkina, M. Yu. (2019). Postanovka zadachi sozdaniya intellektual'noi avtomatizirovannoi sistemy upravleniya protsessom proizvodstva khalvy [Statement of the problem of creating an intelligent automated control system for the production of halva]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent Systems and Technologies in the Food Industry: Collection of Conference Proceedings] (pp. 21-31). Moscow: MGUPP.
- Blagoveshchenskii, I. G. (2015). *Avtomatizirovannaya ekspertnaya sistema kontrolya v po-toke pokazatelei kachestva pomadnykh konfet s ispol'zovaniem neirosetevykh tekhnologii i sistem komp'yuternogo zreniya* [Automated expert control system in the flow of fondant candy quality indicators using neural network technologies and computer vision systems] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Rossiya.
- Blagoveshchenskii, I. G. (2018). *Metodologicheskie osnovy sozdaniya ekspertnykh sistem kontrolya i prognozirovaniya kachestva pishchevoi produktsii s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologii* [Methodological foundations for creating expert systems for monitoring and predicting the quality of food products using intelligent technologies] [Doctoral Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Rossiya.
- Blagoveshchenskii, I. G. (2017). Otsenka diapazonov izmeneniya vkhodnykh parametrov dlya polucheniya zhelaemogo kachestva pishchevoi produktsii [Evaluation of the ranges of input parameters to obtain the desired quality of food products]. In *Zhivye sistemy i biologicheskaya bezopasnost' naseleniya: Sbornik materialov XV mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh* [Living Systems and Biological Safety of the Population: Proceedings of the 15th International Scientific Conference of Students and Young Scientists] (pp. 116-121). Moscow: MGUPP.
- Blagoveshchenskii, I. G., Blagoveshchenskaya, M. M., Nosenko, A. S., & Nosenko, S. M. (2016). Metodika postroeniya avtomatizirovannykh ekspertnykh sistem kontrolya i prognozirovaniya organolepticheskikh pokazatelei kachestva konfet v potoke [Methodology for constructing automated expert systems for monitoring and predicting organoleptic indicators of the quality of sweets in a stream]. *Konditerskoe proizvodstvo* [Confectionery], 5, 24-27.
- Blagoveshchenskii, I. G., Blagoveshchenskii, V. G., Nazoikin, E. A., & Petryakov, A. N. (2020). Intellektual'nyi analiz dannykh dlya sistem podderzhki prinyatiya reshenii dia-gnostiki protsessov proizvodstva pishchevoi produktsii [Data Mining for Decision Support Systems for Diagnostics of Food Production Processes]. In *Tsifrovizatsiya agropro-myshlennogo kompleksa: Sbornik nauchnykh statei* [Digitalization of the agro-industrial complex: Collection of scientific articles] (vol. 1, pp. 105-110). Tambov: TGTU.
- Blagoveshchenskii, I. G., & Nosenko, S. M. (2015). Ekspertnaya intellektual'naya sistema monitoringa protsessa formovaniya pomadnykh konfet s ispol'zovaniem sistemy tekhnicheskogo zreniya [Expert intelligent system for monitoring the molding process of fondant candies using a vision system]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 6, 53-58.
- Bychkov, I. A., Blagoveshchenskaya, M. M., Nosenko, A. S., & Blagoveshchenskii, I. G. (2015). Metod obobshchennykh interval'nykh otsenok dlya podderzhki gruppovykh ekspertnykh reshenii v usloviyakh neopredelennosti [The Method of Generalized Interval Estimations for Supporting Group Expert Decisions under Uncertainty]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 4, 63-65.
- Garev K.V.I., Karelina E.B.I., Blagoveshchenskaya M.M., Klekho D.Yu., & Blagoveshchensky I.G. (2019). Automation of the technological process of waffle production and the possibility of using a digital twin as an innovative tool [Avtomatizatsiya tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva vafel' i vozmozhnost' ispol'zovaniya tsifrovogo dvoynika v kachestve innovatsionnogo instrumenta]. In *the collection: Intelligent systems and technologies in the food industry. Collection of conference materials* [V sbornike: Intellektual'nyye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoy promyshlennosti. Sbornik materialov konferentsii]. S. 40-46.
- Ivanov Ya.V. (2014). *Mathematical and algorithmic support for automating the process of forming confectionery masses using digital video recording* [Matematicheskoye i algoritmicheskoye obespecheniye avtomatizatsii protsessa formovaniya konditerskikh mass s ispol'zovaniyem tsifrovoy videoes'yemki] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Rossiya.
- Ivanov, Yu. V., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskii, I. G. (2012). Avtomatizatsiya protsessa formovaniya karamel'nykh mass na osnove matematicheskogo i algoritmi-cheskogo obespecheniya s ispol'zovaniem tsifrovoy videokamery v kachestve intellektual'nogo datchika [Automation of the caramel mass molding process based on mathematical and algorithmic support using a digital video camera as an intelligent sensor]. In *Planirovanie i obespechenie pod-*

- gotovki i perepodgotovki kadrov dlya pishchevoi promyshlennosti i meditsiny: Materialy pervoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii-vystavki [Planning and provision of training and retraining of personnel for the food industry and medicine: Proceedings of the first international scientific and practical conference-exhibition] (pp. 215-218). Moscow: MGUPP.
- Karelina E.B. (2018). *Development of an intelligent complex for adaptive control of microclimate parameters of flour storage processes*. [Razrabotka intellektual'nogo kompleksa dlya adaptivnogo upravleniya parametrami mikroklimate protsessov khraneniya muki] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Rossiya.
- Karelina, E. B., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskii, V. G., Klekho, D. Yu., & Blagoveshchenskii, I. G. (2019). Integratsiya adaptivnogo upravleniya v tekhnologicheskie protsessy pishchevoi otrasli [Integration of adaptive control into the technological processes of the food industry]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Intelligent systems and technologies in the food industry: Proceedings of a scientific and practical conference with international participation] (pp. 81-89). Moscow: MGUPP.
- Krylova, L. A., Blagoveshchenskii, V. G., & Tatarinov, A. V. (2017). Razrabotka intellektual'nykh apparatno-programmnykh kompleksov monitoringa protsessov separirovaniya dispersnykh pishchevykh mass na osnove intellektual'nykh tekhnologii [Development of intelligent hardware and software systems for monitoring the separation of dispersed food masses based on intelligent technologies]. In *Razvitiye pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti Rossii: Kadry i nauka* [Development of the food and processing industry in Russia: Personnel and science] (pp. 199-201). Moscow: MGUPP.
- Nazoikin, E. A., & Blagoveshchenskii, I. G. (2019). Primenenie metodov imitatsionnogo modelirovaniya dlya identifikatsii protsessov testoprigotovitel'nogo otdeleniya na khlebopekarnom predpriyatii [The use of simulation methods to identify the processes of the dough preparation department at a bakery]. In *Imitatsionnoe modelirovanie i ego primeneniye v nauke i promyshlennosti: Sbornik trudov devyatoi vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Simulation modeling and its application in science and industry: Proceedings of the ninth all-Russian scientific and practical conference] (pp. 468-472). Moscow: MGUPP.
- Nazoikin, E. A., Blagoveshchenskii, I. G., Sincha, V. M., Zhironov, M. V., & Mitin, V. V. (2019). Ispolzovanie imitatsionnogo modelirovaniya dlya identifikatsii sostoyaniya predpriyatii v pishchevoi promyshlennosti [Using simulation modeling to identify the state of enterprises in the food industry]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent Systems and Technologies in the Food Industry: Collection of Conference Proceedings] (pp. 147-155). Moscow: MGUPP.
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskii, V. G., & Krylova, L. A. (2018). Primenenie metodov ob'ektno-orientirovannogo programmirovaniya dlya kontrolya pokazatelei kachestva konditerskoi produktsii [Application of object-oriented programming methods for quality control of confectionery products]. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and Bakery Production], 5-6, 21-23.
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskii, V. G., Mitin, V. V., & Blagoveshchenskii, I. G. (2019). Povysheniye kachestva identifikatsii i pozitsionirovaniya ob'ekta na tsifrovyykh stereo izobrazheniyakh pri pomoshchi algoritmov postroeniya karty glubiny [Improving the Quality of Object Identification and Positioning on Digital Stereo Images Using Depth Mapping Algorithms]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent Systems and Technologies in the Food Industry: Collection of Conference Proceedings] (pp. 133-138). Moscow: MGUPP.
- Rodenkov, E. V. (2005). *Mathematical and algorithmic support for the task of automating the process of disinfection of PET bottles using ozone* [Matematicheskoye i algoritmicheskoye obespecheniye zadachi avtomatizatsii protsesssa dezinfektsii PET-butylkov s pomoshch'yu ozona] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Rossiya.
- Savostin S.D. (2014). *Automation of the control of flour quality indicators in the grinding process using intelligent technologies* [Avtomatizatsiya kontrolya pokazateley kachestva muki v protsesse razmola s ispol'zovaniyem intellektual'nykh tekhnologiy] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Rossiya.
- Savostin, S. D., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskii, I. G. (2016). *Avtomatizatsiya kontrolya pokazateley kachestva muki v protsesse razmola s ispol'zovaniyem intellektual'nykh tekhnologiy* [Automation of the control of flour quality indicators in the grinding process using intelligent technologies]. Moscow: Frantera.
- Santos, M. R., & Blagoveshchenskaya, M. M. (2017). Ispolzovanie neironnoi seti dlya avtomatizatsii protsesssa upravleniya ob'emnym dozirovaniem

- molotogo kofe [Using a neural network to automate the process of controlling the volumetric dosing of ground coffee]. In *Razvitie pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti Rossii: Kadry i nauka: Nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem* [Development of the food and processing industry in Russia: Personnel and science: Scientific conference with international participation] (pp. 102-106). Moscow: MGUPP.
- Karelina E.B. (2018). *Development of an intelligent complex for adaptive control of microclimate parameters of flour storage processes*. [Razrabotka intellektual'nogo kompleksa dlya adaptivnogo upravleniya parametrami mikroklimate protsessov khraneniya muki] [Candidate Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv]. Moscow, Rossiya.
- Kharitonova, P. N., Karelina, E. B., Blagoveshchenskii, V. G., Klekho, D. Yu., & Blagoveshchen-skii, I. G. (2019). Vnedrenie tsifrovogo dvoynika upravleniya v tekhnologicheskoe proizvodstvo [Implementation of the digital twin of control in technological production]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi pro-myshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent Systems and Technologies in the Food Industry: Collection of Conference Proceedings] (pp. 171-180). Moscow: MGUPP.
- Balykhin, M., Blagoveschenskaya, M., Blagoveschenskii, I., & Petryakov, A. (2018). Designing a course in system modeling for “system analysis and management” and “information systems” majors. In *5th international multidisciplinary scientific conference on social sciences and arts sgem 2018: Conference proceedings* (pp. 167-174). Moscow: Moscow State University of Food Production. <https://doi.org/10.5593/sgemsocial2018/3.5/S13.021>
- Blagoveshchenskiy, I. G., Blagoveshchenskiy, V. G., Besfamilnaya, E. M., & Sumerin, V. A. (2020). Development of databases of intelligent expert systems for automatic control of product quality indicators. In *Journal of Physics: Conference Series* (Article 012019). Moscow: Moscow State University of Food Production. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1705/1/012019>
- Legin, A., Rudnitskaya, A., Vlasov, Yu., di Natale, C., & d'Amico, A. (1999). *Sensors and actuators*. West Publishing Company.
- Ramirez, M. T. M., Garelli, F., Dominguez, A., & Angulo, M. (2009). Simulacion de un algoritmo para controlar el nivel en tolva nate la alimentacion discontinua de caña. *Revista iberoamericana de automatica e informatica industrial*, 6(3), 54-60. [https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(09\)70264-X](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(09)70264-X)
- Wilson, C. I., & Threapleton, L. (2003). *Application of artificial intelligence for predicting beer flavours from chemical analysis*. Coors Brewers, Technical Centre.

Развитие системы школьного питания в рамках реализации Федерального закона 47-ФЗ

Балыхин Михаил Григорьевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11

E-mail: mgurp@mgurp.ru

Лисицын Андрей Борисович

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН,

Адрес: 109316, Москва, ул. Талалихина, д. 26

E-mail: info@vniimp.ru

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет

пищевых производств»,

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11

Эдварс Ростислав Анатольевич

ООО «Альтернатива»

Адрес: 432072, Ульяновская область, город Ульяновск,

проспект Академика Филатова, д. 11

E-mail: ul-alternativa@mail.ru

Щетинин Михаил Петрович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11

E-mail: shchetininmihail@mgurp.ru

Дыдыкин Андрей Сергеевич

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

109316, Москва, ул. Талалихина, д. 26

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11

E-mail: a.didikin@fnpcps.ru

Деревицкая Ольга Константиновна

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Адрес: 109316, Москва, ул. Талалихина, д. 26

E-mail: o.derevickaya@fnpcps.ru

Волков Алексей Павлович

АНО «Агентство здорового и социального питания»

Адрес: 432072, Ульяновская обл., г. Ульяновск, проезд Максимова, д. 4, оф. 10

В статье представлены предложения по развитию комплексной системы школьного питания в РФ. Обеспечение детей здоровым питанием является одной из задач 47-ФЗ. Исходя из положений нового Федерального закона, дети начальной школы должны быть обеспечены горячим питанием, состоящим из специализированных продуктов, отвечающих принципам и требованиям детского питания. В рамках реализации Федерального закона 47-ФЗ целесообразно создание и развитие комплексной системы организации школьного питания, которую необходимо развивать преимущественно за счет отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности. Основная задача

этой системы - организация здорового питания детей начальной школы с участием бюджетов всех уровней (федерального, субъектов Российской Федерации, местных бюджетов и иных источников финансирования), включающая логистику, доставку, хранение, формирование рационов и меню, дотировку и реализацию. Для создания системы школьного питания, необходимо реализовать следующие направления: расширение выпуска специализированных продуктов для детского питания по государственным стандартам на предприятиях пищевой промышленности; обязательное соблюдение действующих требований к производству продуктов детского питания для организованных образовательных коллективов; широкое применение современных пищевых технологий для организации питания образовательных коллективов; внедрение системы контроля качества продуктов для детского питания. Развитие системы школьного питания в рамках реализации федерального закона 47-ФЗ уже реализуется в одном из прогрессивных субъектов Российской Федерации – Ульяновской области при участии ведущей научной организации в области пищевых технологий ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН и ведущего пищевого ВУЗа страны ФГБОУ ВО «Московский университет пищевых производств», совместно с АНО «Агентство здорового и социального питания» (г. Ульяновск) и ООО «Альтернатива» (современный комбинат школьного питания в г. Ульяновск). Опыт развития в регионе современной системы школьного питания позволит использовать полученные результаты и в других субъектах Российской Федерации.

Ключевые слова: здоровое питание, организованные коллективы, пищевые технологии, мясная продукция для детского питания

Введение

Государство с помощью социальных инструментов должно создавать гарантии безопасного развития своего народа. Одной из таких гарантий является обеспеченность детей безопасными и потребительно доступными продуктами питания, при создании которых необходимо учитывать научные, организационные и нормативно-правовые факторы. Вопросы обеспечения детей высококачественным питанием становятся наиболее актуальными и в некоторой степени политизированными. Важным моментом в решении этих вопросов является недопущение спекуляций таким особым социальным аспектом, как детское питание.

В условиях сложной текущей экономической ситуации, большое внимание необходимо уделять качеству и безопасности сырья и готовых продуктов, используемых в питании детских коллективов, т.к. финансовые трудности и дефицит специализированных ресурсов являются одной из причин появления на рынке продукции заниженного качества, которая может быть использована при организации школьного питания.

До настоящего времени сохраняются негативные тенденции в состоянии здоровья детей и подростков. Недостаточность и нерациональность питания этой важной социальной категории приводит к появлению тяжелых заболеваний в молодом возрасте, что в свою очередь снижает уровень здоровья и продолжительность жизни населения России. Проблема питания взрослых и детей в настоящее время остается острой пото-

му, что интенсивность жизни общества, некоторые экологические изменения и нестабильность материального обеспечения становятся основными критериями, негативно влияющими на питание в семье, коллективе, школе и т.д. (Мошурова и др., 2018; Перекусихин & Васильев, 2015).

По данным Минздрава РФ на начало текущего учебного года здоровье российских школьников постепенно ухудшается с 1-го по 11-й класс. Об этом свидетельствуют данные десятилетнего исследования Национального медицинского исследовательского центра здоровья детей при Минздраве России. По данным специалистов, абсолютно здоровыми в первом классе были признаны 4,3 % наблюдаемых школьников, к концу обучения таких не осталось. За 11 лет обучения в школе распространенность функциональных отклонений у детей возросла почти на 15 %, а хронические заболевания стали диагностироваться на 52,8 % чаще. При этом мальчики чаще всего страдают от язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, ожирения, плоскостопия, бронхиальной астмы и гипертонии. Среди девочек больше распространены нарушения в области массы тела – дефицит веса, головные боли, неврозы, близорукость. Исследование проводилось в четырех школах Москвы, в которых врачи наблюдали 426 учеников с 2005 по 2015 год. В общей сложности было проведено более 25 тысяч медицинских осмотров¹.

Важным фактором или спусковым механизмом «триггером» этих патологических состояний, а иногда и определяющим, является качество и режим питания.

¹ Минздрав о болезнях школьников. <https://newdaynews.ru/669489.html>

В настоящее время в РФ нет единой эффективной схемы организации школьного питания. Осуществление этой задачи возможно на законодательном уровне, при этом необходимо учитывать результаты научных исследований, направленных на повышение качества и безопасности продукции для питания школьников.

Одним из важных шагов в реализации государственной социальной политики здоровьесбережения нации являются подписанный 1 марта 2020 года Президентом РФ Владимиром Путиным Федеральный закон N 47-ФЗ о внесении изменений в Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов»² и статья 37 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации»³, которые устанавливают обязательные требования в части организации питания детей. Введенные статьи 25.1 и 25.2 указывают, что производство (изготовление) пищевых продуктов для питания детей должно соответствовать требованиям, предъявляемым к производству специализированной пищевой продукции. Также в этих статьях говорится о том, что пищевая ценность продуктов для питания детей должна соответствовать функциональному состоянию организма ребенка с учетом его возраста. Пищевые продукты для питания детей должны удовлетворять физиологические потребности детского организма, быть качественными и безопасными для здоровья детей.

Важным моментом является принятие термина «здоровое питание», который определяется как питание, ежедневный рацион которого основывается на принципах безопасности и создает условия для физического и интеллектуального развития, жизнедеятельности человека и будущих поколений. Кроме того, в рамках этого закона вводится понятие «горячее питание» - здоровое питание, которым предусматривается наличие горячих первого и второго блюд или второго блюда в зависимости от приема пищи, в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями. И, наконец, дополнение статьи 37 Федерального закона «Об образовании в Российской Федера-

ции» часть 2.1⁴ четко определяет, что обучающиеся по образовательным программам начального общего образования в государственных и муниципальных образовательных организациях обеспечиваются учредителями таких организаций не менее одного раза в день бесплатным горячим питанием, предусматривающим наличие горячего блюда, не считая горячего напитка, за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов и иных источников финансирования, предусмотренных законодательством Российской Федерации.

Таким образом, исходя из положений нового Федерального закона, дети начальной школы должны быть обеспечены горячим питанием, состоящим из специализированных продуктов, отвечающих принципам и требованиям детского питания.

Новый принятый закон является своевременным инструментом регулирования качества и безопасности школьного питания. Совместно с уже действующими законодательными актами (Доктрина продовольственной безопасности (Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года № 20)⁵; План мероприятий по реализации основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года (Утвержден Распоряжением Правительства РФ № 1134-р)⁶; Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающие современным требованиям здорового питания (Приказ Минздрава России от 19.08.2016 № 614)⁷; Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. (Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.06.2016 г. № 1364-р)⁸; Технические регламенты Таможенного союза; Санитарные правила и нормы в области организации детского питания) принятый Федеральный закон позволит создать национальную систему обеспечения детей начальной школы безопасными и качественными продуктами.

² ФЗ 47-ФЗ. (2020). *О качестве и безопасности пищевых продуктов*. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73584045/>

³ ФЗ 273-ФЗ. (2012). *Об образовании в Российской Федерации*. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/

⁴ Там же.

⁵ Доктрина продовольственной безопасности. (2020). <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202001210021>

⁶ Распоряжение Правительства РФ 1134-р. (2020). *План мероприятий по реализации основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года*. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202004250003>

⁷ Приказ Минздрава РФ 614. (2016). *Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающие современным требованиям здорового питания*. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/>

⁸ Распоряжение Правительства РФ 1364-р. (2016). *Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г.* <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71335844/>

Учитывая изложенное, очевидно, что в рамках реализации 47-ФЗ целесообразно создание и развитие комплексной системы организации школьного питания в РФ, включая обеспечение бесплатным горячим питанием учащихся начальной школы 1-4 классов.

Система школьного питания

Систему обеспечения обучающихся горячим питанием необходимо развивать преимущественно за счет отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности. Основная задача этой системы – организация здорового питания детей начальной школы с участием бюджетов всех уровней (федерального, субъектов Российской Федерации, местных бюджетов и иных источников финансирования), включающая логистику, доставку, хранение, формирование рационов и меню, доготовку и реализацию.

Развитие системы школьного питания должно основываться на следующих принципах:

- а) здоровье ребенка – важнейший приоритет государства;
- б) продукты детского питания не должны причинять ущерб здоровью подрастающего поколения;
- в) детское питание должно не только удовлетворять физиологические потребности растущего организма в пищевых веществах и энергии, но и способствовать защите молодого организма от неблагоприятных условий окружающей среды, а также выполнять профилактические функции.

На Рисунке 1 представлены основные структурные элементы системы школьного питания. Научные нормы потребления пищевых веществ должны быть обеспечены за счет меню и блюд, составленных преимущественно на основе специализированных детских продуктов и продовольственного сырья, производимых в соответствии с государственными стандартами, и отвечающих всем требованиям к этой категории продовольственных товаров. Меню и блюда, используемые для организации питания в образовательных учреждениях, необходимо комплектовать в строгом соответствии с требованиями СанПиН 2.4.5.2409-08⁹ «Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобра-



Рисунок 1. Основные структурные элементы системы школьного питания

зовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования» (Рождественская, 2014).-

Школьные коллективы должны быть обеспечены специализированными продуктами и блюдами с учетом региона, традиций, потребительских предпочтений, состояния здоровья детей, предрасположенности к заболеваниям, возраста, особенностей уклона и специфики образовательного учреждения, т.е. должна применяться максимально возможная индивидуальная или коллективная персонализация рационов питания.

Участие федеральных бюджетных средств, покрывающих стоимость блюд, входящих в школьное меню обучающихся 1-4 классов, обеспечит равных доступ детей из семей с различным уровнем дохода к высококачественной и безопасной пищевой продукции.

Основными функциональными элементами системы школьного питания должны быть: *логистика комплектации меню; доставка продукции в пищеблок; подготовка блюд к сервировочной подаче; цифровые технологии*. Сегодня развитие IT-технологий позволяет включить любого пользователя в процесс принятия решения, т.е. родители, зная состояние здоровья, пищевые привычки, традиционные пищевые предпочтения при выборе своего

⁹ СанПиН 2.4.5.2409-08. (2008). Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12061898/>

ребенка, могут быть участниками формирования и комплектации меню детей в школе. Умная цифровая модель формирования меню с участием родителей может помочь в этом процессе и, учитывая заданные требования, комплектовать меню, соответствующее всем нормам пищевой ценности для той или иной возрастной группы детей. Также цифровой подход, с помощью соответствующих мобильных smart-приложений, может позволить повысить информированность родителей об организации питания в школе, в том числе расходовании собственных средств по факту приема пищи ребенком.

Развитие современной материально-технической базы в учреждениях сферы школьного питания целесообразно осуществлять в форме доготовочных и раздаточных столовых, работающих на полуфабрикатах или готовых блюдах, поставляемых предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности, а также индустриальными комбинатами питания. Реализация продукции должна осуществляться через сеть комбинатов питания, являющихся основным звеном цепочки «от сельхозпроизводителя до потребителя» (Рисунок 2). Крупные и средние перерабатывающие предприятия, потребкооперация, крестьянские (фермерские) хозяйства и другие малые формы хозяйствования могут занять в данной системе место основных поставщиков сырья и готовой продукции для детского питания.

Отечественный и зарубежный опыт свидетельствуют, что успешное решение проблемы питания детей в школе и других общеобразовательных учреждениях должно основываться на использовании продуктов повышенной готовности промышленного производства. И в свою очередь, недостаточная обеспеченность школьно-базовых столовых высокотехнологичным оборудованием, также диктует привлечение перерабатывающей отрасли (Дыдыкин и др., 2013; Деревицкая и др., 2015).

Для создания комплексной системы школьного питания, необходимо рассмотреть следующие основные направления:

1. Расширение выпуска специализированных продуктов для детского питания по государственным стандартам на предприятиях пищевой промышленности.
2. Требования к производству детских продуктов для организованных образовательных коллективов.
3. Современные «FOOD-технологии» для организации питания образовательных коллективов.
4. Системы контроля качества продуктов для детского питания.

Расширение выпуска специализированных продуктов для детского питания по государственным стандартам на предприятиях пищевой промышленности

В настоящее время предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности могут и должны выпускать продукты здорового питания (полуфабрикаты, готовые изделия, блюда) для поставки их комбинатам, обеспечивающим организованные детские коллективы. Уже сегодня отраслевыми научно-исследовательскими организациями и университетами пищевого профиля создан широкий ассортимент продуктов для питания детей школьного возраста, вырабатываемый по межгосударственным и национальным стандартам. Их внедрение, как правило, не требует существенных капитальных вложений и может быть осуществлено при научном консультационном обеспечении, а также при условии государственного заказа и экономической поддержке (Деревицкая и др., 2018; Устинова и др., 2011).

На специализированное сырье для производства продукции детского питания действуют следующие стандарты: ГОСТ 31798-2012 «Говядина и телятина для производства продуктов детского питания».



Рисунок 2. Основная схема логистики пищевой продукции в школьный пищеблок

Технические условия»¹⁰; ГОСТ 31799-2012 «Мясо и субпродукты, замороженные в блоках, для производства продуктов питания детей раннего возраста. Технические условия»¹¹; ГОСТ 32273-2013 «Мясо. Оленина для детского питания. Технические условия»¹²; ГОСТ 32734-2014 Мясо перепелов для детского питания. Технические условия»¹³; ГОСТ 32752-2014 Субпродукты охлажденные для детского питания. Технические условия»¹⁴; ГОСТ 32914-2014 «Мясо сублимационной сушки для детского питания. Технические условия»¹⁵; ГОСТ 34122-2017 «Субпродукты птицы для детского питания. Технические условия»¹⁶; ГОСТ 34424-2018 «Промышленность мясная. Классификация жилованного мяса при производстве мясной продукции для детского питания»¹⁷; ГОСТ Р 52306-2005 «Мясо птицы (тушки цыплят, цыплят-бройлеров и их разделанные части) для детского питания. Технические условия (с Изменением N 1)»¹⁸; ГОСТ Р 52820-2007 «Мясо индейки для детского питания. Технические условия (с Изменением N 1)»¹⁹; ГОСТ Р 54034-2010 «Мясо. Баранина и ягнятина для детского питания. Технические условия»²⁰; ГОСТ Р 54048-2010 «Мясо. Свинина для детского питания. Технические условия»²¹; ГОСТ Р 55335-2012 «Мясо. Конина для детского питания. Технические условия»²²; ГОСТ 32742-2014 «Полуфабрикаты. Пюре фруктовые и овощные консервированные асептическим способом. Технические условия»²³; ГОСТ 31645-2012 «Мука для продуктов

детского питания. Технические условия»²⁴; ГОСТ 33282-2015 «Филе рыбы мороженое для детского питания. Технические условия (с Поправкой)»²⁵; ГОСТ 33633-2015 «Масло сливочное для детского питания. Технические условия»²⁶; ГОСТ 1129-2013 «Масло подсолнечное. Технические условия» (Марки «Премиум»)»²⁷; ГОСТ 8808-2000 «Масло кукурузное. Технические условия» (Марки «Д»)»²⁸; ГОСТ 32252-2013 «Молоко питьевое для питания детей дошкольного и школьного возраста. Технические условия»²⁹; ГОСТ 32924-2014 «Сливки питьевые для детского питания. Технические условия»³⁰; ГОСТ 34255-2017 «Консервы молочные. Молоко сухое для производства продуктов детского питания. Технические условия»³¹; ГОСТ 32735-2014 «Продукты яичные жидкие охлажденные для детского питания. Технические условия»³².

Стандартизация в области мясного сырья для производства детской продукции широко развита неслучайно. Мясо является одним из важнейших пищевых компонентов в питании детей, обеспечивая необходимые условия роста и течения обменных процессов. С мясом дети получают, прежде всего, белок, который по своему аминокислотному составу идеально подходит для развития и роста. Кроме того, в силу географических и климатических особенностей России, мясо и продукты убоя сельскохозяйственных животных и птицы являются наиболее перспективным и предпочти-

¹⁰ ГОСТ 31798-2012. (2013). Говядина и телятина для производства продуктов детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ 31799-2012. (2013). Мясо и субпродукты, замороженные в блоках, для производства продуктов питания детей раннего возраста. Технические условия. М.: Стандартинформ.

¹² ГОСТ 32273-2013. (2013). Мясо. Оленина для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

¹³ ГОСТ 32734-2014. (2014). Мясо перепелов для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁴ ГОСТ 32752-2014. (2015). Субпродукты охлажденные для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁵ ГОСТ 32914-2014. (2015). Мясо сублимационной сушки для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁶ ГОСТ 34122-2017. (2017). Субпродукты птицы для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁷ ГОСТ 34424-2018. (2018). Промышленность мясная. Классификация жилованного мяса при производстве мясной продукции для детского питания. М.: Стандартинформ.

¹⁸ ГОСТ Р 52306-2005. (2005). Мясо птицы (тушки цыплят, цыплят-бройлеров и их разделанные части) для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁹ ГОСТ Р 52820-2007. (2007). Мясо индейки для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

²⁰ ГОСТ Р 54034-2010. (2010). Мясо. Баранина и ягнятина для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

²¹ ГОСТ Р 54048-2010. (2010). Мясо. Свинина для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

²² ГОСТ Р 55335-2012. (2014). Мясо. Конина для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

²³ ГОСТ 32742-2014. (2015). Полуфабрикаты. Пюре фруктовые и овощные консервированные асептическим способом. Технические условия. М.: Стандартинформ.

²⁴ ГОСТ 31645-2012. (2013). Мука для продуктов детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

²⁵ ГОСТ 33282-2015. (2015). Филе рыбы мороженое для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

²⁶ ГОСТ 33633-2015. (2015). Масло сливочное для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

²⁷ ГОСТ 1129-2013. (2013). Масло подсолнечное. Технические условия. М.: Стандартинформ.

²⁸ ГОСТ 8808-2000. (2011). Масло кукурузное. Технические условия. М.: Стандартинформ.

²⁹ ГОСТ 32252-2013. (2013). Молоко питьевое для питания детей дошкольного и школьного возраста. Технические условия. М.: Стандартинформ.

³⁰ ГОСТ 32924-2014. (2015). Сливки питьевые для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

³¹ ГОСТ 34255-2017. (2018). Консервы молочные. Молоко сухое для производства продуктов детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

³² ГОСТ 32735-2014. (2015). Продукты яичные жидкие охлажденные для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

тельным, с точки зрения медико-биологических аспектов.

Регламентированные нормы показателей безопасности (содержание свинца, кадмия, ртути, мышьяка, пестицидов, гормонов, антибиотиков, радионуклидов и др.) в мясе и мясных продуктах для питания детей значительно более жесткие, чем для взрослых, т.к. организм ребенка наиболее чувствителен к отрицательным воздействиям внешней среды.

На продукты специализированные для детского питания действуют следующие стандарты: ГОСТ 32252-2013 «Молоко питьевое для питания детей дошкольного и школьного возраста. Технические условия»³³; ГОСТ 31498-2012 «Изделия колбасные варенные для детского питания. Технические условия (с Изменением N 1)»³⁴; ГОСТ 31779-2012 «Колбасы полукопченые для детского питания. Технические условия»³⁵; ГОСТ 32737-2014 «Полуфабрикаты натуральные из мяса птицы для детского питания. Технические условия»³⁶; ГОСТ 32750-2014 «Полуфабрикаты в тесте замороженные для детского питания. Технические условия»³⁷; ГОСТ 33337-2015 «Изделия кулинарные из мяса птицы для детского питания. Технические условия»³⁸; ГОСТ 33338-2015 «Полуфабрикаты рубленые высокой степени готовности из мяса птицы для детского питания. Технические условия»³⁹; ГОСТ 33611-2015 «Полуфа-

брикаты мясные. Фарш для детского питания. Технические условия»⁴⁰; ГОСТ Р 54753-2011 «Ветчина вареная в оболочке для детского питания. Технические условия»⁴¹; ГОСТ Р 54754-2011 «Полуфабрикаты мясные кусковые бескостные для детского питания. Технические условия»⁴²; ГОСТ Р 55366-2012 «Полуфабрикаты мясные рубленые для детского питания. Технические условия»⁴³; ГОСТ Р 55574-2013 «Паштеты для детского питания. Технические условия»⁴⁴; ГОСТ Р 55790-2013 «Полуфабрикаты из мяса птицы рубленые для детского питания. Технические условия»⁴⁵; ГОСТ Р 56364-2015 «Российское качество. Полуфабрикаты из мяса птицы рубленые с пониженной калорийностью для детского питания. Технические условия»⁴⁶; ГОСТ Р 56365-2015 «Российское качество. Изделия ветчинные из мяса птицы для детского питания. Технические условия»⁴⁷; ГОСТ Р 56579-2015 «Полуфабрикаты мясосодержащие рубленые для детского питания. Технические условия»⁴⁸; ГОСТ Р 58110-2018 «Изделия колбасные варенные из мяса (субпродуктов) птицы для детского питания. Технические условия»⁴⁹; ГОСТ Р 58111-2018 «Полуфабрикаты в тесте замороженные из мяса птицы для детского питания. Технические условия»⁵⁰; ГОСТ 32925-2014 «Кефир для детского питания. Технические условия»⁵¹; ГОСТ 32926-2014 «Ацидофилин для детского питания. Технические условия»⁵²; ГОСТ 32927-2014 «Творог для детского питания. Технические условия»⁵³; ГОСТ 32928-2014 «Простокваша для детского питания. Технические

³³ ГОСТ 32252-2013. (2014). Молоко питьевое для питания детей дошкольного и школьного возраста. Технические условия. М.: Стандартинформ.

³⁴ ГОСТ 31498-2012. (2013). Изделия колбасные варенные для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

³⁵ ГОСТ 31779-2012. (2013). Колбасы полукопченые для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

³⁶ ГОСТ 32737-2014. (2015). Полуфабрикаты натуральные из мяса птицы для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

³⁷ ГОСТ 32750-2014. (2015). Полуфабрикаты в тесте замороженные для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

³⁸ ГОСТ 33337-2015. (2016). Изделия кулинарные из мяса птицы для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

³⁹ ГОСТ 33338-2015. (2016). Полуфабрикаты рубленые высокой степени готовности из мяса птицы для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴⁰ ГОСТ 33611-2015. (2016). Полуфабрикаты мясные. Фарш для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴¹ ГОСТ Р 54753-2011. (2012). Ветчина вареная в оболочке для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴² ГОСТ Р 54754-2011. (2012). Полуфабрикаты мясные кусковые бескостные для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴³ ГОСТ Р 55366-2012. (2013). Полуфабрикаты мясные рубленые для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴⁴ ГОСТ Р 55574-2013. (2014). Паштеты для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴⁵ ГОСТ Р 55790-2013. (2014). Полуфабрикаты из мяса птицы рубленые для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴⁶ ГОСТ Р 56364-2015. (2016). Российское качество. Полуфабрикаты из мяса птицы рубленые с пониженной калорийностью для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴⁷ ГОСТ Р 56365-2015. (2016). Российское качество. Изделия ветчинные из мяса птицы для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴⁸ ГОСТ Р 56579-2015. (2016). Полуфабрикаты мясосодержащие рубленые для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴⁹ ГОСТ Р 58110-2018. (2019). Изделия колбасные варенные из мяса (субпродуктов) птицы для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵⁰ ГОСТ Р 58111-2018. (2019). Полуфабрикаты в тесте замороженные из мяса птицы для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵¹ ГОСТ 32925-2014. (2015). Кефир для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵² ГОСТ 32926-2014. (2015). Ацидофилин для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵³ ГОСТ 32927-2014. (2015). Творог для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

условия»⁵⁴; ГОСТ 33631-2015 «Сыры для детского питания. Технические условия»⁵⁵.

При организации питания детей школьного возраста, находящихся в условиях образовательных детских лагерей, баз отдыха или походных ситуациях, когда предусмотрено использование консервированной продукции, для приготовления блюд могут быть использованы специализированные консервы, изготавливаемые по следующим стандартам: ГОСТ 32888-2014 «Консервы. Паштеты для детского питания. Технические условия»⁵⁶; ГОСТ 32889-2014 «Консервы мясные кусковые для детского питания. Технические условия»⁵⁷; ГОСТ 34423-2018 «Консервы мясорастительные рубленые стерилизованные для питания детей старше трех лет. Каши с мясом. Технические условия»⁵⁸; ГОСТ Р 56381-2015 «Российское качество. Консервы из мяса птицы тушеные для детского питания. Технические условия»⁵⁹; ГОСТ Р 56581-2015 «Консервы мясорастительные кусковые для детского питания. Технические условия»⁶⁰; ГОСТ 29276-92 «Консервы рыбные для детского питания. Технические условия»⁶¹; ГОСТ Р 51172-98 «Концентраты пищевые. Каши лечебно-профилактические для детского питания. Технические условия»⁶².

В случае, если в школы поставляется продукция, выработанная по техническим условиям или стандарту организации, то она также должна соответствовать высоким требованиям, установленным в стандартах вида общих технических условий на определенную группу продукции: ГОСТ 31465-

2012 «Полуфабрикаты из мяса птицы для детского питания. Общие технические условия»⁶³; ГОСТ 31802-2012 «Изделия колбасные вареные мясные для детского питания. Общие технические условия (с Изменением N 1)»⁶⁴; ГОСТ 32733-2014 «Консервы. Мясо птицы тушеное для детского питания. Общие технические условия»⁶⁵; ГОСТ 32967-2014 «Полуфабрикаты мясные для детского питания. Общие технические условия»⁶⁶; ГОСТ 34422-2018 «Консервы мясные стерилизованные для питания детей старше трех лет. Общие технические условия»⁶⁷; ГОСТ 34426-2018 «Полуфабрикаты мясодержащие для детского питания. Общие технические условия»⁶⁸; ГОСТ Р 52818-2007 «Изделия колбасные вареные из мяса птицы для детского питания. Общие технические условия (с Изменением N1)»⁶⁹; ГОСТ Р 55287-2012 «Полуфабрикаты из мяса птицы мясорастительные и растительно-мясные для детского питания. Общие технические условия»⁷⁰; ГОСТ Р 52405-2005 «Продукты детского питания сухие. Каши. Общие технические условия»⁷¹; ГОСТ Р 58161-2018 «Изделия хлебобулочные для детского питания. Общие технические условия»⁷².

Изготовить вышеуказанные специализированные продукты для детского питания возможно только в условиях четкой промышленной организации, при обеспечении строгого контроля используемого сырья, санитарного состояния производственных объектов, соблюдения технологических параметров с минимальным использованием ручного труда.

Таким образом, современная нормативная база позволяет при формировании школьного меню

⁵⁴ ГОСТ 32928-2014. (2015). Простокваша для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵⁵ ГОСТ 33631-2015. (2016). Сыры для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵⁶ ГОСТ 32888-2014. (2015). Консервы. Паштеты для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵⁷ ГОСТ 32889-2014. (2015). Консервы мясные кусковые для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵⁸ ГОСТ 34423-2018. (2019). Консервы мясорастительные рубленые стерилизованные для питания детей старше трех лет. Каши с мясом. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵⁹ ГОСТ Р 56381-2015. (2016). Российское качество. Консервы из мяса птицы тушеные для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶⁰ ГОСТ Р 56581-2015. (2016). Консервы мясорастительные кусковые для детского питания. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶¹ ГОСТ 29276-92. (1992). Консервы рыбные для детского питания. Технические условия. М: Госстандарт России.

⁶² ГОСТ Р 51172-98. (1998). Концентраты пищевые. Каши лечебно-профилактические для детского питания. Технические условия. М: Госстандарт России.

⁶³ ГОСТ 31465-2012. (2013). Полуфабрикаты из мяса птицы для детского питания. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶⁴ ГОСТ 31802-2012. (2013). Изделия колбасные вареные мясные для детского питания. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶⁵ ГОСТ 32733-2014. (2015). Консервы. Мясо птицы тушеное для детского питания. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶⁶ ГОСТ 32967-2014. (2015). Полуфабрикаты мясные для детского питания. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶⁷ ГОСТ 34422-2018. (2019). Консервы мясные стерилизованные для питания детей старше трех лет. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶⁸ ГОСТ 34426-2018. (2019). Полуфабрикаты мясодержащие для детского питания. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶⁹ ГОСТ Р 52818-2007. (2008). Изделия колбасные вареные из мяса птицы для детского питания. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁷⁰ ГОСТ Р 55287-2012. (2014). Полуфабрикаты из мяса птицы мясорастительные и растительно-мясные для детского питания. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁷¹ ГОСТ Р 52405-2005. (2010). Продукты детского питания сухие. Каши. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁷² ГОСТ Р 58161-2018. (2019). Изделия хлебобулочные для детского питания. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

максимально заменить продукты общего назначения аналогичными специализированными продуктами.

Отдельное внимание при организации питания в школах уделяется полуфабрикатам. В массовом сознании потребителя слово «полуфабрикаты» ассоциируется с продукцией, произведенной из сырья низкого качества с целью скрыть его недостатки, что и вызывает негативное отношение родителей к использованию полуфабрикатов промышленного производства в детском питании. При этом родители имеют в виду полуфабрикаты массового потребления, в изобилии представленные на прилавках магазинов, поскольку не всегда информированы о специализированных продуктах детского питания.

Не стоит использовать в школьных пищеблоках полуфабрикаты, не предназначенные для детского питания. В последние годы на российском рынке можно встретить мясные продукты, вырабатываемые из низкокачественного мясного сырья или с частичной заменой мяса на растительные и животные белки. В таких продуктах, как правило, присутствуют различные пищевые добавки – усилители вкуса, фосфаты, красители и т.д., которые могут оказывать негативное влияние на организм ребенка, и недопустимы в детском питании. Регулярное употребление таких продуктов в детском возрасте может вызвать ряд метаболических изменений в организме и как следствие развитие серьезных заболеваний, а избыточное потребление соли, жиров, легкоусвояемых углеводов на фоне недостатка витаминов и минералов может стать причиной ожирения, патологий желудочно-кишечного тракта, опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистых заболеваний в молодом и среднем возрасте.

Специализированные полуфабрикаты для детского питания имеют ряд существенных отличий. Мясо (говядина, телятина, свинина, конина и т.д.) для их производства используется только от молодых животных, выращивающихся без применения в кормах пестицидов, антибиотиков и других вредных веществ, и проходит строгий контроль по

показателям безопасности. В них отсутствуют запрещенные и нежелательные в детском питании пищевые добавки и компоненты, в том числе жгучие специи и пряности.

Кроме того, специализированные полуфабрикаты для детского питания готовятся в соответствии с рецептурами, сбалансированными по всем пищевым веществам (нутриентам) и могут быть дополнительно обогащены витаминами и минеральными веществами в количествах, удовлетворяющих рациональную норму от суточной потребности организма ребенка.

Требования к производству продуктов для организованных образовательных коллективов

Как было отмечено, реализация системы школьного питания должна осуществляться на основе целевого использования сельскохозяйственного сырья, производства пищевой продукции, полуфабрикатов и готовых блюд, преимущественно специализированных для детского питания, в основном перерабатывающими отраслями агропромышленного комплекса.

Производство продукции для питания детей школьного возраста регламентируется требованиями Технических регламентов Таможенного союза, основным из которых является ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»⁷³, также отраслевые регламенты ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции»⁷⁴, ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»⁷⁵, ТР ТС 023/2011 «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей»⁷⁶, ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания»⁷⁷, ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»⁷⁸.

Выпуск продукции для детей школьного возраста может осуществляться на специализированных производственных объектах, или в специализированных цехах, или на специализированных технологических линиях, или на технологическом

⁷³ ТР ТС 021/2011. (2011). *О безопасности пищевой продукции*. <http://24.rospotrebnadzor.ru/s/24/files/links/NormMetodObesp/TehRegTS/98765.pdf>

⁷⁴ ТР ТС 034/2013. (2013). *О безопасности мяса и мясной продукции*. <https://rotest.net/wp-content/uploads/2014/10/TR-TS-034-2013-O-bezopasnosti-myasa-i-myasnoi-produktsii.pdf>

⁷⁵ ТР ТС 033/2013. (2013). *О безопасности молока и молочной продукции*. <https://docs.cntd.ru/document/499050562>

⁷⁶ ТР ТС 023/2011. (2011). *Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей*. <https://docs.cntd.ru/document/902320562>

⁷⁷ ТР ТС 027/2012. (2012). *О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания*. <https://docs.cntd.ru/document/902352823>

⁷⁸ ТР ЕАЭС 040/2016. (2016). *О безопасности рыбы и рыбной продукции*. <https://docs.cntd.ru/document/420394425>

оборудовании по производству продукции общего назначения в начале смены или в отдельную смену после их мойки и дезинфекции, т.е. действующие пищевые предприятия могут и должны быть участниками процесса организации школьного питания.

Помимо требований к производству регламентируются требования и к самой продукции для детского питания. Так, например, для мясной продукции действует ряд отдельных требований:

- при производстве мясной продукции для детей всех возрастных групп не допускается использование фосфатов, усилителей вкуса и аромата, бензойной, сорбиновой кислот и их солей, а также пищевых комплексов, в составе которых присутствуют эти пищевые добавки;
- при изготовлении мясной продукции для детей всех возрастных групп не допускается использование продовольственного (пищевого) сырья, содержащего генно-инженерно-модифицированные организмы (ГМО);
- мясное сырье, с содержанием общего фосфора более 0,2 %, не может быть использовано при изготовлении детской продукции, что исключает использование фосфатов, способных удерживать дополнительно внесенную влагу;
- на всех этапах производства рубленых полуфабрикатов (колеты, тефтели, биточки и т.д.) для детского питания температура фарша не должна быть выше плюс 3°C, что гарантирует микробиологическую безопасность готового продукта.

Важнейшей особенностью детской продукции является то, что она допускается к производству (изготовлению), хранению, перевозке (транспортированию) и реализации только после ее государственной регистрации в установленном порядке. Государственная регистрация специализированной пищевой продукции проводится Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) на этапе ее подготовки к производству. После получения свидетельства о государственной регистрации детской пищевой продукции, сведения о предприятии, ассортименте, протоколах испытаний продукции и др., заносятся в реестр Роспотребнадзора, доступ к которому имеет любой пользователь интернет, т.е. потребитель (родитель). Таким образом, можно удостовериться, проходила ли продукция испытания на соответствие требованиям детского питания.

Современные «FOOD-технологии» для организации питания образовательных коллективов

Существующая система школьно-базовых столовых, где приготовление продуктов осуществляется с использованием технологических карт при отсутствии систем контроля качества используемого сырья и процессов производства, не всегда обеспечивает необходимые показатели безопасности, пищевой и биологической ценности готового продукта. Наряду с этим, существуют буфеты, где реализуются гамбургеры, чипсы, сладкие газированные напитки и прочие продукты, богатые жирами и углеводами и дефицитные в отношении витаминов и микроэлементов.

В связи с недостаточной материально-технической базой пищеблоков, недостатком квалифицированных кадров, нарушениями технологии и санитарно-эпидемиологического режима, отсутствием производственного контроля при приготовлении блюд, в последнее время в школах и оздоровительных детских учреждениях участились вспышки заболеваний, опасных для здоровья.

Снижение этих негативных факторов возможно за счет продуктов повышенной степени готовности и создании структур, обеспечивающих логистику и комплектацию рационов с учетом возраста, состояния здоровья и привычек детей. При этом производственная база должна основываться на применении современных технологий, оборудования и тары для доведения промышленной продукции до готовности с целью ее удобного употребления в условиях организованных коллективов. Также необходимо осуществлять качественный физико-химический, бактериологический, ветеринарный и технологический контроль поступающего сырья и выпускаемой продукции. Для этого необходимо сосредоточить производство продукции на одном предприятии, а в школьных столовых осуществлять только разогрев и раздачу готовых блюд. Это позволит сократить до минимума значительные затраты на оснащение пищеблоков, оптимизировать количество сотрудников школьных столовых и усилить контроль качества готовой продукции.

Великобритания одна из первых стран в мире еще в середине 19-ого века осознала значимость организации школьного питания для сохранения здоровья нации и безопасности страны. В 1906 году британцами было принято Государственное постановление, рекомендующее муниципалитетам обеспечивать школьников бесплатным питанием.

В 2006 году в Великобритании под руководством знаменитого шеф-повара Джейми Оливера было проведено крупное исследование стандартов питания и качества пищи, реализуемой детям. Результаты исследований привели к принятию в 2009 году нового закона «О защите обедов в школах» (перевод с английского языка), в котором были увеличены расходы на ребенка и введены новые стандарты питания. Затем этот процесс начался по всей Западной Европе.

Джейми Оливер провел такое же исследование в Северной Америке, в результате чего также в 2010 году возник закон о здоровом питании детей. В США на протяжении многих лет существуют национальные программы, которые предусматривают в основном использование продуктов промышленного производства для организации питания школьников. Программы постоянно корректируются и улучшаются, т.к. правительство США озабочено состоянием здоровья детей.

Значительный интерес представляет организация школьного питания в Финляндии. За бесплатное питание отвечают муниципальные власти, согласно основному закону об образовании. В школах проводят уроки здорового питания. Распространено приготовление блюд согласно различным диетам, в том числе с учетом религиозных подходов. Производство школьного питания базируется на основе использования полуфабрикатов высокой степени готовности или продуктов промышленного производства (Горелова, 2016).

Сегодня существуют пищевые технологии готовых к употреблению высококачественных блюд в охлажденном состоянии, которые могут лежать в основе организации питания в школах. При

этом индустриализация производства готовых блюд невозможна без гарантированных сроков их хранения. Решить этот вопрос позволяет одна из современных технологий – «Cook&Chill». Технология приготовления по системе «Cook&Chill» (с англ. «Готовь и охлаждай») представляет собой цепочку технологических процессов, выполняемых с помощью современного теплового и холодильного оборудования. В основе технологии лежит приготовление блюд (первых блюд, соусов, отдельных видов вторых блюд, каш, компотов и напитков (Рисунок 3) и их упаковка или приготовление непосредственно в упаковке с последующим их резким охлаждением (Деревицкая и др., 2012; Дыдыкин и др., 2018).

Этапы технологии «Cook&Chill» в зависимости от вида блюда включают следующие основные процессы:

- подготовку и обработку продуктов по двум направлениям:
- вакуумирование продуктов и приготовление в упаковке;
- тепловую обработку (варка, жарка, и др.) и упаковку уже готового продукта в высоких санитарных условиях;
- дополнительную пастеризацию (при необходимости);
- интенсивное охлаждение до + 4 °С (температура хранения);
- регенерацию и сервировочную раздачу потребителю.

Вакуумирование продукта и его дальнейшее приготовление предохраняет пищу от изменений органолептических показателей, которые могут произойти при тепловой обработке под воздей-



Рисунок 3. Готовые к употреблению продукты и блюда в охлажденном состоянии в групповой и индивидуальной упаковке

ствием высоких температур, влияющих, прежде всего, на цвет, запах, вкус, массу готового пищевого продукта. Щадящие температурные условия позволяют сохранить в готовом блюде все функциональные свойства, питательные вещества, в том числе витамины, что особенно важно для продуктов детского питания (Устинова и др., 2014). Технология также позволяет использовать минимальное количество пряностей, соли, сахара, за счет чего сохраняется естественный вкусовой и солевой состав продукта. Приготовление происходит без применения масла и жиров, при этом возможно приготовить продукт с эффектом «домашней жарки».

Данные технологии позволяют полностью автоматизировать производство и исключить контакт с внешней средой и человеком, что максимально защищает готовую пищу от воздействия микроорганизмов (Дыдыкин и др., 2013).

В состав технологических линий входят высокопроизводительное тепловое оборудование, формующие машины, многофункциональные холодильные системы, упаковочные аппараты с широким спектром возможностей, включая все виды автоматического дозирования, наполнения, укладки, вакуумирования и термоформования (Рисунок 4). Индустриальное производство готовых блюд позволяет автоматизировать производственные процессы, контроль и учет сырья и готовой продукции, внутризаводскую и складскую логистику, обеспечить высокотехнологичные решения по санитарии и гигиене.

Индустриализация и централизация процессов производства пищевой продукции для сферы

школьного питания позволит снизить затраты на организацию и содержание школьных столовых, а также обеспечить максимальный контроль качества выпускаемой продукции при снижении ее себестоимости.

Системы контроля качества продуктов для детского питания

Системы управления качеством относительно новое направление в маркетинговой политике современного предприятия пищевой промышленности. Для предприятий, производящих детское питание, внедрение действующей (*работающей!*) системы управления качеством имеет колоссальное значение, так как при этом учитывается множество факторов, включающих в себя как повышенные требования к качеству и безопасности сырья и готовой продукции, так и специфику процесса производства.

Выпуск детских продуктов высокого качества зависит от соблюдения установленных санитарных норм и технологических режимов на всех этапах производственного процесса. Выполнение этих условий обеспечивается высокой санитарной культурой, строгой производственной дисциплиной, наличием санитарного, технологического и лабораторного контроля.

Современное управление качеством должно осуществляться в ходе производства продукции. Повышение качества способствует увеличению эффективности производства, что приводит к снижению затрат и повышению рыночной конкурентной способности продукции. Данной взаимосвязи качества и эффективности в полной



Рисунок 4. Технологическое оборудование для производства готовых к употреблению блюд в охлажденном состоянии

мере отвечает система, основанная на принципах ХАССП.

В 2001 г. Госстандартом РФ зарегистрирован и введен в действие ГОСТ Р 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования»⁷⁹. В настоящее время система ХАССП получила широкое распространение на предприятиях пищевой промышленности России благодаря тому, что ее можно использовать при производстве любых пищевых продуктов и с любой системой производства, а самое главное, обязательность ее применения была зафиксирована в требованиях основного Технического регламента Таможенного союза для пищевой продукции ТР ТС 021/2011⁸⁰. Таким образом, при осуществлении процессов производства (изготовления) пищевой продукции, изготовитель должен разработать, внедрить и поддерживать процедуры, основанные на принципах ХАССП.

Следует также отметить, что до введения обязательного применения системы ХАССП на всех пищевых предприятиях России, в соответствии с СанПиН 2.3.2.1940-05 «Организация детского питания»⁸¹ (Утвержден Постановление Главного государственного санитарного врача РФ Г.Г. Онищенко от 19.01.2005 N 3), являющимся одним из основных документов, регламентирующих производство детской пищевой продукции до принятия регламентов Таможенного союза, система ХАССП, по сути, уже являлась обязательной для предприятий детского питания. Согласно этого законодательного документа, система контроля качества и безопасности продуктов детского питания должна основываться на принципе анализа рисков и критических контрольных точек производственных процессов и включать:

- контроль качества и безопасности сырья и компонентов, в том числе и радиационной безопасности, условий их хранения и соблюдения сроков годности;
- контроль производства продукции по ходу технологического процесса;
- контроль соблюдения санитарно-эпидемиологического режима;
- контроль соблюдения персоналом личной гигиены.

Система ХАССП основана на семи принципах:

- анализ рисков;
- выявление критических контрольных точек;
- установление критических пределов;
- разработка системы мониторинга;
- разработка корректирующих действий;
- разработка процедур проверки;
- документирование всех стадий и процедур.

На Рисунке 5 представлена схема гарантированной безопасности и качества продуктов детского питания. Основными блоками этой схемы являются входной, технологический и выходной (приемочный) контроль, включающие в себя качество сырья, материалов, тары, а также санитарное состояние производства и технологических процессов на отдельных операциях. Ключевым моментом на стадиях технологического процесса является контроль критических точек. Таким образом, с помощью системы управления качеством на основе принципов ХАССП контроль переходит из лаборатории на производство.

Следует отметить, что внедрение системы управления качеством на предприятии – процесс длительный, который затрагивает все службы и весь персонал производства. В процессе внедрения меняется психология сотрудников, приходит осознание важности вопросов стабильного качества, формируется понимание того, каким должно быть управление современным предприятием, обеспечивающим наилучшие результаты его деятельности. Поэтому вложенные средства, как правило, быстро окупаются, так как появляется стабильная система, которая не только гарантирует качество и безопасность выпускаемой продукции, но и оптимизирует производство, тем самым выявляя и уменьшая неоправданные затраты.

Десять шагов развития школьного питания

Таким образом, для реализации закона 47-ФЗ⁸² об обеспечении обучающихся 1-4 классов начальной школы горячим питанием необходим системный подход и выполнение следующих мероприятий.

1. Анализ текущей ситуации состояния здоровья детей начальной школы, выявление дефици-

⁷⁹ ГОСТ Р 51705.1-2001. (2015). *Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования*. М.: Стандартинформ.

⁸⁰ ТР ТС 021/2011. (2011). *О безопасности пищевой продукции*. <http://24.rosпотреbnadzor.ru/s/24/files/links/NormMetodObesp/TehRegTS/98765.pdf>

⁸¹ СанПиН 2.3.2.1940-05. (2005). *Организация детского питания*. <http://54.rosпотреbnadzor.ru/sites/default/files/156.pdf>

⁸² ФЗ 47-ФЗ. (2020). *О качестве и безопасности пищевых продуктов*. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73584045/>

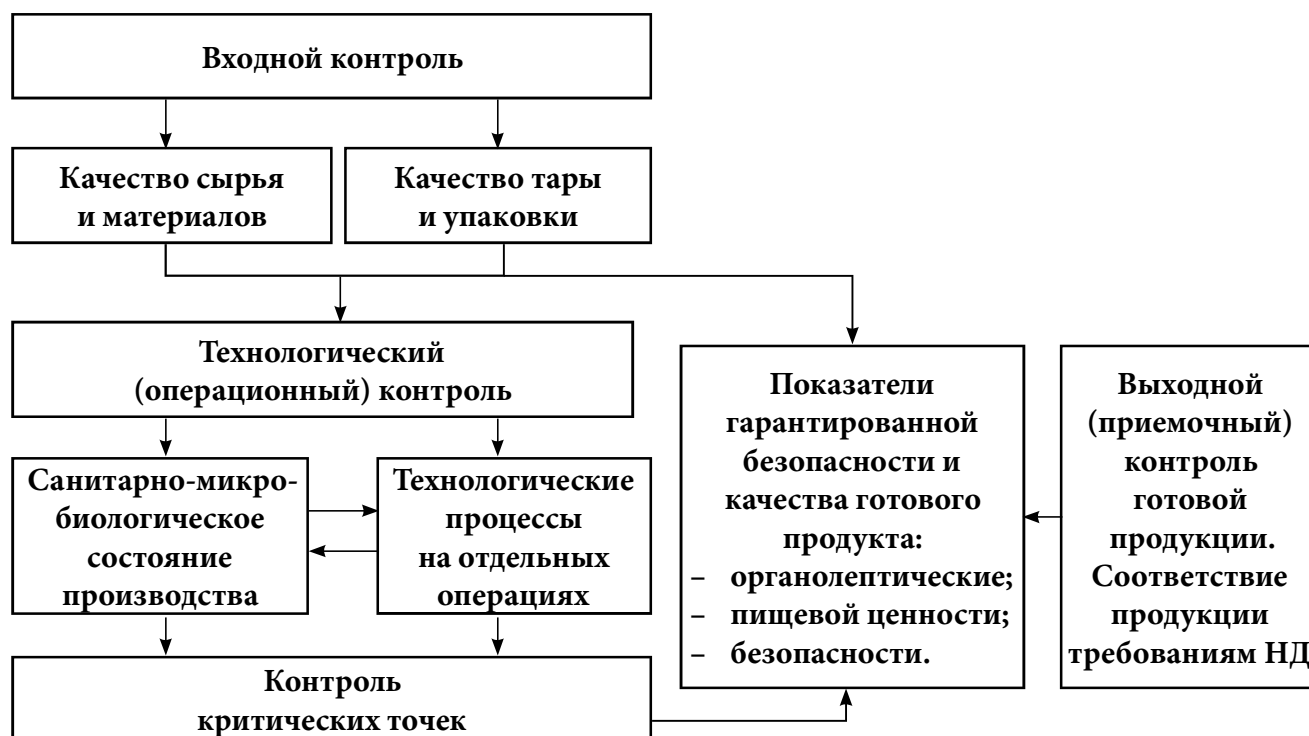


Рисунок 5. Схема системы безопасности и качества продуктов детского питания при их производстве

тов основных нутриентов в питании детей с учетом регионализации и сырьевых ресурсов субъектов Российской Федерации.

2. Уточнение единого типового меню для учеников начальной школы (1-4 классов), основанного на максимальном использовании специализированных детских пищевых продуктов, в том числе обогащенных незаменимыми макро- и микронутриентами. В ходе реализации данного мероприятия должен применяться принцип персонифицированного подхода, учитывающий состояние здоровья детей, региональные особенности, потребительские предпочтения, традиции в питании.
3. Оценка продовольственных ресурсов субъектов Российской Федерации с привлечением профильных региональных министерств с целью установления уровня обеспеченности высококачественным сырьем, отвечающим требованиям детского питания.
4. Анализ перерабатывающих предприятий – поставщиков сырья, готовой продукции и комбинатов школьного питания, имеющих необходимую технологическую базу для обеспечения системы школьного питания. Данное мероприятие должно осуществляться с привлечением профильных региональных министерств субъектов Российской Федерации, территориальных органов Роспотребнадзора,

специалистов отраслевых научно-исследовательских организаций и университетов пищевого профиля. В результате реализации мероприятия должен быть составлен региональный реестр предприятий системы школьного питания и разработана процедура включения в него новых поставщиков.

5. Внедрение на региональных предприятиях и комбинатах питания ассортимента специализированной продукции для детского питания.
6. Оценка технической базы школьных пищеблоков с целью установления возможности организации питания по принципу доготовочных столовых или столовых полного цикла на основе продукции промышленного производства. Реализация данного мероприятия должна осуществляться территориальными органами Роспотребнадзора.
7. Разработка требований к государственным закупкам системы школьного питания, учитывающим приоритетность специализированных детских пищевых продуктов.
8. Развитие программ обучения специалистов школьных пищеблоков с обязательным периодическим повышением квалификации (1 раз в три года).
9. Организация системы контроля безопасности и качества пищевой продукции, поставляемой в школьно базовые столовые, основанной на принципах ХАССП.

10. Разработка системы мониторинга эффективности организации питания обучающихся 1-4 классов начальной школы с установлением целевых показателей.

Развитие системы школьного питания в рамках 47-ФЗ⁸³ уже реализуется в одном из прогрессивных субъектов Российской Федерации – Ульяновской области. Ведущая научная организация в области пищевых технологий ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН и ведущий пищевой ВУЗ страны ФГБОУ ВО «Московский университет пищевых производств», совместно с АНО «Агентство здорового и социального питания» (г. Ульяновск) и ООО «Альтернатива» (современный комбинат школьного питания в г. Ульяновск) реализуют проект «Школьное питание в Ульяновской области» при поддержке администрации региона. Опыт совместной реализации этого проекта бизнесом, властью и научно-образовательным консорциумом позволит использовать полученные результаты и в других субъектах Российской Федерации.

Литература

- Мошурова, Л. В., Леднева, В. С., Коцюба, А. А., & Аржаных, А. В. (2018). Влияние школьного питания на здоровье учащихся. В *Новой школе - здоровые дети: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции* (с. 102-104). Воронеж: Научная книга.
- Перекусихин, М. В., & Васильев, В. В. (2015). Оценка влияния питания на здоровье младших школьников. *Вопросы питания*, 84(85), 60-61.
- Рождественская, Л. Н. (2014). Обеспечение доступности здорового питания в образовательных учреждениях России. *Вопросы питания*, 83(83), 33.
- Дыдыкин, А. С., Асланова, М. А., Деревицкая, О. К., & Солдатова, Н. Е. (2013). Современные технологии организации питания учащихся. *Пищевая промышленность*, 12, 32-33.
- Деревицкая, О. К., Асланова, М. А., Дыдыкин, А. С., & Солдатова, Н. Е. (2015). Применение «шокового охлаждения» в технологии продуктов для коллективного питания детей. В *Научно-практическое обеспечение холодильной промышленности: Сборник научных трудов к 85-летию ВНИИХИ* (с. 419-422). М.: Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова.
- Деревицкая, О. К., Асланова, М. А., & Дыдыкин, А. С. (2018). Стандарты на консервы из мяса для детского питания - гарантия безопасности и качества. *Стандарты и качество*, 1, 32-35.
- Устинова, А. В., Дыдыкин, А. С., Деревицкая, О. К., Асланова, М. А., Тимошенко, Н. В., & Кузнецова, Т. К. (2011). Мясное сырье для продуктов детского питания – «органик», «био» или «эко»? *Мясные технологии*, 4, 12-15.
- Горелова, Ж. Ю. (2016). Анализ отечественных и зарубежных исследований о здоровом питании детей и подростков в современных условиях. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*, 3, 40-46.
- Деревицкая, О. К., Солдатова, Н. Е., Устинова, А. В., & Шипцов, В. Н. (2012). Готовые рубленые мясные изделия для здорового питания учащихся. *Мясные технологии*, 6, 46-49.
- Дыдыкин, А. С., Асланова, М. А., Деревицкая, О. К., & Солдатова, Н. Е. (2018). Готовые блюда для системы питания в образовательных учреждениях. *Мясные технологии*, 8, 6-11.
- Устинова, А. В., Деревицкая, О. К., & Шипцов, В. Н. (2014). Технология мясных рубленых кулинарных изделий, обогащенных витаминами минеральными веществами, для здорового питания учащихся. В *Перспективные биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов: VII Международный научно-практический симпозиум* (с. 283-291). М.: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии РАСХН.
- Дыдыкин, А. С., Асланова, М. А., Деревицкая, О. К., & Солдатова, Н. Е. (2013). Современные технологии организации питания учащихся. *Пищевая промышленность*, 12, 32-33.

⁸³ Там же.

Development of the School Feeding System as Part of the Implementation of the 47-th Federal Law

Mikhail G. Balykhin

*Moscow State University of food production
11, Volokolamskoe sh., 125080, Moscow, Russian Federation
E-mail: mgupp@mgupp.ru*

Andrey B. Lisitsyn

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center
of Food Systems named after V.M. Gorbatov" RAS
26, Talalikhina st., 109316, Moscow, Russian Federation
Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe sh., 125080, Moscow, Russian Federation
E-mail: info@vniimp.ru*

Rostislav A. Edvars

*LLC "Alternative"
11, Academician Filatov Avenue, 432072, Ulyanovsk region,
Ulyanovsk city, Russian Federation
E-mail: ul-alternativa@mail.ru*

Mikhail P. Shchetinin

*Moscow State University of food production
11, Volokolamskoe sh., 125080, Moscow, Russian Federation
E-mail: shchetininmihail@mgupp.ru*

Andrey S. Dydykin

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center
of Food Systems named after V.M. Gorbatov" RAS
26, Talalikhina st., 109316, Moscow, Russian Federation
Moscow State University Food Production
11, Volokolamskoe sh., 125080, Moscow, Russian Federation
E-mail: a.didikin@fncps.ru*

Olga K. Derevitskaya

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center
of Food Systems named after V.M. Gorbatov" RAS
26, Talalikhina st., 109316, Moscow, Russian Federation
E-mail: o.derevickaya@fncps.ru*

Alexey P. Volkov

*ANO "Agency for Healthy and Social Nutrition",
4, of. 10, Maksimova pr., 432072, Ulyanovsk region,
Ulyanovsk city, Russian Federation*

The article presents proposals for the development of an integrated school feeding system in the Russian Federation. Providing children with healthy food is one of the objectives of 47-FZ. Based on the provisions of the new Federal Law, primary school children should be provided with hot meals, consisting of specialized products that meet the

principles and requirements of baby food. As part of the implementation of 47-FZ, it is advisable to create and develop an integrated system for organizing school meals, which must be developed primarily through the food and processing industries. The main task of this system is to organize healthy meals for primary school children with the participation of budgets of all levels (federal, constituent entities of the Russian Federation, local budgets and other sources of funding), including logistics, delivery, storage, formation of rations and menus, preparation and implementation. To create a school feeding system, it is necessary to implement the following directions: expanding the production of specialized products for baby food in accordance with state standards at food industry enterprises; compulsory compliance with the current requirements for the production of baby food for organized educational teams; widespread use of modern food technologies for catering for educational groups; introduction of a quality control system for baby food products. The development of the school feeding system within the framework of Federal Law 47-FZ is already being implemented in one of the progressive constituent entities of the Russian Federation - the Ulyanovsk region with the participation of the leading scientific organization in the field of food technologies FSBSI "Federal Research Center of Food Systems. V.M. Gorbato" Russian Academy of Sciences and the leading food university of the country FSBEI HE" Moscow University of Food Production", together with ANO" Agency for Healthy and Social Nutrition "(Ulyanovsk) and LLC" Alternative "(a modern school food factory in Ulyanovsk). The experience of developing a modern school feeding system in the region will make it possible to use the results obtained in other constituent entities of the Russian Federation.

Keywords: healthy eating, organized teams, food technologies, meat products for baby food

References

- Moshurova, L. V., Ledneva, V. S., Kotsyuba, A. A., & Arzhanykh, A. V. (2018). Vliyanie shkol'nogo pitaniya na zdorov'e uchashchikhsya [The impact of school meals on student health]. In *Novoi shkole – zdorovye deti: Materialy V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [New school - healthy children: Materials of the 5th All-Russian Scientific and Practical Conference] (pp. 102-104). Voronezh: Nauchnaya kniga.
- Perekusikhin, M. V., & Vasil'ev, V. V. (2015). Otsenka vliyaniya pitaniya na zdorov'e mladshikh shkol'nikov [Evaluation of the impact of nutrition on the health of younger schoolchildren]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 84(85), 60-61.
- Rozhdestvenskaya, L. N. (2014). Obespechenie dostupnosti zdorovogo pitaniya v obrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh Rossii [Ensuring the availability of healthy food in educational institutions in Russia]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 83(83), 33.
- Dydykin, A. S., Aslanova, M. A., Derevitskaya, O. K., & Soldatova, N. E. (2013). Sovremennye tekhnologii organizatsii pitaniya uchashchikhsya [Modern technologies for catering students]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 12, 32-33.
- Derevitskaya, O. K., Aslanova, M. A., Dydykin, A. S., & Soldatova, N. E. (2015). *Primenenie «shokovogo okhlazhdeniya» v tekhnologii produktov dlya kollektivnogo pitaniya detei* [The use of "shock chilling" in the technology of products for the collective nutrition of children]. In *Nauchno-prakticheskoe obespechenie kholodil'noi promyshlennosti: Sbornik nauchnykh trudov k 85-letiyu VNIKhI* [Scientific and practical support of the refrigeration industry: Collection of scientific papers for the 85th anniversary All-Russian Research Institute of the Refrigeration Industry] (pp. 419-422). Moscow: Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut myasnoi promyshlennosti im. V. M. Gorbato.
- Derevitskaya, O. K., Aslanova, M. A., & Dydykin, A. S. (2018). Standarty na konservy iz myasa dlya detskogo pitaniya - garantiya bezopasnosti i kachestva [Standards for canned meat for baby food - a guarantee of safety and quality]. *Standarty i kachestvo* [Standards and Quality], 1, 32-35.
- Ustinova, A. V., Dydykin, A. S., Derevitskaya, O. K., Aslanova, M. A., Timoshenko, N. V., & Kuznetsova, T. K. (2011). Myasnoe syr'e dlya produktov detskogo pitaniya – «organik», «bio» ili «eko»? [Meat raw materials for baby food products – "organic", "bio" or "eco"?]. *Myasnye tekhnologii* [Meat Technologies], 4, 12-15.
- Gorelova, Zh. Yu. (2016). Analiz otechestvennykh i zarubezhnykh issledovaniy o zdorovom pitanii detei i podrostkov v sovremennykh usloviyakh [Analysis of domestic and foreign studies on the healthy nutrition of children and adolescents in modern conditions]. *Voprosy shkol'noi i universitetskoj meditsiny i zdorov'ya* [Issues of School and University Medicine and Health], 3, 40-46.
- Derevitskaya, O. K., Soldatova, N. E., Ustinova, A. V., & Shchiptsov, V. N. (2012). Gotovye rublenye myasnye izdeliya dlya zdorovogo pitaniya uchashchikhsya [Ready minced meat products for healthy nutrition of students]. *Myasnye tekhnologii* [Meat Technologies], 6, 46-49.
- Dydykin, A. S., Aslanova, M. A., Derevitskaya, O. K., & Soldatova, N. E. (2018). Gotovye blyuda dlya sistemy pitaniya v obrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh [Ready meals for the food system in educational institutions]. *Myasnye tekhnologii* [Meat Technologies], 8, 6-11.

- Ustinova, A. V., Derevitskaya, O. K., & Shchiptsov, V. N. (2014). Tekhnologiya myasnykh rublenykh kulinarnykh izdelii, obogashchennykh vitaminami mineral'nymi veshchestvami, dlya zdorovogo pitaniya uchashchikhsya [Technology of minced meat culinary products enriched with vitamins and minerals for healthy nutrition of students]. In *Perspektivnye biotekhnologicheskie protsessy v tekhnologiyakh produktov pitaniya i kormov: VII Mezhdunarodnyi nauchno-prakticheskiy simpozium [Promising Biotechnological Processes in Food and Feed Technologies: 7th International Scientific and Practical Symposium]* (pp. 283-291). Moscow: Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut pishchevoi biotekhnologii RASKhN.

Содержание тяжелых металлов в некоторых овощах, цитрусовых плодах и чайных листьях, производимых в Азербайджанской Республике и продуктах их переработки

Джалалов Азер Айдын оглы

Лянкаранский Государственный Университет

Адрес: AZ4250, Азербайджанская Республика, г. Лянкань, ул. Аллея Ази Асланова, д. 50

E-mail: acalalov@list.ru

Магеррамова Севиндж Исмаил кызы

Азербайджанский Государственный Экономический Университет

Адрес: AZ1001, Азербайджанская Республика, г. Баку, ул. Истиглялийат, д. 6

E-mail: maqerramovasevinc75@mail.ru

Джахангиров Мухендис Мамедгусейн оглы

Лянкаранский Государственный Университет

Адрес: AZ4250, Азербайджанская Республика, г. Лянкань, ул. Аллея Ази Асланова, д. 50

E-mail: mtccay@mail.ru

Гамидова Ляман Руслан кызы

Лянкаранский Государственный Университет

Адрес: AZ4250, Азербайджанская Республика, г. Лянкань, ул. Аллея Ази Асланова, д. 50

E-mail: leman.hamidova@mail.ru

Ввиду того, что постоянно возрастает актуальность вопросов безопасности пищевых продуктов, в данной статье освещены результаты анализов содержания токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в растительном сырье, выращенные на территории Лянкаранского экономического региона Азербайджанской Республики и продуктах их переработки. Измерения содержания токсических металлов Zn, Cd, Pb и Cu осуществляли методом инверсионной вольтамперометрии. Исследования показали, что относительно высокие концентрации цинка, свинца и меди содержатся в листьях зеленого чая, а кадмия – в напитках из черного бархатного чая. Самое низкое содержание цинка обнаружены в свежих лимонах и лимонном соке, кадмия в консервированных огурцах, свинца в свежих апельсинах, а меди в напитках из черного байхового чая. Содержание массовых концентраций токсических металлов кадмия и свинца во всех анализируемых пробах чайных листьев, овощей (огурцы и баклажаны) и цитрусовых плодов (лимоны и апельсины) меньше, чем их допустимые уровни, указанные в действующих нормативных документах. Содержание массовых концентраций токсических металлов цинка и меди в свежих овощах, цитрусовых и чайных листьях указанными нормативами не нормируется.

Ключевые слова: овощи, цитрусовые, чайный лист, токсические металлы, здоровья, пища

Введение

Актуальность вопросов безопасности продуктов питания постоянно возрастает, поскольку обеспечение необходимого их качества является одним из основных факторов, определяющих отсутствие опасности для здоровья человека при их употре-

блении (Павлов, 2018; Хотимченко, 2007; Monisha et al., 2014; Maharramov, 2019; Jarup, 2003).

Вместе с тем качество и безопасность продуктов растительного происхождения во многом зависят от условий произрастания, особенно если есть угроза присутствия в окружающей среде токсичных ве-

ществ, в том числе соединений тяжелых металлов. Загрязнение продуктов питания данными веществами является серьезной проблемой (Qu et al., 2014; Tchounwou et al., 2012; Mamtani et al., 2011; Фролова и др., 2012; Maharramov, 2019; Mahurpawar, 2015; Sharma et al., 2016; Боев и др., 2002; Dolan et al., 2003; Литвинова, 2013; Василовский & Куркатов, 2012).

Установить связь между загрязнением окружающей среды и воздействием на здоровье сложно из-за характера путей воздействия, ограниченной доступности данных и отсутствия системы мониторинга. Более того, связь между загрязнением окружающей среды и здоровьем затруднена из-за наличия множественных воздействий и латентного периода воздействия (Mishra et al., 2019; Jia et al., 2018).

В настоящее время индустриальное и ускоренное развитие овощного, субтропического и цитрусового хозяйства осуществляется в субтропическом Лянкаранском экономическом районе¹², расположенном в юго-восточной части страны. Климат региона характеризуется умеренно жаркой, влажной, мягкой зимой и засушливыми летними месяцами. Среднегодовая температура региона +14,2°C (Quliyev, 2018).

Ассортимент выращиваемых здесь овощных, субтропических и цитрусовых культур очень обширный: баклажаны, огурцы, томат, капуста, фасоль, свекла столовая, хурма восточная, актинидия китайская, фейхоа, инжир, гранат, киви, кинкан, лимоны, мандарины, апельсины и др., которые занимают особое место в питании и здоровье населения (Кулиев, 2011; Maharramov, 2019). Общая площадь всех насаждений субтропических и цитрусовых культур с частным сектором на сегодня составляет около 5,0 тыс. га, а овощных культур около 20,0 тыс. га³ (Кулиев, 2011; Quliyev, 2018).

По причине того, что сельскохозяйственные культуры могут поглощать тяжелые металлы из почвы, содержание минералов и металлов в одних и тех же сельскохозяйственных культурах может очень сильно различаться в зависимости от почвенно-климатических и агротехнических условий региона, где они выращиваются. Увеличенная концентрация токсических металлов ассоциирована с этиологией нескольких заболеваний, особенно сердечно-сосудистых, неврологических и заболеваний

почек. В организме человека эти тяжелые металлы транспортируются и разделяются на клетки и ткани организма, связываясь с белками, нуклеиновые кислоты разрушают эти макромолекулы и нарушают их клеточные функции (Feseha et al., 2021; Berihun et al., 2021; Zhou et al., 2016; Maharramov, 2019).

Поэтому нами проводится комплексная исследования содержание токсических металлов (*Zn, Cd, Pb, Cu*) в растительном сырье, которое в Азербайджане проводится впервые.

Материалы и методы исследования

Материалы

Объектами исследования выступили:

(1) свежие огурцы и баклажаны, выращенные на территориях учебно-экспериментальной базы Лянкаранского Государственного Университета и Лянкаранской опытной станции Научно-Исследовательского Института Овощеводства и их консервные продукции, производимые по общепринятой технологии⁴;

(2) свежие апельсины и лимоны, выращенные на территории Лянкаранского чайного филиала Научно-исследовательского института плодородства и чая Министерства сельского хозяйства Азербайджанской Республики и их соки⁵;

(3) зеленные чайные листья, выращенные, районированные и интродуцированные в хозяйствах Лянкаранско-Астартинского региона, поступившие на переработку в Лянкаранский «ММС» по производству и переработки чая и их продукции.

Оборудование

Исследование было выполнено на вольтамперометрическом анализаторе (тип СТА).

Методы

Учитывая простоты и доступность, нами использована методика измерения массовых концен-

¹ Указ Президента Азербайджанской Республики от 7 июля 2021 года о разделении экономических районов в Азербайджанской Республике. (2021). <https://president.az/ru/articles/view/52389>

² Государственная программа социально-экономического развития регионов Азербайджанской Республики на 2019-2023 годы. (2019). <https://president.az/ru/articles/view/31697>

³ Статистические показатели Азербайджана. (2021). Баку: Статистический Комитет Азербайджана.

⁴ Сборник технологических инструкций по производству консервов. Консервы овощные. (1990). М.: АгроНИИТЭИПП.

⁵ Сборник технологических инструкций по производству консервов. Консервы фруктовые. (1990). М.: АгроНИИТЭИПП.

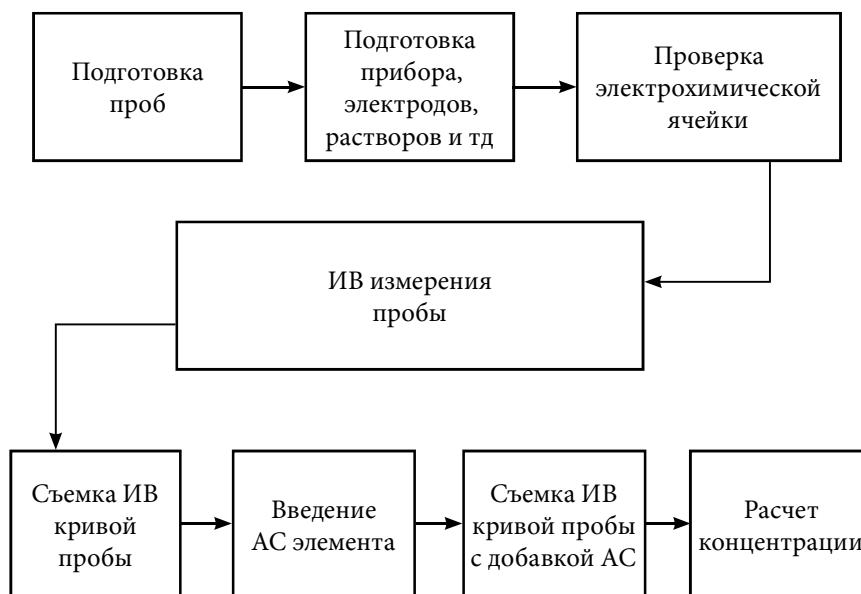


Рисунок 1. Общая схема анализа методом ИВ⁶

траций цинка, кадмия, свинца и меди выполняют методом инверсионной вольтамперометрии⁶. Количественный химический анализ проб основан на инверсионно-вольтамперометрическом методе (ИВ) определения массовых концентраций элементов в растворе подготовленной пробы. Массовые концентрации элементов в пробе определяются по методу добавок аттестованных смесей (АС) соответствующих элементов.

Процедура исследования

Пробы растительного сырья были предварительно подготовлены путем метода «мокрой» минерализации. Последовательность измерений показана на Рисунке 1.

Работа выполнена в лаборатории «Экология и безопасность продовольственных продуктов» кафедры «Технологии и технических дисциплин» Лянкаранского Государственного Университета и в учебно-методической лаборатории кафедры «Инженерия и прикладные науки» Азербайджанского Государственного Экономического Университета. Повторность опытов – 3.

Анализ данных

Обработка результатов измерений аналитических сигналов и расчет массовых концентраций элемента в пробе (мг/кг) выполнено с помощью

система сбора и обработки данных вольтамперометрического анализатора в комплекте с компьютером.

Результаты и их обсуждение

Результаты анализов содержания токсических металлов (*Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu*) в некотором растительном сырье и продуктах их переработки за 2018- 2021 годы показаны в Таблице и на Рисунках 2-7.

Как видно из таблицы 1, относительно высокое содержание концентраций *Zn*, *Pb*, *Cu* $2,90 \pm 1,10$ мг/кг, $0,11 \pm 0,040$ мг/кг, $3,10 \pm 1,10$ мг/кг соответственно, обнаружены в зеленных чайных листьях, а относительно высокое содержание концентраций *Cd* $0,036 \pm 0,014$ обнаружены в чайных напитках из черного байхового чая. А самое низкое содержание *Zn*, *Cd*, *Pb* и *Cu* обнаружены, соответственно в лимонном соке, огурцах консервированных, свежих апельсинах и в напитках из черного байхового чая. В свежих огурцах и лимонах, а также в лимонном соке *Cd* вообще не обнаружен.

Известно, что виды овощей сильно различаются по способности поглощать и накапливать тяжелые металлы, даже среди сортов и разновидностей одного и того же вида (Säumel et al., 2012; Rahman et al., 2014; Harmanescu et al., 2011).

⁶ МУ 08-47/242. (2009). Методика выполнения измерений массовой концентрации цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии с использованием анализаторов типа ТА. Томск: ТПУ.

Таблица 1

Средние данные по содержанию массовых концентраций токсических металлов в некотором растительном сырье и продуктах их переработки

Наименование сырья и продуктов их переработки	Содержание массовых концентраций, мг/кг			
	Zn	Cd	Pb	Cu
Огурцы свежие	0,68 ±0,27	0,00 ±0,00	0,013 ±0,0045	0,57 ±0,21
Огурцы консервированные	0,049	0,00098±0,00015	0,018±0,0063	0,27±0,096
Баклажаны свежие	0,52±0,20	0,0032±0,0012	0,055±0,020	0,46±0,17
Баклажаны маринованные	0,69±0,27	0,012±0,0048	0,023±0,0082	0,61±0,22
Апельсины свежие	0,43±0,15	0,0090±0,0035	0,012±0,0041	0,32±0,12
Апельсиновый сок	0,31±0,11	0,0069±0,0018	0,016±0,0062	0,48±0,15
Лимоны свежие	0,0041	0,00±0,00	0,052±0,019	0,39±0,14
Лимонный сок	0,0033±0,14	0,00±0,00	0,036±0,013	0,52±0,18
Зеленые чайные листья	2,90±1,10	0,029±0,029	0,11±0,040	3,10±1,10
Чайный напиток из черного байхового чая	0,041±0,12	0,036±0,014	0,044±0,016	0,054±0,020

Анализ данных таблиц и сравнение Рисунков 2 и 3 показывают, что накопление массовых концентраций Zn и Cu в свежих огурцах больше на 23,53% и 19,30% соответственно, чем в свежих баклажанах. А содержание Pb в свежих баклажанах 4,23 раза больше, чем в свежих огурцах. Что касается Cd, то в свежих огурцах он вообще не обнаружен.

Волтамперограмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu)

в консервированных огурцах и маринованных баклажанах показаны на Рисунках 4 и 5. Сравнительный анализ Рисунков 4 и 5 показывает, что в консервированных огурцах по сравнению со свежими увеличился содержание Cd и Pb. Отличия в содержаниях концентраций токсичных металлов в переработанных огурцах и баклажанах, на наш взгляд обусловлена с применением технологических приемов. Так при производства консервированных огурцов и маринованных баклажанов

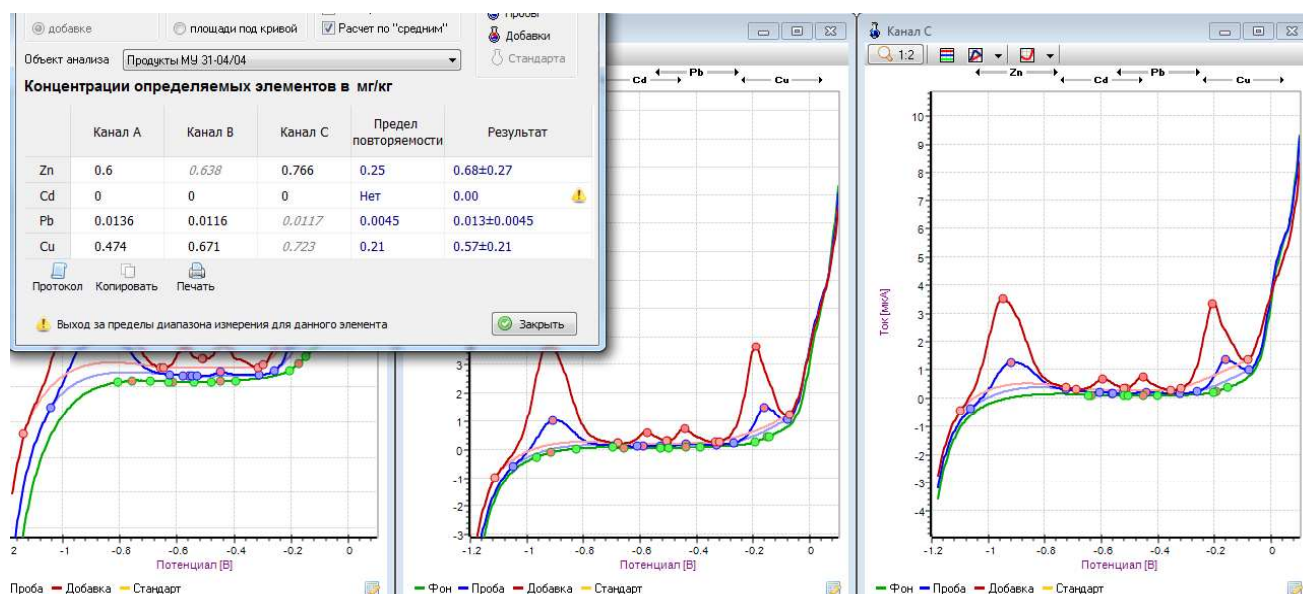


Рисунок 2. Волтамперограмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в свежих огурцах

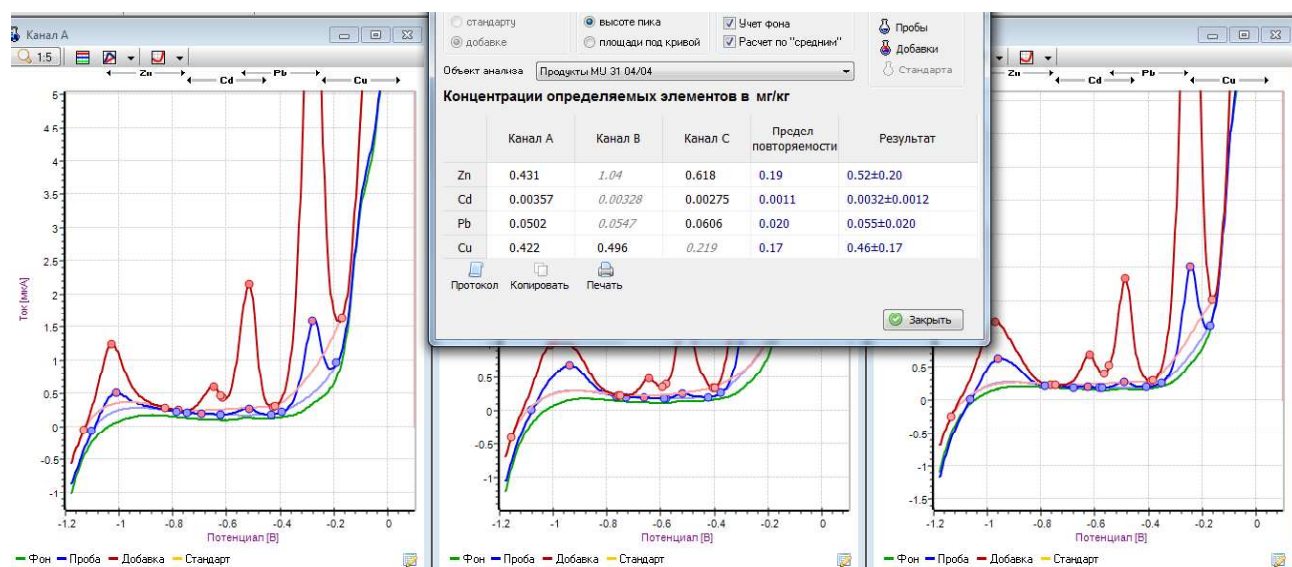


Рисунок 3. Волтампереграмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в свежих баклажанах

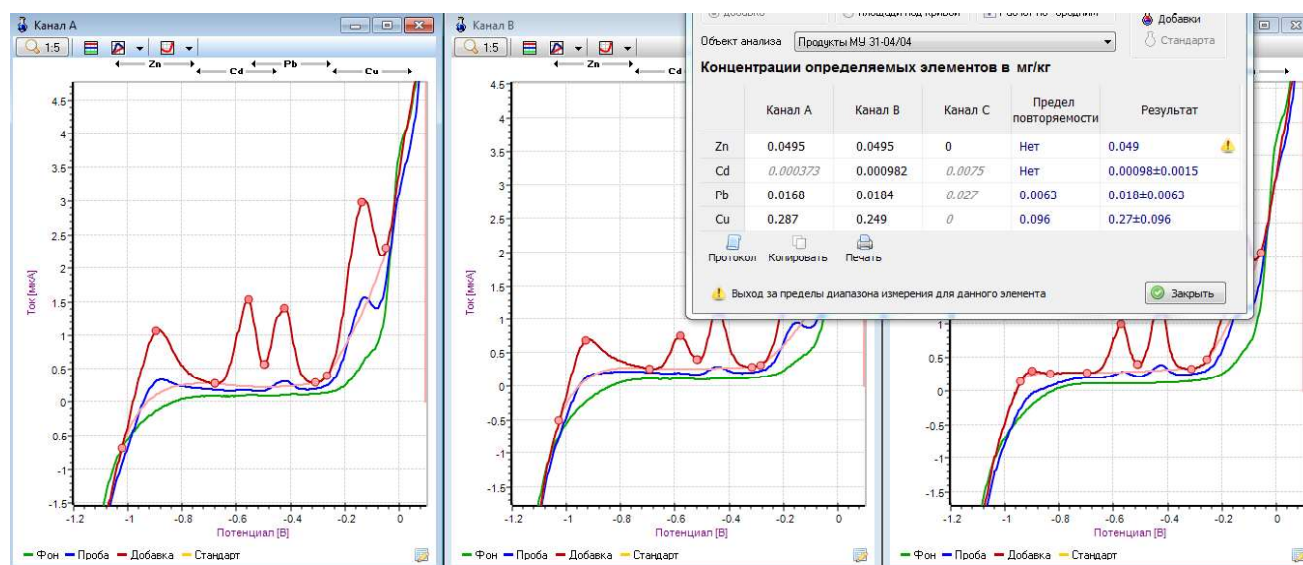


Рисунок 4. Волтампереграмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в консервированных огурцах

металлы мигрирует из сырья в жидкую среду, а при их отсутствии в сырье, они могут мигрировать из жидкой среды в сырье.

В одном исследовании (Alexander et al., 2006) сообщили, что Pb значительно накапливается в салате и луке, тогда как Cd накапливается в наибольшей степени в шпинате и салате. Обнаружено (Yang et al., 2009), что китайский лук-порей, пак-чой и морковь имеют более высокие концентрации Cd в съедобных частях, чем редис, огурец и помидор. В

другом исследовании авторы (Säumel et al., 2012) сообщили, что концентрации Zn в зеленой фасоле, томатах, картофеле, кольраби и моркови были значительно ниже, чем концентрации в листовых овощах. Накопление Cd в овощах снизилось в следующем порядке: листовые овощи > пасленовые овощи > корнеплоды > бахчевые овощи > бобовые овощи.

Результаты наших опытов показывают, что содержание массовых концентраций Zn, Cd, Pb, Cu в из-

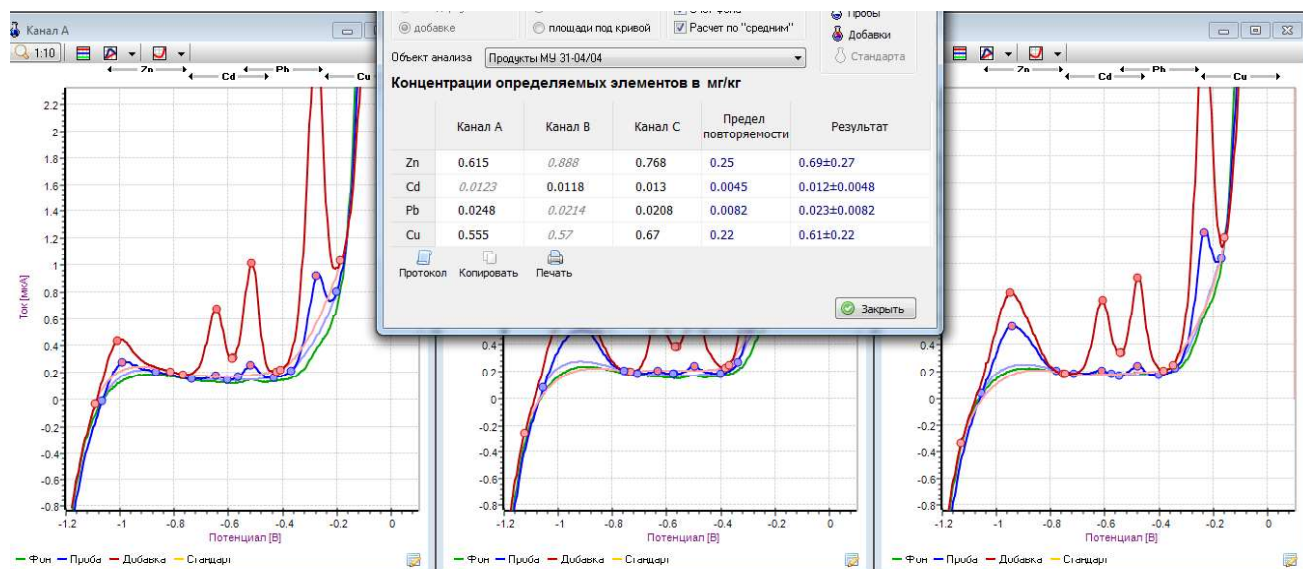


Рисунок 5. Волтампереграмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в маринованных баклажанах

ученных нами овощах располагается в следующем порядке: для огурцов- $Zn > Cu > Pb$; для баклажана- $Zn > Cu > Pb > Cd$. Волтампереграмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в свежих лимонах показан на Рисунке 6.

Анализ данных Таблицы 1 и Рисунка 6 показывают, что содержание массовых концентраций Zn в свежих апельсинах 75,61 раза больше, чем в свежих лимонах, а содержание Pb и Cu, наоборот, в лимонах 4,33 и 1,22 раза соответственно, больше чем в апельсинах. Cd же в свежих лимонах во-

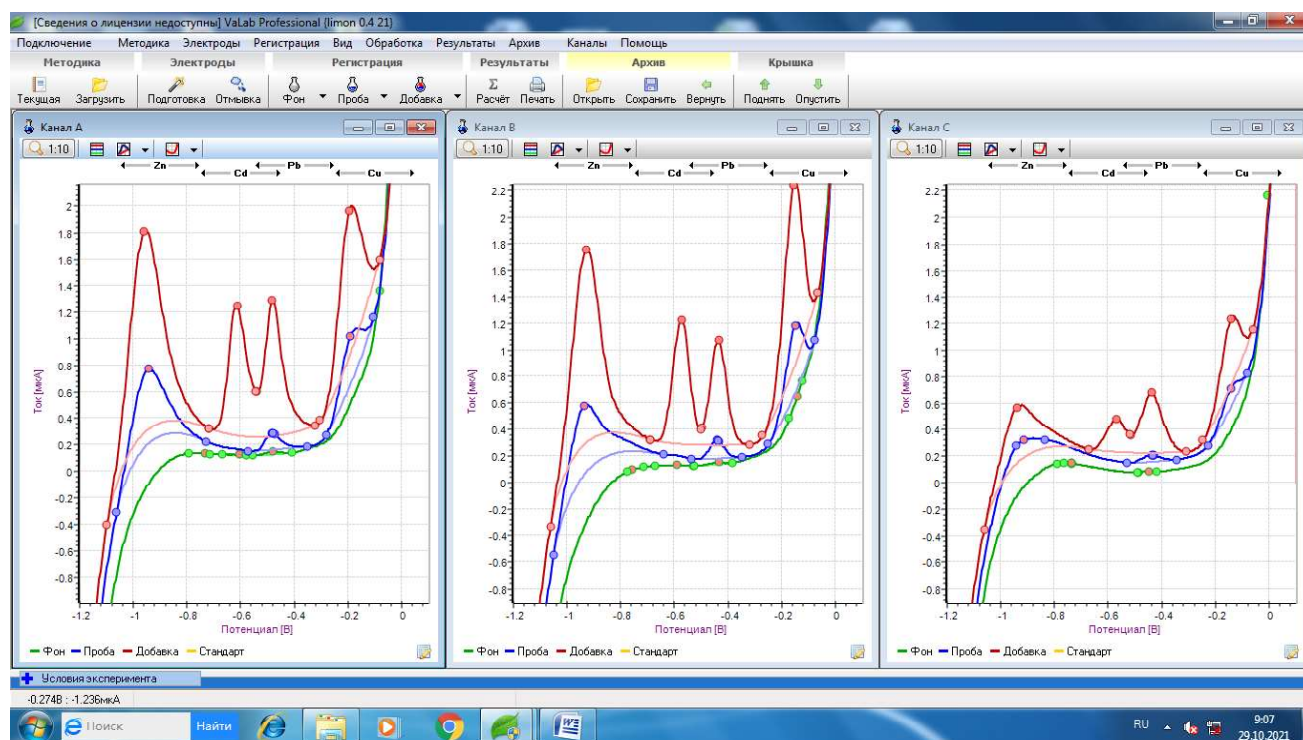


Рисунок 6. Волтампереграмма содержание массовых концентраций токсических металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в свежих лимонах

обще не обнаружен. Увеличение содержание *Cu* в апельсиновом и лимонном соках обусловлена с применением технологических приемов при производстве. Содержание концентрации *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* в изученных нами цитрусовых располагается в следующем порядке: для апельсина- $Zn > Cu > Pb > Cd$; для лимона- $Cu > Pb > Zn$.

Волтамперограмма содержание массовых концентраций токсических металлов (*Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu*) в напитках из черного байхового чая показан на Рисунке 7. Результаты наших исследований, а также анализ данных Таблицы 1 и Рисунка 7 показывают, что содержание концентраций *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* в чайном экстракте с массовой доли растворимых сухих веществ 30,0% в 7,90- 9,60 раза больше чем в напитках из черного байхового чая. Что касается увеличение содержание концентраций *Cd* в чайном напитке из черного байхового чая, на наш взгляд это связано с содержанием *Cd* в используемой питьевой воде. Содержание концентрации *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* в чайных листьях располагается в следующем порядке: $Cu > Zn > Pb > Cd$.

Содержание концентраций *Zn* и *Pb* в молодых побегах (флешах) образующегося на чайных кустах в период май - июнь месяцы больше на 17,14% и 70,27% соответственно, чем у огрубевших ли-

стах, образующихся на чайных кустах в август-сентябрь месяцы года. По нашему мнению, это связано с физиологическими особенностями чайных растений в период вегетации. Что касается содержание *Cd* и *Cu* в молодых побегах (флешах) и огрубевших листьях, то здесь особых различий не наблюдается.

Результаты анализов приведенных в Таблице 1 и Рисунках 2-7, показывают, что общие содержания концентраций всех проверенных токсических металлов в чайных листьях несколько порядок выше, чем в овощах (огурцы и баклажаны) и цитрусовых плодах (лимоны и апельсины).

Волтамперограмма содержание массовых концентраций токсических металлов приведенных на Рисунках 2-7, также показывают о достоверности полученных результатов анализов измерений массовой концентрации каждого элемента в анализируемой пробе и о приемлемости данной методики.

Согласно действующей в Азербайджанской Республики Санитарно-эпидемиологические правила и нормы «Гигиенические требования безопасности пищевых продуктов и пищевой ценности»⁷, допустимый уровень *Cd*, *Pb* в чайной продукции и плодоовощных консервах, не

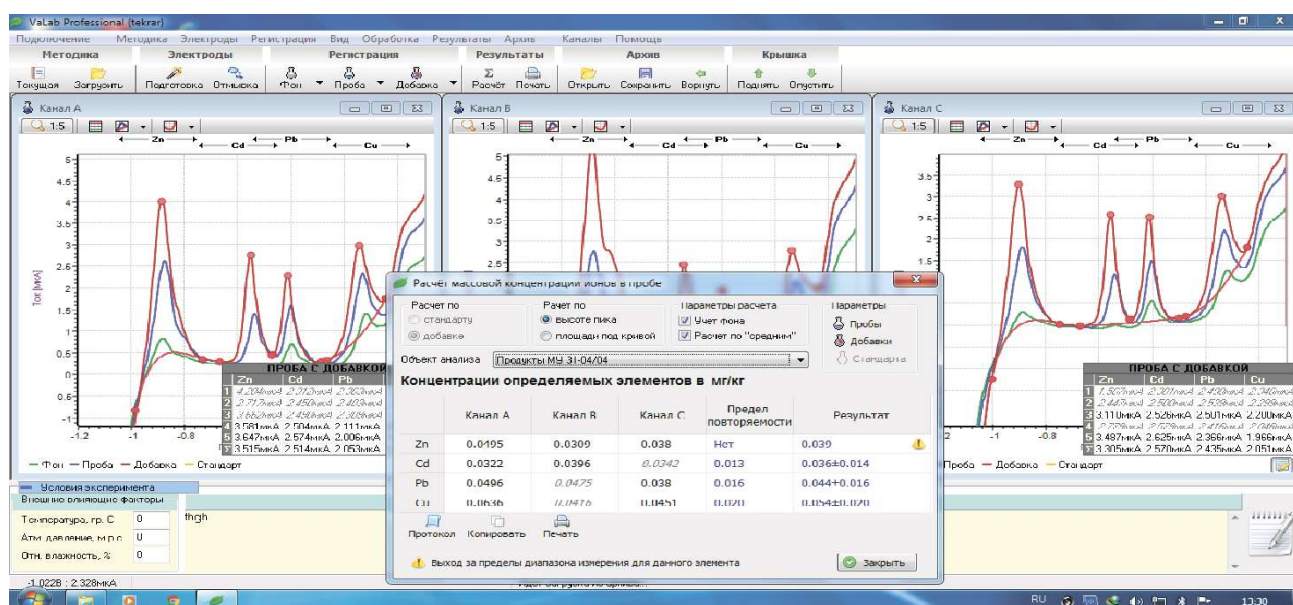


Рисунок 7. Волтамперограмма содержание массовых концентраций токсических металлов (*Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu*) в напитках из черного байхового чая

⁷ СанПиН 2.3.2.1078-01. (2010). Гигиенические требования безопасности пищевых продуктов и пищевой ценности. https://mibio.ru/docs/110/sanpin_2.3.2.1078-01_gigienicheskie_trebovaniya_bezopasnosti.pdf

более 1,0 мг/кг и 10,0 мг/кг соответственно, а в свежих овощах, не более 0,03 мг/кг и 0,5 мг/кг соответственно.

Как показывают результаты проведенных нами исследований, содержание массовых концентраций токсических металлов *Cd*, *Pb* во всех анализируемых пробах чайных листьев, овощей (огурцы и баклажаны) и цитрусовых плодов (лимоны и апельсины) меньше, чем их допустимые уровни, указанные в действующих нормативных документах⁷. Содержание массовых концентраций токсических металлов *Zn*, *Cu* в свежих овощах, цитрусовых и чайных листьях указанными нормативами не нормируется.

Выводы

Анализ существующих литературных и патентных источников информации (Qu et al., 2014; Tchounwou et al., 2012; Mamtani et al., 2011; Фролова и др., 2012; Mahurpawar, 2015; Maharramov, 2019; Sharma et al., 2016; Боев и др., 2002; Dolan et al., 2003; Литвинова, 2013; Feseha et al., 2021; Berihun et al., 2021; Zhou et al., 2016) показывает, что некоторые токсические металлы в конкретных видах пищевых продуктов даже в пределах допустимых уровней отрицательно влияют на состояние здоровья организм человека. Тяжелые металлы накапливаются в тканях и органах человека в результате различных процессов, вызывающих неблагоприятные воздействия.

В результате проведенных нами исследований установлено, что относительно высокое содержание концентраций *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* обнаружены в зеленых чайных листьях, самое низкое содержание *Zn* и *Cd* в консервированных огурцах и свежих лимонах, а самое низкое содержание *Pb* и *Cu* обнаружены в свежих апельсинах и напитках из черного байхового чая.

Содержание массовых концентраций токсических металлов *Cd*, *Pb* во всех анализируемых пробах чайных листьев, овощей (огурцы и баклажаны) и цитрусовых плодов (лимоны и апельсины) меньше, чем их допустимые уровни, указанные в действующих нормативных документах⁷.

Содержание концентрации *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Cu* в изученных сырье располагается в следующем порядке: для огурцов- *Zn* > *Cu* > *Pb*; для баклажана- *Zn* > *Cu* > *Pb* > *Cd*; для апельсина- *Zn* > *Cu* > *Pb* > *Cd*; для лимона - *Cu* > *Pb* > *Zn*; для чайного листа- *Cu* > *Zn* > *Pb* > *Cd*. В свежих огурцах и лимонах *Cd* не обнаружен.

Благодарности

Работа частично выполнена в рамках грантового проекта Минобразования Азербайджанской Республики (Гос. регистрационный № 622/21/1108-АЗ-456/Y/A2; договор № АОITI-2021-07).

Литература

- Боев, В. М., Куксанов, В. Ф., & Быстрых В. В. (2002). *Химические канцерогены среды обитания и злокачественные образования*. М.: Медицина.
- Василовский, А. М., & Куркатов, С. В. (2012). Гигиеническая оценка безопасности продовольственного сырья в Центральной Сибири. В *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей* (с. 57-60). М.: Канцлер.
- Кулиев, Ф. А. (2011). Состояние и перспективы отрасли чаеводства и субтропических культур в Республике Азербайджан. *Субтропические и декоративное садоводство. Научные труды ВНИИЦ и СК*, 44, 51-64.
- Литвинова, О. С. (2013). *Разработка подходов к определению приоритетных контаминантов химической природы в пищевых продуктах в режиме реального времени с целью оптимизации санитарно-эпидемиологического надзора* [Кандидатская диссертация, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи]. М., Россия.
- Павлов, Н. Н. (2014). *Риски для здоровья детей и подростков, обусловленные контаминацией пищевых продуктов и сырья местного производства* [Кандидатская диссертация, Волгоградский государственный медицинский университет]. Волгоград, Россия.
- Фролова, О. А., Карпова, М. В., Сафиуллина, З. Ф., & Фролов, Д. Н. (2012). Гигиеническая оценка риска здоровью населения, формирующегося под воздействием контаминантов, загрязняющих пищевые продукты (на примере республики Татарстан). *Профилактическая медицина*, 3, 34-36.
- Хотимченко, С. А. (2007). Использование концепции анализа риска в системе мониторинга за безопасностью пищевых продуктов. В *Материалы X Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей* (т. 1., с. 1054-1055). М.: Канцлер.
- Alexander, P. D., Alloway, B. J., & Dourado, A. M. (2006). Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. *Environmental Pollution*, 144(3), 736-745. <https://doi.org/10.1080/10942910802181024>
- Berihun, T. B., Amare, E. D., Raju, R. P., Ayele, T. D., & Dagne H. (2021). Determination of the level of

- metallic contamination in irrigation vegetables, the soil, and the water in Gondar City, Ethiopia. *Nutrition and Dietary Supplements*, 13, 1-7. <http://doi.org/10.2147/NDS.S283451>.
- Dolan, S. P., Nortrup, D. A., Bolger, P. M., & Capar, S. G. (2003). Analysis of dietary supplements for arsenic, cadmium, mercury and lead using inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1307-1312. <https://doi.org/10.1021/jf026055x>
- Feseha, A., Chaubey, A. K., & Abraha, A. (2021). Heavy metal concentration in vegetables and their potential risk for human health. *Health Risk Analysis*, 1, 68-81. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.07.eng>
- Harmanescu, M., Alda, L. M., Bordean, D. M., Gogoasa, L., & Gergen, L. (2011). Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area, a case study: Banat County, Romania. *Chemistry Central Journal*, 5, 64-73. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-64>
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Jia, Z., Li, S., & Wang L. (2018). Assessment of soil heavy metals for eco-environment and human health in a rapidly urbanization area of the upper Yangtze Basin. *Scientific Reports*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21569-6>
- Mahurpawar, M. (2015). Effects of heavy metals on human health. *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH*, 530, 1-7.
- Mamtani, R., Stern, P., Dawood, I., & Cheema, S. (2011). Metals and disease: A global primary health care perspective. *Journal of Toxicology*, 2011, Article 319136. <https://doi.org/10.1155/2011/319136>
- Məhərrəmov, M. Ə. (2019). *Xammal və qida məhsullarının təhlükəsizliyi* [Safety of raw materials and food]. Bakı, İqtisad Universiteti.
- Mishra, S., Bharagava, R. N., More N., Yadav, A., Zainith, S., & Chowdhary, P. (2019). Heavy metal contamination: an alarming threat to environment and human health. *Environmental Biotechnology*, 2019, 103-125. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7284-0_5
- Monisha, J., Tenzin, T., Naresh, A., Blessy, B. M., & Krishnamurthy N. B. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60-72. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>
- Qu, C., Ma, Z., Yang, J., Liu, Y., Bi, J., & Huang, L. (2014). Human Exposure Pathways of Heavy Metal in a Lead-Zinc Mining Area. In *Heavy Metal Contamination of Water and Soil: Analysis, assessment, and remediation strategies* (pp. 129-156). New York: Environmental Biotechnology. <https://doi.org/10.1201/b16566>
- Quliyev, F. A. (2018). *Sitrus bitkilərinin əsas bioloji xüsusiyyətləri və suvarılması rejimi*. [Basic biological characteristics of citrus plants and irrigation regime]. Bakı, Ecoprint.
- Rahman, M. A., Rahman, M. M., Reichman, S. M., Lim, R. P., & Naidu R. (2014). Heavy metals in Australian grown and imported rice and vegetables on sale in Australia: Health hazard. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.11.024>
- Säumel, I., Kotsyuk, I., Hölscher, M., Lenkerei, C., Weber, F., & Kowarik, I. (2012). How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution*, 165, 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.02.019>
- Sharma, A., Katnoria, J. K., & Nagpal, A. K. (2016). Heavy metals in vegetables: Screening health risks involved in cultivation along wastewater drain and irrigating with wastewater. *Springer Plus*, 5(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2129-1>
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 101, 133-164. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- Yang, Y., Zhang, F. S., Li, H. F., & Jiang, R. F. (2009). Accumulation of cadmium in the edible parts of six vegetable species grown in Cd-contaminated soils. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 1117-1122. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.05.004>
- Zhou, H., Yang, W., Zhou, X., Liu, L., Gu, J., Wang, W., Zou, J., Tian, T., Peng, P., & Liao, B. (2016). Accumulation of Heavy Metals in Vegetable Species Planted in Contaminated Soils and the Health Risk Assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(3), Article 289. <https://doi.org/10.3390/ijerph13030289>

The Content of Heavy Metals in Some Vegetables, Citrus Fruits and Tea Leaves Produced in the Republic of Azerbaijan and Their Processed Products

Azer A. Jalalov

Lankaran State University

50, Hazi Aslanov Alley st., Lankaran, AZ4250, Azerbaijan Republic

E-mail: acalalov@list.ru

Sevinj I. Maharramova

Azerbaijan State Economic University

d. 6, Istiglaliyat st., Baku, AZ1001, Azerbaijan Republic

E-mail: maqerramovasevinc75@mail.ru

Muhendis M. Jahangirov

Lankaran State University

50, Hazi Aslanov Alley st., Lankaran, AZ4250, Azerbaijan Republic

E-mail: mmccay@mail.ru

Laman R. Hamidova

Lankaran State University

50, Hazi Aslanov Alley st., Lankaran, AZ4250, Azerbaijan Republic

E-mail: leman.hamidova@mail.ru

References

- Boev, V. M., Kuksanov, V. F., & Bystryh V. V. (2002) *Himicheskie kancerogeny sredy obitaniya i zlokachestvennye obrazovaniya* [Environmental chemical carcinogens and malignancies]. Moscow: Medicina.
- Kuliev, F. A. (2011). Sostojanie i perspektivy otrasli chaevodstva i subtropicheskikh kul'tur v Respublike Azerbajdzhan. Subtropicheskie i dekorativnoe sadovodstvo [State and prospects of the tea growing and subtropical crops industry in the Republic of Azerbaijan]. *Nauchnye trudy VNIIC i SK* [Subtropical and ornamental gardening. Scientific works All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops], 44, 51-64.
- Litvinova, O. S. (2013). *Razrabotka podhodov k opredeleniju prioritetnyh kontaminantov himicheskoy prirody v pishhevyyh produktah v rezhime real'nogo vremeni s cel'ju optimizacii sanitarno-jepidemiologicheskogo nadzora* [Development of approaches to the identification of priority chemical contaminants in food products in real time in order to optimize sanitary and epidemiological surveillance] [Candidate Dissertation, Federal'nyj issledovatel'skij centr pitaniya, biotekhnologii i bezopasnosti pishhi]. Moscow, Russia.
- Vasilovskij, A. M., & Kurkatov, S. V. (2012). Gigienicheskaja ocenka bezopasnosti prodovol'stvennogo syr'ja v Central'noj Sibiri [Hygienic assessment of the safety of food raw materials in Central Siberia]. In *Materialy XI Vserossijskogo sezda gigienistov i sanitarnyh vrachej* [Materials of the 11th All-Russian congress of hygienists and sanitary doctors] (pp. 57-60). Moscow: Kancler.
- Pavlov, N. N. (2014). *Riski dlja zdorov'ja detej i podrostkov, obuslovlennye kontaminaciej pishhevyyh produktov i syr'ja mestnogo proizvodstva* [Health risks for children and adolescents due to contamination of food products and locally produced raw materials] [Candidate Dissertation, Volgogradskij gosudarstvennyj medicinskij universitet]. Volgograd, Russia.
- Frolova, O. A., Karpova, M. V., Safiullina, Z. F., & Frolov, D. N. (2012). Gigienicheskaja ocenka riska zdorov'ju naselenija, formirujushhegosja pod vozdejstviem kontaminantov, zagrjaznjajushhih pishhevyh produkty (na primere respublik Tatarstan) [Hygienic assessment of the risk to the health of the population, formed under the influence of contaminants

- that contaminate food products (on the example of the Republic of Tatarstan)]. *Profilakticheskaja medicina [Preventive Medicine]*, 3, 34-36.
- Hotimchenko, S. A. (2007). Ispol'zovanie koncepcii analiza riska v sisteme monitoringa za bezopasnost'ju pishhevyyh produktov [Using the concept of risk analysis in a food safety monitoring system]. In *Materialy X Vserossiyskogo sezda gigienistov i sanitarnyyh vrachej [Materials of the 10th All-Russian congress of hygienists and sanitary doctors]* (vol. 1., pp. 1054-1055). Moscow: Kancler.
- Alexander, P. D., Alloway, B. J., & Dourado, A. M. (2006). Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. *Environmental Pollution*, 144(3), 736-745. <https://doi.org/10.1080/10942910802181024>
- Berihun, T. B., Amare, E. D., Raju, R. P., Ayele, T. D., & Dagne H. (2021). Determination of the level of metallic contamination in irrigation vegetables, the soil, and the water in Gondar City, Ethiopia. *Nutrition and Dietary Supplements*, 13, 1-7. <http://doi.org/10.2147/NDS.S283451>.
- Dolan, S. P., Nortrup, D. A., Bolger, P. M., & Capar, S. G. (2003). Analysis of dietary supplements for arsenic, cadmium, mercury and lead using inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(5), 1307-1312. <https://doi.org/10.1021/jf026055x>
- Feseha, A., Chaubey, A. K., & Abraha, A. (2021). Heavy metal concentration in vegetables and their potential risk for human health. *Health Risk Analysis*, 1, 68-81. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.07.eng>
- Harmanescu, M., Alda, L. M., Bordean, D. M., Gogoasa, L., & Gergen, L. (2011). Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining area, a case study: Banat County, Romania. *Chemistry Central Journal*, 5, 64-73. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-64>
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Jia, Z., Li, S., & Wang L. (2018). Assessment of soil heavy metals for eco-environment and human health in a rapidly urbanization area of the upper Yangtze Basin. *Scientific Reports*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21569-6>
- Mahurpawar, M. (2015). Effects of heavy metals on human health. *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH*, 530, 1-7.
- Mamtani, R., Stern, P., Dawood, I., & Cheema, S. (2011). Metals and disease: A global primary health care perspective. *Journal of Toxicology*, 2011, Article 319136. <https://doi.org/10.1155/2011/319136>
- Məhərrəmov, M. Ə. (2019). *Xammal və qida məhsullarının təhlükəsizliyi [Safety of raw materials and food]*. Bakı, İqtisad Universiteti.
- Mishra, S., Bharagava, R. N., More N., Yadav, A., Zainith, S., & Chowdhary, P. (2019). Heavy metal contamination: an alarming threat to environment and human health. *Environmental Biotechnology*, 2019, 103-125. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7284-0_5
- Monisha, J., Tenzin, T., Naresh, A., Blessy, B. M., & Krishnamurthy N. B. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60-72. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>
- Qu, C., Ma, Z., Yang, J., Liu, Y., Bi, J., & Huang, L. (2014). Human Exposure Pathways of Heavy Metal in a Lead-Zinc Mining Area. In *Heavy Metal Contamination of Water and Soil: Analysis, assessment, and remediation strategies* (pp. 129-156). New York: Environmental Biotechnology. <https://doi.org/10.1201/b16566>
- Quliyev, F. A. (2018). *Sitrus bitkilərinin əsas bioloji xüsusiyyətləri və suvarılması rejimi*. [Basic biological characteristics of citrus plants and irrigation regime]. Bakı, Ecoprint.
- Rahman, M. A., Rahman, M. M., Reichman, S. M., Lim, R. P., & Naidu R. (2014). Heavy metals in Australian grown and imported rice and vegetables on sale in Australia: Health hazard. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.11.024>
- Säumel, I., Kotsyuk, I., Hölscher, M., Lenkerei, C., Weber, F., & Kowarik, I. (2012). How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution*, 165, 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.02.019>
- Sharma, A., Katnoria, J. K., & Nagpal, A. K. (2016). Heavy metals in vegetables: Screening health risks involved in cultivation along wastewater drain and irrigating with wastewater. *Springer Plus*, 5(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2129-1>
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 101, 133-164. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- Yang, Y., Zhang, F. S., Li, H. F., & Jiang, R. F. (2009). Accumulation of cadmium in the edible parts of six vegetable species grown in Cd-contaminated soils. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 1117-1122. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.05.004>
- Zhou, H., Yang, W., Zhou, X., Liu, L., Gu, J., Wang, W., Zou, J., Tian, T., Peng, P., & Liao, B. (2016). Accumulation of Heavy Metals in Vegetable Species Planted in Contaminated Soils and the Health Risk Assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(3), Article 289. <https://doi.org/10.3390/ijerph13030289>

Состав и функционально-технологические свойства пермеата подсырной сыворотки

Мельникова Елена Ивановна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес: 394036, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19

E-mail: melnikova@molvest.ru

Богданова Екатерина Викторовна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес: 394036, город Воронеж, пр. Революции, д. 19

E-mail: ek-v-b@yandex.ru

Павельева Дарья Анатольевна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес: 394036, город Воронеж, пр. Революции, д. 19

E-mail: kotma95@inbox.ru

Решение проблемы утилизации молочной сыворотки возможно только за счёт инвестиций переработчиков в новые ресурсосберегающие технологии, в том числе производство пермеатов. Целью данного исследования было изучение функционально-технологических характеристик, размера частиц и способности к восстановлению сухого сывороточного пермеата. Сухой пермеат получали из предварительно просепарированной при $t=(45 \pm 2)^\circ\text{C}$ и очищенной подсырной сыворотки, которую пастеризовали при $t=(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 5 минут, затем охлаждали до $t=(10 - 15)^\circ\text{C}$ и отправляли на ультрафильтрацию при $t=(10 - 12)^\circ\text{C}$, $P=(0,3 - 0,6)$ МПа. Последующую сушку осуществляли на установке VRD-5 при температуре на входе в сушильную башню $150 - 160^\circ\text{C}$, на выходе – $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с арбитражными и общепринятыми в исследовательской практике методами. В ходе работы были установлены гранулометрический состав и физико-химические показатели сухого пермеата: средний размер частиц составил 56,03 мкм, индекс растворимости $-0,1\text{ см}^3$, насыпная плотность $-0,68\text{ г/см}^3$, диспергируемость $-80,6\%$, смачиваемость $-62,0\%$. Изученные функциональные свойства сывороточного пермеата показывают высокую способность к адаптации рецептур кондитерских и хлебобулочных изделий, горячих напитков, молочных и мясных продуктов для улучшения их вкуса и текстуры, а также при снижении стоимости. Выпуск сухого сывороточного пермеата, нового для нашей страны продукта, позволит организовать замкнутый цикл производства и расширить ассортиментные группы традиционных товаров.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, сывороточный пермеат, продукты для специализированного питания, химический состав

Введение

Совершенствование современных технологий, поиск альтернативно-компонентных решений производства продуктов питания катализирует развитие рынка новых сырьевых ингредиентов, в том числе из вторичного молочного сырья (Bhandari et al., 2013). К одному из широко востре-

бованных ингредиентов для производства продуктов питания относятся пермеат молочного сырья (Minj et al., 2020; Лазарев & Титова, 2019).

В настоящее время Российскими нормативными документами (ТР ТС 033/2013¹; ТР ТС 029/2012²) не только не регламентированы требования к этим ингредиентам, но и отсутствует понятийный

¹ ТР ТС 033/2013. (2013). *Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции»*. <https://docs.cntd.ru/document/499050562>

² ТР ТС 029/2012. (2014). *Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств*. <https://docs.cntd.ru/document/902359401>

аппарат к таким наименованиям. Комиссией Кодекс Алиментариус при ФАО/ВОЗ в 2017 г. утвержден стандарт на сухие пермеаты из молочного сырья (CXS 331-2017). В соответствии с этим стандартом сухие пермеаты производятся из молочного сырья (молока, сливок, пахты, сыворотки, за исключением творожной), посредством удаления (полного либо частичного) молочного жира и белка (Kravtsov et al., 2021).

На сегодняшнем российском рынке молочных ингредиентов большим спросом пользуются сывороточные пермеаты ввиду экономической целесообразности их применения в пищевом производстве, а также функционально-технологических характеристик, широко востребованных в различных сферах пищевой промышленности (Охотин, 2014). Мировыми лидерами по производству пермеата являются США, страны ЕС, Новая Зеландия, Аргентина (Мельникова и др., 2020). В РФ в настоящее время пермеат производят три предприятия:

- «Калачеевский сырзавод»;
- ООО «Трубчевский молочный комбинат»;
- «Рубцовский молочный завод».

Области применения сывороточного пермеата:

- кондитерское и хлебопекарное производство (придает сладкий вкус и приятный молочный аромат. Действует в качестве усилителя вкуса, благодаря содержанию в нем лактозы и минералов. Сладковатый агент - наполнитель, особенно подходит для применения там, где требуется высокое содержание сухих веществ без излишней сладости (Глотова и др., 2019). Является эффективным компонентом для создания подрумяненного цвета и ноток жженого сахара).
- молочная промышленность. Особенно интересен в использовании в тех технологиях, где требуется внесение большего количества безбелковых и нежирных сухих веществ для придания объема. Применяется в производстве мороженого и сгущенного молока для восполнения сухих веществ и предотвращения кристаллизации лактозы. Действует как усилитель вкуса в комбинации с другими ароматами, такими как, шоколад или ваниль.
- производство порошков и смесей для приготовления напитков. Действует как ингредиент наполнитель, увеличивающий объем порошкообразных продуктов. Придает напиткам сладковатый молочный аромат и полноту вкуса, благодаря содержанию лактозы и минералов, особенно кальция (Рязанцева & Коростелева, 2021).

- бакалейное производство. Соусы, супы быстрого приготовления и приправы: придает объем специям, улучшает их привлекательный внешний вид. Малый размер частиц пермеата обеспечивает прекрасное смешивание с другими компонентами приправ, позволяя лучше наносить их на продукт, например, на чипсы.
- производство ЗЦМ и кормов для сельскохозяйственных животных.

Теоретическое обоснование

Сывороточные пермеаты представляют собой низкобелковые продукты переработки молочной сыворотки (Бабенышев и др., 2020).

В зависимости от технологии получения их химический состав варьируется в диапазоне, представленном в Таблице 1.

Таблица 1
Химический состав сывороточных пермеатов

Наименование показателя	Значение
Массовая доля влаги, %	2 – 5
Массовая доля лактозы, %	76 – 92
Массовая доля жира, %	0 - 1,5
Массовая доля белка, %	1,2 – 4
Массовая доля золы, %	
деминерализованный пермеат	до 4
недeminерализованный пермеат	до 12

По внешнему виду пермеаты представляют собой сыпучий порошок белого цвета с желтоватым оттенком, сладковатым молочным вкусом (Издаев и др., 2019). Пермеат относится к натуральным молочным ингредиентам, позволяющим производить продукты с «чистой этикеткой». Вследствие высокого содержания уникального углевода животного происхождения - лактозы, может заменить в рецептурах пищевых продуктов более дорогостоящие компоненты, такие как чистая лактоза, сухая молочная сыворотка и другие (Быкова & Калинина, 2021).

К важным функционально-технологическим характеристикам пермеата, востребованным в пищевых производствах, относятся:

- высокая гидрофильность;
- быстрая растворимость в воде и других полярных растворителях;
- возможность усиливать естественный вкус и аромат продуктов;

- участие в реакциях меланоидинообразования;
- меньший коэффициент сладости в сравнении с сахарозой;
- оптимальная насыпная плотность и гигроскопичность;
- хорошая адгезия с другими смесевыми компонентами (Murphy et al., 2020).

Важной характеристикой сухих продуктов является размер частиц, который в значительной степени влияет на физические свойства: насыпную плотность, плотность частиц, межклеточный воздух и сыпучесть (Кручинин & Шилова, 2020). Размер частиц и их распределение в сухом пермеате определяют способность к восстановлению сухого продукта (Голубева и др., 2021), его смачиваемость, диспергируемость и возможность применения в рецептурах других продуктов (Anandharamakrishnan et al., 2013). Небольшой размер частиц и правильная форма могут улучшить плотную упаковку. Крупные частицы пермеата (90 мкм) характеризуются хорошей смачиваемостью и диспергируемостью.

Стандартная технологическая схема производства сывороточного пермеата предусматривает наличие следующих технологических операций (Рисунок 1).

В случае необходимости получения деминерализованного пермеата, после нанофильтрации предусматривается проведение процесса электродиализа (Мельникова & Богданова, 2021).

В традиционной технологии частичная деминерализация пермеата (до 30 %) осуществляется за счет нанофильтрации (Золоторева и др., 2017). Поэтому, как правило, процесс электродиализа в данной технологической схеме не востребован.

Насыпная плотность — это свойство продукта, важное в экономическом отношении (особенно при транспортировке на большие расстояния) и определяющее его функционально-технологические свойства (Anandharamakrishnan, 2017). Высокая насыпная плотность экономит упаковочный материал и объемы складских помещений.

Насыпная плотность продукта — это интегрированный показатель, который зависит от плотности сухих веществ, входящих в его состав, содержания абсорбированного воздуха и сыпучести. Насыпная плотность пермеата в зависимости от условий получения несколько выше, чем у сухого обезжиренного молока и сыворотки и составляет 0,7–0,75 г/см³,



Рисунок 1. Стандартная технологическая схема производства сывороточного пермеата

что обусловлено высоким содержанием лактозы (Huppertz & Gazi, 2016). Индекс растворимости пермеата приближен к сухой сыворотке и составляет 0,1 см³ сырого осадка.

Целью данного исследования было изучение функционально-технологических характеристик, размера частиц и способности к восстановлению сухого сывороточного пермеата. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить гранулометрический состав и его влияние на физические свойства сухого пермеата;
- установить взаимосвязь размера частиц сывороточного пермеата с растворимостью и смачиваемостью готового продукта.

Материалы и методы исследования

Материалы

Сырье для производства сухого пермеата – подсырная сыворотка, которую получали в условиях филиала ПАО МК «Воронежский» «Калачеевский сырзавод».

Оборудование

Для реализации данного исследования использовали следующее оборудование:

- вибросито;
- нанопольтрационная установка;
- вакуум-выпарная установка ТН-TVR4;
- сушильная установка VRD-3;
- лазерный дифракционный анализатор размера частиц LS 13 320 XR (производитель – Beckman Coulter, США)

Методы

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с арбитражными и общепринятыми в исследовательской практике методами: объемная насыпная плотность, г/см³ (ГОСТ Р ИСО 8967-2010³; ГОСТ Р 51462-99⁴); рыхлая насыпная плотность, г/см³ (ГОСТ Р ИСО 8967-2010⁵; ГОСТ

Р 51462-99); насыпная плотность, г/см³ (ГОСТ Р ИСО 8967-2010; ГОСТ Р 51462-99); показатель термообработки (СТБ ISO 6735-2011⁶); пригорелые частицы (ГОСТ Р 51465-99); индекс растворимости, см³ сырого осад⁷; диспергируемость, % (ISO/TS 17758:2014⁸); смачиваемость, % (ISO/TS 17758:2014).

Процедура исследования

Сыворотку предварительно очищали от жира и казеиновой пыли с применением вибросита, пастеризовали при $t=(75\pm 2)$ °С в течение 5 минут, затем охлаждали до $t=(10-15)$ °С и отправляли на ультрафильтрацию. Полученный пермеат подавали на нанопольтрационную установку при $t=(10\pm 2)$ °С и давлении процесса до 25 бар, при этом происходило его сгущение до содержания сухих веществ 17,5 %. Далее пермеат сгущали до (54-55 %) на вакуум-выпарной установке ТН-TVR4 и отправляли на кристаллизацию в течение 12-16 ч. Последующую сушку осуществляли на установке VRD-3 при температуре на входе в сушильную башню (170 – 200) °С, на выходе – (70–100) °С. Анализ гранулометрического состава (прибор Beckman Coulter. Справочное руководство оператора: обзор системы и основные операции). Экспериментальные исследования каждого образца проводили 5 – 10 раз в трехкратной последовательности.

Анализ данных

Анализ сухого сывороточного пермеата был выполнен в испытательной лаборатории «МОЛОКО» ФГАНУ «ВНИМИ». Физико-химические показатели сывороточного пермеата определяли в научно-исследовательских лабораториях ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» и ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий». Расчеты, построение диаграмм и их описание проводили методами математической статистики с помощью приложений Microsoft Office для дома и учебы 2021 для Mac. Ограничения проведенных экспериментальных исследований были погрешности и неопределенности используемых методов анализа, что повлияло на представленные результаты.

³ ГОСТ Р ИСО 8967-2010. (2011). *Молоко сухое и сухие молочные продукты*. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ Р 51462-99. (2018). *Продукты молочные сухие. Метод определения насыпной плотности*. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ Р ИСО 8967-2010. (2011). *Молоко сухое и сухие молочные продукты. Определение насыпной плотности*. М.: Стандартинформ.

⁶ СТБ ISO 6735-2011. (2011). *Молоко сухое. Оценка класса термообработки (контрольный метод определения показателя термообработки)*. Минск: Госстандарт.

⁷ *Analytical methods for dry milk products*. <https://www.gea.com/en/products/analytical-methods-dry-milk-products.jsp>

⁸ ISO/TS 17758:2014. (2014). *Молоко сухое быстрорастворимое. Определение диспергируемости и смачиваемости*. <https://tnpa.by/#!/DocumentCard/316918/436658>

Результаты и их обсуждение

Анализ гранулометрического состава приведён на Рисунке 2. Средний размер частиц составил 54-58 мкм.

Чем меньше размер частиц, тем больше растворителя требуется для их диспергирования, при условии, что крупные и мелкие частицы имеют одинаковую массу (Ji et al., 2016). Следовательно, пермеат достаточно быстро будет достигать равновесного состояния и распределяться между молекулами воды (Galstyan et al., 2016). Помимо гранулометрического состава и структурной пористости, на диспергируемость сухого пермеата влияют плотность (Таблица 2) и химический состав (Таблица 1). Низкая плотность мелких частиц замедляет осаждение, что приводит к плохой диспергируемости сухого продукта (Агаркова & Чилинкин, 2021).

Мелкие частицы более адгезивны и хуже диспергируются, что снижает растворимость в воде. Крупные частицы порошка уменьшают удельную поверхность по сравнению с ними, что приводит к уменьшению когезионных межчастичных взаимодействий (Fyfe et al., 2011). Продолжительность смачиваемости сокращается при наличии более крупных агломерированных частиц. В данном исследовании было обнаружено, что сывороточный пермеат характеризуется высокой способностью к смачиванию. Это можно объяснить тем,

Таблица 2

Физико-химические показатели сывороточного пермеата

Наименование показателя	Величина
Объемная насыпная плотность, г/см ³	0,52 ± 7,8 % относ.
Рыхлая насыпная плотность, г/см ³	0,62 ± 7,8 % относ.
Насыпная плотность, г/см ³	0,68 ± 7,8 % относ.
Индекс растворимости, см ³ сырого осадка	0,10 ± 0,01
Пригорелые частицы (диск)	A/B
Показатель термообработки (тепловое число)	85,17
Класс термообработки	Умеренно высокотемпературная термообработка
Диспергируемость, %	80,6 ± 4,0 % относ.
Смачиваемость, %	62,0 ± 4,0 % относ.

что кристаллы лактозы в порошке более крупные и поэтому быстрее погружаются в растворитель (Evdokimov et al., 2021).

Установленные физико-химические показатели позволяют применять сывороточный пермеат в технологиях различных ассортиментных групп продуктов, для регулирования технологических

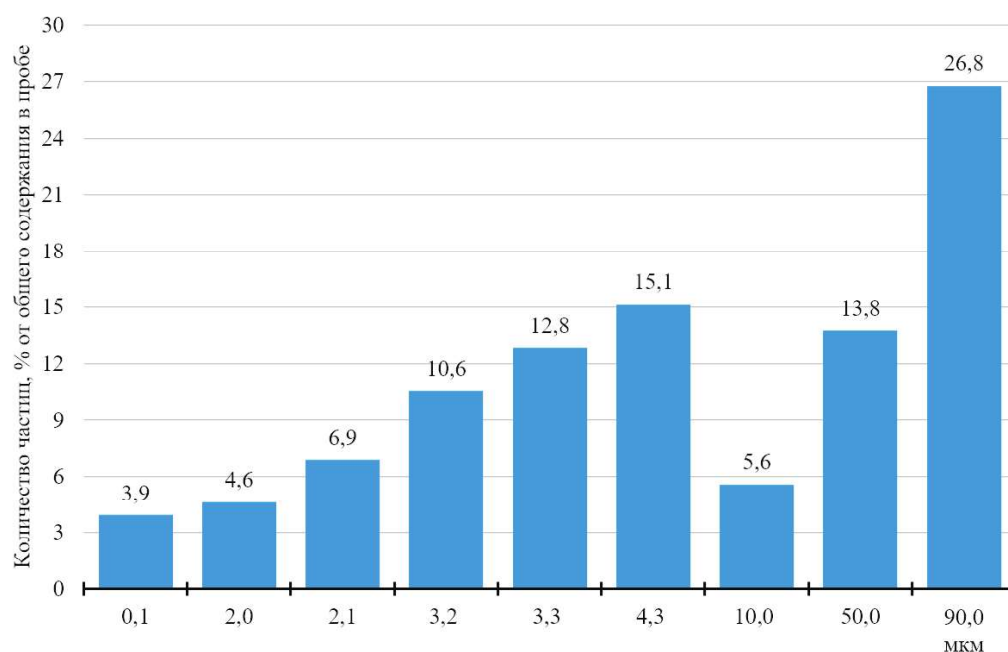


Рисунок 2. Анализ гранулометрического состава сухого сывороточного пермеата

процессов и показателей качества (Плотникова и др., 2020а; Плотникова и др., 2020б).

Выводы

В ходе проведённой экспериментальной работы были определены гранулометрический состав (средний размер частиц составил 56,03 мкм), и основные физико-химические показатели (индекс растворимости - 0,1 см³, насыпная плотность - 0,68 г/см³, диспергируемость - 80,6 %, смачиваемость - 62,0 %) сухого сывороточного пермеата, подтверждающие его высокую способность к восстановлению и адаптации в технологиях различных продуктов.

Разработка подобных ресурсосберегающих технологий пищевых ингредиентов из подсырной сыворотки может способствовать решению проблемы обеспечения предприятий сырьевыми ингредиентами для производства качественной продукции со стабильным химическим составом и реологическими свойствами.

Дальнейшие исследования будут ориентированы на разработку функциональных продуктов с добавлением сухого сывороточного пермеата с целью расширения ассортиментных групп пищевых продуктов.

Литература

- Агаркова, Е. Ю., & Чиликин, А. Ю. (2021). Особенности технологии молочных продуктов, обогащенных сывороточными белками. *Молочная промышленность*, 3, 49-51. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-03-49-51>
- Бабенышев, С. П., Брацихин, А. А., Мамай, Д. С., Мамай, А. В., Хоха, Д. С., & Шепелев, О. Г. (2020). Сублимированный пермеат творожной сыворотки: получение и оценка основных качественных показателей. *Молочная промышленность*, 9, 62-65. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-09-62-64>
- Быкова, С. Т., & Калинина, Т. Г. (2021). Сывороточный сухой молочный пермеат - перспективный ингредиент для обогащения продуктов питания детей, больных фенилкетонурией. *Пищевая промышленность*, 7, 46-49. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.7.7.015>
- Глотова, И. А., Тихонов, Г. С., Ерофеева, Н. А., & Шахов, С. В. (2019). Подходы к расширению ассортимента сухих белковых продуктов для здорового питания. В *Продовольственная безопасность: Научное, кадровое и информационное обеспечение: Сборник научных статей и докладов VI Международной научно-практической конференции* (с. 52-57). Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий.
- Голубева, Л. В., Пожидаева, Е. А., & Красильников, А. А. (2021). Изучение процесса восстановления сухой молочной смеси в производстве молокосодержащих продуктов. В *Пищевые технологии будущего: Инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: Сборник статей II Международной научно-практической конференции в рамках международного научно-практического форума, посвященного Дню Хлеба и соли* (с. 241-244). Саратов: Центр социальных агроинноваций СГАУ.
- Золоторева, М. С., Володин, Д. Н., Чаблин, Б. В., Евдокимов, И. А., & Топалов, В. К. (2017). Мембранные технологии как основа переработки молочной сыворотки в современных экономических условиях. *Молочная промышленность*, 11, 42-44.
- Изтаев, А. И., Турсунбаева, Ш. А., & Магомедов, М. Г. (2019). Инновационные технологии производства хлеба ускоренным способом с и без использования закваски и дрожжей. *Вестник Алматинского технологического университета*, 1, 5-10.
- Кручинин, А. Г., & Шилова, Е. Е. (2020). Исследование баромембраной фильтрации подсырной и творожной сывороток. *Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством*, 1(1), 298-305. <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-298-305>
- Лазарев, В. А., & Титова, Т. А. (2019). Применение пермеата ультрафильтрации творожной сыворотки в хлебопекарной промышленности Уральского макрорегиона. В *Урал - драйвер неиндустриального и инновационного развития России: Материалы I Уральского экономического форума* (с. 164-167). Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет.
- Мельникова, Е. И., & Богданова, Е. В. (2021). Сывороточные белки как источник биологически активных пептидов. *Молочная промышленность*, 3, 55-56. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-03-55-56>
- Мельникова, Е. И., Богданова, Е. В., & Павельева, Д. А. (2020). Мировой и российский рынок сывороточных ингредиентов. *Молочная промышленность*, 8, 56-58.
- Охотин, И. Н. (2014). Сывороточный пермеат: Улучшение вкуса и текстуры продукта при снижении затрат. *Переработка молока*, 9, 54-55.

- Плотникова, И. В., Полянский, К. К., Полякова, Л. Е., & Плотников, В. Е. (2020a). Сухой деминерализованный сывороточный пермеат - альтернативный продукт молочному сахару. В *Наука, образование и инновации для АПК: Состояние, проблемы и перспективы: Материалы VI Международной научно-практической онлайн-конференции* (с. 524-526). Майкоп: Магарин Олег Григорьевич.
- Плотникова, И. В., Шенцова, Е. С., Полянский, К. К., & Писаревский, Д. С. (2020b). Химический состав и технологические свойства различных видов молочной сыворотки. *Сыроделие и маслоделие*, 3, 43-45. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-3-43-45>
- Рязанцева, К. А., & Коростелева, М. М. (2021). Рынок функциональных продуктов, обогащенных сывороточными ингредиентами. *Молочная промышленность*, 1, 30-33. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-01-30-32>
- Anandharamakrishnan, C. (2017). *Handbook of drying for dairy products*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Anandharamakrishnan, C., Rielly, C. D., & Stapley, A. G. F. (2013). Loss of Solubility of Alpha-lactalbumin and Beta-lactoglobulin during the spray drying of whey proteins. *LWT - Food Science and Technology*, 41(2), 270-277. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2007.03.004>
- Bhandari, B., Bansal, N., Zhang, M., & Schuck, P. (2013). *Handbook of food powders Processes and properties*. Woodhead Publishing. <http://dx.doi.org/10.1533/9780857098672>
- Evdokimov, I. A., Gridin, A. S., Volodin, D. N., Kulikova, I. K., & Slozhenkina, M. I. (2021). Investigation of crystallization process of lactose in milk serum permeate. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (vol. 852, Article 012031). IOP Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/852/1/012031>
- Fyfe, K., Kravchuk, O., Nguyen, A. V., Deeth, H., & Bhandari, B. (2011). Influence of dryer type on surface characteristics of milk powders. *Drying Technology*, 29(7), 758-769. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2010.538481>
- Galstyan, A. G., Petrov, A. N., & Semipyatniy, V. K. (2016). The oretical backgrounds for enhancement of dry milk dissolution process: Mathematical modeling of the system "solid particles – liquid". *Foods and Raw Materials*, 4(1), 102-109. <http://dx.doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-102-109>
- Huppertz, T., & Gazi, I. (2016). Lactose in dairy ingredients: Effect on processing and storage stability. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6842-6851. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10033>
- Ji, J., Fitzpatrick, J., Cronin, K., Maguire, P., Zhang, H., Miao, S. (2016). Rehydration behaviours of high protein dairy powders: The influence of agglomeration on wettability, dispersibility and solubility. *Food Hydrocolloids*, 58, 194-203. <http://dx.doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2016.02.030>
- Kravtsov, V. A., Kulikova, I. K., Anisimov, G. S., Evdokimov, I. A., & Khramtsov, A. G. (2021). Variety of dairy Ultrafiltration permeates and their purification in lactose production. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (vol. 677, Article 032001). IOP Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032001>
- Minj, J., Sudhakaran, V., & Kumari, A. (2020). *Dairy processing: Advanced research to applications*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2608-4>
- Murphy, E. G., Regost, N. E., Roos, Y. H., & Fenelon, M. A. (2020). Powder and reconstituted properties of commercial infant and follow-on formulas. *Foods*, 9(1), 84. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9010084>

Composition, Functional and Technological Properties of Whey Permeate Powder Spray

Elena I. Melnikova

Voronezh State University of Engineering Technology
19, prospekt Revolyucii, Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: melnikova@molvest.ru

Ekaterina V. Bogdanova

Voronezh State University of Engineering Technology
19, prospekt Revolyucii, Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: ek-v-b@yandex.ru

Daria A. Paveleva

Voronezh State University of Engineering Technology
19, prospekt Revolyucii, Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: komma95@inbox.ru

The solution to the problem of whey utilization is possible only through the investment of processors in new resource-saving technologies. This research aimed the studying of the functional and technological characteristics, particle size and the ability to rehydration of the whey permeate powder spray. This product was obtained from pre-separated at $t = (45 \pm 2)^\circ\text{C}$ and purified cheese whey, which was pasteurized at $t = (80 \pm 2)^\circ\text{C}$ for 5 minutes, then cooled to $t = (10 - 15)^\circ\text{C}$ and direct for ultrafiltration at $t = (10 - 12)^\circ\text{C}$, $P = (0.3 - 0.6) \text{ MPa}$. Subsequent drying was carried out on the VRD-5 spray dryer at an injection temperature of $150 - 160^\circ\text{C}$, at cold-end temperature $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$. Experimental research was conducted in accordance with arbitration and generally accepted methods in research practice. In the course of the work, the grain-size distribution, physical and chemical parameters of dry permeate were valued. The average particle size was 56.03 microns, the solubility index was 0.1 cm^3 , the bulk density was 0.68 g/cm^3 , dispersive ability was 80.6%, wettability was 62.0%. The studied functional properties of whey permeate show a high ability to adapt the recipes of confectionery and bakery products, hot drinks, dairy and meat products to improve their taste and texture, as well as to reduce the cost. The launch of whey permeate powder spray as new product for our country will allow us to organize a closed production cycle and expand the assortment groups of traditional goods.

Keywords: resource-saving technologies, whey permeate powder spray, products for specialized diets, grain-size and chemical composition

References

- Agarkova, E. Yu., & Chilikin, A. Yu. (2021). Osobennosti tekhnologii molochnykh produktov, obogashchennykh syvorotochnymi belkami [Features of the technology of dairy products enriched with whey proteins]. *Molochnaya promyshlennost' [Dairy Industry]*, 3, 49-51. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-03-49-51>
- Babenyshev, S. P., Bratsikhin, A. A., Mamai, D. S., Mamai, A. V., Khokha, D. S., & Shepelev, O. G. (2020). Sublimirovannyi permeat tvorozhnoi syvorotki: poluchenie i otsenka osnovnykh kachestvennykh pokazatelei [Sublimated curd whey permeate: obtaining and evaluating the main quality indicators]. *Molochnaya promyshlennost' [Dairy Industry]*, 9, 62-65. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-09-62-64>
- Bykova, S. T., & Kalinina, T. G. (2021). Syvorotochnyi sukhoy molochnyi permeat - perspektivnyi ingredient dlya obogashcheniya produktov pitaniya detei, bol'nykh fenilketonuriei [Whey milk permeate powder is a promising ingredient for food enrichment for children with phenylketonuria]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*, 7, 46-49. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.7.7.015>
- Glотова, I. A., Tikhonov, G. S., Erofeeva, N. A., & Shakhov, S. V. (2019). Podkhody k rasshireniyu assortimenta sukhikh belkovykh produktov dlya zdorovogo pitaniya [Approaches to expanding the range of dry protein products for a healthy diet]. In *Prodovol'stvennaya bezopasnost': Nauchnoe*

- kadrovoe i informatsionnoe obespechenie: Sbornik nauchnykh statei i dokladov VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Food security: Scientific, personnel and information support: Collection of scientific articles and reports of the 6th International scientific and practical conference] (pp. 52-57). Voronezh: Voronezhskii gosudarstvennyi universitet inzhenernykh tekhnologii.
- Golubeva, L. V., Pozhidaeva, E. A., & Krasil'nikov, A. A. (2021). Izuchenie protsessa vosstanovleniya sukhoi molochnoi smesi v proizvodstve molokosoderzhashchikh produktov [Study of the process of recovery of dry milk formula in the production of milk-containing products]. In *Pishchevyte tekhnologii budushchego: Innovatsii v proizvodstve i pererabotke sel'skokhozyaistvennoi produktsii: Sbornik statei II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskogo foruma, posvyashchennogo Dnyu Khleba i soli* [Food technologies of the future: Innovations in the production and processing of agricultural products: Collection of articles of the 2nd International scientific and practical conference as part of the international scientific and practical forum dedicated to the Day of bread and salt] (pp. 241-244). Saratov: Tsentr sotsial'nykh agroinnovatsii SGAU.
- Iztaev, A. I., Tursunbaeva, Sh. A., & Magomedov, M. G. (2019). Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva khleba uskorennyim sposobom s i bez ispol'zovaniya zakvaski i drozhdzhei [Innovative technologies for the production of bread in an accelerated way with and without the use of sourdough and yeast]. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Almaty Technological University], 1, 5-10.
- Kruchinin, A. G., & Shilova, E. E. (2020). Issledovanie baromembranoi fil'tratsii podsyronoi i tvorozhnoi syvorotki [Research of baromembrane filtration of cheese whey and curd whey]. *Aktual'nye voprosy molochnoi promyshlennosti, mezhotraslevye tekhnologii i sistemy upravleniya kachestvom* [Actual issues of the dairy industry, cross-industry technologies and quality management systems], 1(1), 298-305. <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-298-305>
- Lazarev, V. A., & Titova, T. A. (2019). Primenenie permeata ul'trafil'tratsii tvorozhnoi syvorotki v khlebopekarnoi promyshlennosti Ural'skogo makroregiona [Application of ultrafiltration permeate of cottage cheese whey in the baking industry of the Ural macroregion]. In *Ural - draiver neoindustrial'nogo i innovatsionnogo razvitiya Rossii: Materialy I Ural'skogo ekonomicheskogo foruma* [The urals as a driver of russia's neo-industrial and innovative development: Proceedings of the 1st ural economic forum] (pp. 164-167). Ekaterinburg: Ural'skii gosudarstvennyi ekonomicheskii universitet.
- Mel'nikova, E. I., & Bogdanova, E. V. (2021). Syvorochnye belki kak istochnik biologicheskii aktivnykh peptidov [Whey proteins as a source of biologically active peptides]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 3, 55-56. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-03-55-56>
- Mel'nikova, E. I., Bogdanova, E. V., & Pavel'eva, D. A. (2020). Mirovoi i rossiiskii rynek syvorotochnykh ingredientov [World and Russian market of whey ingredients]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 8, 56-58.
- Okhotin, I. N. (2014). Syvorotochnyi permeat: Uluchshenie vkusa i tekstury produkta pri snizhenii zatatrat [Whey Permeate: Improving the taste and texture of the product while reducing costs]. *Pererabotka moloka* [Milk Processing], 9, 54-55.
- Plotnikova, I. V., Polyanskii, K. K., Polyakova, L. E., & Plotnikov, V. E. (2020a). Sukhoi demineralizovannyi syvorotochnyi permeat - al'ternativnyi produkt molochnomu sakharu [Dry demineralized whey permeate - an alternative product to milk sugar]. In *Nauka, obrazovanie i innovatsii dlya APK: Sostoyanie, problemy i perspektivy: Materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi onlain-konferentsii* [Science, education and innovation for the agro-industrial complex: Status, problems and prospects: Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Online Conference] (pp. 524-526). Maikop: Magarin Oleg Grigor'evich.
- Plotnikova, I. V., Shentsova, E. S., Polyanskii, K. K., & Pisarevskii, D. S. (2020b). Khimicheskii sostav i tekhnologicheskie svoistva razlichnykh vidov molochnoi syvorotki [Chemical composition and technological properties of various types of whey]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese-Making and Butter-Making], 3, 43-45. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-3-43-45>
- Ryazantseva, K. A., & Korosteleva, M. M. (2021). Rynek funktsional'nykh produktov, obogashchennykh syvorotochnymi ingredientami [The Market for Functional Products Enriched with Whey Ingredients]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 1, 30-33. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-01-30-32>
- Zolotareva, M. S., Volodin, D. N., Chablin, B. V., Evdokimov, I. A., & Topalov, V. K. (2017). Membrannye tekhnologii kak osnova pererabotki molochnoi syvorotki v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh [Membrane technologies as the basis for whey processing in modern economic conditions]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 11, 42-44.
- Anandharamakrishnan, C. (2017). *Handbook of drying for dairy products*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Anandharamakrishnan, C., Rielly, C. D., & Stapley, A. G. F. (2013). Loss of Solubility of Alpha-lactalbumin and Beta-lactoglobulin during the

- spray drying of whey proteins. *LWT - Food Science and Technology*, 41(2), 270-277. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2007.03.004>
- Bhandari, B., Bansal, N., Zhang, M., & Schuck, P. (2013). *Handbook of food powders Processes and properties*. Woodhead Publishing. <http://dx.doi.org/10.1533/9780857098672>
- Evdokimov, I. A., Gridin, A. S., Volodin, D. N., Kulikova, I. K., & Slozhenkina, M. I. (2021). Investigation of crystallization process of lactose in milk serum permeate. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (vol. 852, Article 012031). IOP Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/852/1/012031>
- Fyfe, K., Kravchuk, O., Nguyen, A. V., Deeth, H., & Bhandari, B. (2011). Influence of dryer type on surface characteristics of milk powders. *Drying Technology*, 29(7), 758-769. URL: <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2010.538481>
- Galstyan, A. G., Petrov, A. N., & Semipyatniy, V. K. (2016). The orethical backgrounds for enhancement of dry milk dissolution process: Mathematical modeling of the system "solid particles – liquid". *Foods and Raw Materials*, 4(1), 102-109. <http://dx.doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-102-109>
- Huppertz, T., & Gazi, I. (2016). Lactose in dairy ingredients: Effect on processing and storage stability. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6842-6851. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10033>
- Ji, J., Fitzpatrick, J., Cronin, K., Maguire, P., Zhang, H., Miao, S. (2016). Rehydration behaviours of high protein dairy powders: The influence of agglomeration on wettability, dispersibility and solubility. *Food Hydrocolloids*, 58, 194-203. <http://dx.doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2016.02.030>
- Kravtsov, V. A., Kulikova, I. K., Anisimov, G. S., Evdokimov, I. A., & Khramtsov, A. G. (2021). Variety of dairy Ultrafiltration permeates and their purification in lactose production. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (vol. 677, Article 032001). IOP Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032001>
- Minj, J., Sudhakaran, V., & Kumari, A. (2020). *Dairy processing: Advanced research to applications*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2608-4>
- Murphy, E. G., Regost, N. E., Roos, Y. H., & Fenelon, M. A. (2020). Powder and reconstituted properties of commercial infant and follow-on formulas. *Foods*, 9(1), 84. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9010084>