

№2 2021

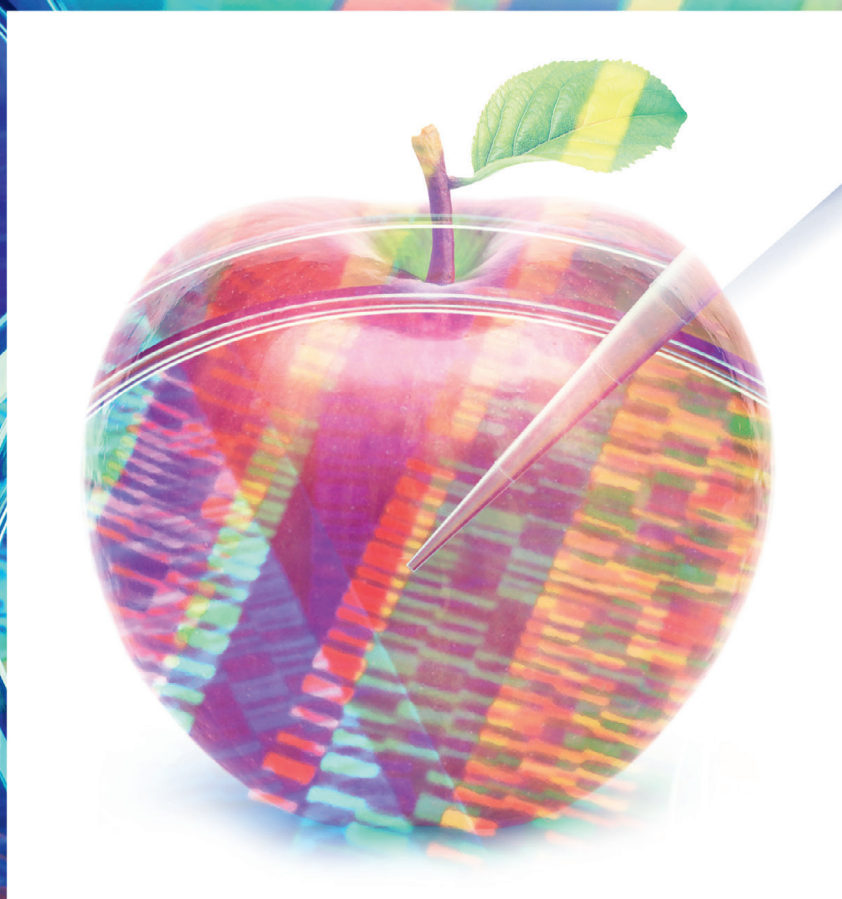
ISSN 2072-9669 eISSN 2658-767X

Хранение и переработка сельхозсырья
Storage and Processing of Farm Products

ХИППС

SPFP

Пищевые системы. Здоровьесберегающие и
Биотехнологии.



ХиПС

Теоретический и научно-практический журнал

№ 2 – 2021

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 МГУПП)

Редакция

Заведующий редакцией – Тихонова Елена Викторовна
Выпускающий редактор – Шленская Наталия 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 20.06.2021. Свободная цена.

© ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 2021

SPFP

Theoretical and Research & Practice Journal

№ 2 – 2021

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 MSUPP)

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» JSC 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, Nizhnyaya Pervomayskaya, Moscow, Russian Federation, 105203
Format 60×84 1/8. Seal offset. Offset paper. 500 copies. Signed in print 20.06.2021. Free price.

© FSBEI HE «Moscow State University of Food Production», 2021

Редакционный совет

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

Члены редакционного совета:

Аксёнова Лариса Михайловна	академик РАН. ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, vniitek@vniitek.ru
Акулич Александр Васильевич	заслуженный изобретатель Республики Беларусь, доктор технических наук, профессор. Могилевский государственный университет продовольствия, mgur@mogilev.by
Андреев Николай Руфеевич	член-корреспондент РАН. ВНИИ крахмалопродуктов – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, vniik@arrisp.ru
Горлов Иван Федорович	академик РАН. Поволжский НИИ производства и переработки мясо-молочной продукции, niimmp@mail.ru
Гудковский Владимир Александрович	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, gnuinippspt@gmail.com
Донник Ирина Михайловна	академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор. Российская академия наук, imdonnik@presidium.ras.ru
Косован Анатолий Павлович	академик РАН. НИИ хлебопекарной промышленности, info@gosniihp.ru
Коста Руи	доктор технических наук. Португальский технический институт, ruicosta@esac.pt
Лисицын Александр Николаевич	доктор технических наук. ВНИИ жиров, vniig@vniig.org
Лисицын Андрей Борисович	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, mer5@mail.ru
Никитюк Дмитрий Борисович	член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор. ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», nikitjuk@ion.ru
Оганесянц Лев Арсенович	академик РАН. ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, institute@vniinapitkov.ru
Панфилов Виктор Александрович	академик РАН. Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, var@timacad.ru
Петров Андрей Николаевич	академик РАН. ВНИИ технологии консервирования – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, vniitekpetrov@vniitek.ru
Симоненко Сергей Владимирович	доктор технических наук. НИИ детского питания – филиал ФИЦ питания и биотехнологии, niidp@rambler.ru
Титов Евгений Иванович	академик РАН. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», titov@mgupp.ru
Тужилкин Вячеслав Иванович	член-корреспондент РАН. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», tvi@mgupp.ru
Тутельян Виктор Александрович	академик РАН, доктор медицинских наук, профессор. ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии», tutelyan@ion.ru
Уша Борис Вениаминович	академик РАН. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», vet-san-dekanat@yandex.ru
Харитонов Владимир Дмитриевич	академик РАН. ВНИИ молочной промышленности, gnu-vnimi@yandex.ru
Храмцов Андрей Георгиевич	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:

Larisa M. Aksyonova	Academician of RAS, Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbatova of RAS, vniitek@vniitek.ru
Alexander V. Akulich	Honoured Inventor of the Republic of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor. Mogilev State University of Food Technologies, mgup@mogilev.by
Nikolay R. Andreev	Corresponding Member of RAS, All-Russian Research Institute of Starch – branch of the Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbatova of RAS, vniik@arrisp.ru
Ivan F. Gorlov	Academician of RAS, Povolzhskiy Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, niimmp@mail.ru
Vladimir A. Gudkovskiy	Academician of RAS, Federal Scientific Center named after I.V. Michurin, info@fnc-mich.ru
Viktor F. Dobrovoilskiy	Doctor of Technical Science, Research Institute of Food Concentrates Industry and Special Food Technology – branch of the Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, gnyiipspt@gmail.com
Irina M. Donnik	Academician of RAS, Doctor of Veterinary Science, Professor. Russian Academy of Sciences, imdonnik@presidium.ras.ru
Anatoliy P. Kosovan	Academician of RAS, State Research Institute of Baking Industry, info@gosniihp.ru
Rui Costa	Doctor of Technical Science, Portuguese Technical Institute, ruicosta@esac.pt
Aleksandr N. Lisitsyn	Doctor of Technical Science, All-Russian Research Institute of Fats, vniig@vniig.org
Andrey B. Lisitsyn	Academician of RAS, Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbatova 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
Dmitry B. Nikityuk	Corresponding Member of RAS, Doctor of Medical Science, Professor. Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, nikitjuk@ion.ru
Lev A. Oganesyants	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. Gorbatova of RAS, institute@vniinapitkov.ru
Viktor A. Panfilov	Academician of RAS, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, vap@timacad.ru
Andrey N. Petrov	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
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
Evgeny I. Titov	Academician of RAS, Moscow State University of Food Production, titov@mgupp.ru
Vyacheslav I. Tuzhilkin	Corresponding Member of RAS, Moscow State University of Food Production, tvi@mgupp.ru
Victor A. Tutelyan	Academician of RAS, Doctor of Medical Science, Professor. Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, tutelyan@ion.ru
Boris V. Usha	Academician of RAS, Moscow State University of Food Production, vet-san-dekanat@yandex.ru
Vladimir D. Kharitonov	Academician of RAS, All-Russian Research Institute of Dairy Industry, gnu-vnimi@yandex.ru
Andrey G. Khramtsov	Academician of RAS, North-Caucasus Federal University, hramtsov@nsctu.ru
Mikhail P. Schetinin	Doctor of Technical Science, Professor, Moscow State University of Food Production, shchetininmihail@mgupp.ru

СОДЕРЖАНИЕ

РЕДАКТОРСКАЯ СТАТЬЯ

Тихонова Е. В., Шленская Н. М.

Роль репозитория данных и проблемы этики их использования 8

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

Мальцев С. В., Андрианов С. В., Илюхина Н. В., Колоколова А. Ю., Горячева Е. Д., Крюкова Е. В.

Комплексная оценка различных способов подготовки очищенного картофеля к вакуумной упаковке 15

Шайдулина Т. Б., Кондратенко Е. П., Соболева О. М., Сартакова О. А., Филипович Л. А., Мирошина Т. А.

Влияние сортовых особенностей на количественные потери семенного и продовольственного картофеля при хранении 27

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКЦИИ АПК

Кандрокров Р. Х., Панкратов Г. Н., Рындин А. А., Конорев П. М.

Мукомольные свойства озимых сортов зерна тритикале 38

Гордиенко И. М., Белевцова Д. В., Сапожникова А. И., Чебакова Г. В.

Коллагенсодержащая продукция оленеводства: новые пути рационального использования 52

Оспанов А. Б., Құлжанова Б. О., Щетинина Е. М., Велямов Ш. М., Макеева Р. К., Бектурсунова М. Д.

Исследование физико-химического состава и технологических свойств овечьего и козьего молока в летний период лактации 64

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Лаврухин М. А., Руденко О. С., Кондратьев Н. Б., Баженова А. Е., Осипов М. В.

Ингибирование липолитической активности в модельных пищевых системах 75

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Борисова А. В., Чалдаев П. А.

Оптимизация технологии получения вкусоароматического препарата с ароматом сливочного сыра 86

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Рубан Н. В., Туманова А. Е., Рысева Л. И.

Кексы с инулином для здорового питания 99

Серова О. П., Чернавина С. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Брехова С. А.

Функциональный кисломолочный напиток на основе пахты 109

Алексеев Е. В., Белявская И. Г., Зайцева Л. В., Уварова А. Г.

Сдобное печенье повышенной пищевой ценности 121

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Максименко В. А.

Конические решетки в устройствах для обеззараживающей обработки зерна 139

Зубкова Т. М., Токарева М. А.

Использование информационных технологий для оптимального проектирования экструзионной техники при обработке семян рапса 150

Хажметова З. Л., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М., Шекихачева Л. З.

Обоснование параметров малогабаритной молотилки для обмолота початков кукурузы 165

Панченко С. Л., Яценко С. М.

Исследование процесса замораживания вторичного сырья предприятий пищевой промышленности 176

CONTENT

EDITORIAL

N. Shlenskaya E. Tikhonova The Role of Data Repositories and Issues of Ethical Use	13
--	----

THEORETICAL ASPECTS OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

S. Maltsev, S. Andrianov., N. Ilyukhina, A. Kolokolova, E. Goryacheva, E. Kryukova Comprehensive Assessment of Various Methods of Peeled Potatoes Preparation for Vacuum Packaging.....	24
T. Shaidulina, E. Kondratenko, O. Soboleva, O. Sartakova, L. Filipovich, T. Miroshina Seed and Food Potato Variety Characteristic Influence on Quantitative Loss During Storage Period.....	35

RESEARCH ON TRAITS OF SUBSTANCES AND AGRIBUSINESS PRODUCTS

R. Kandrov, G. Pankratov, A. Ryndin, P. Konorev Milling Properties of New Grades of Triticale Grain.....	50
I. Gordienko, D. Belevtcova, A. Sapozhnikova, G. Chebakova Collagen-containing Products of Reindeer Husbandry: New Ways of Rational Use	61
A. Ospanov, B. Kulzhanova, E. Shchetinina, S. Velyamov, R. Makeeva, M. Bektursunova The Research of the Physical-Chemical Composition and Technological Properties of Sheep and Goat Milk During the Summer Lactation Period.....	72

BIOTECHNOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL ASPECTS

M. Lavrukhin, O. Rudenko, N. Kondratyev, A. Bazhenova, M. Osipov Inhibition of Lipolytic Activity in Model Food Systems	83
---	----

DESIGNING AND MODELLING THE NEW GENERATION FOODS

A. Borisova, P. Chaldaev Optimization of Technology of Enzyme-Modified Cheese With Ripened Cream Cheese Flavour	97
N. Ruban, A. Tumanova, L. Ryseva Cupcakes With Inulin for a Healthy Diet	106
O. Serova, Sabina V. Chernavina, I. Gorlov, M. Slozhenkina, S. Brekhova Functional Sour Milk Drink Based on Butter	118
E. Alekseenko, I. Belyavskaya, L. Zaitseva, A. Uvarova Butter Cookies of High Nutritional Value	135

TECHNOLOGICAL PROCESSES, MACHINES AND EQUIPMENT

V. Maksimenko Conic Floors in the Seeds Treatment Devices.....	147
T. Zubkova, M. Tokareva The Use of the Information Technology for the Optimal Design of Extrusion Technology in the Processing of Rapeseeds.....	162
Z. Khazhmetova, Y. Shekihachev, L. Khazhmetov, L. Shekikhacheva Substantiation of the Parameters of a Small-sized Thresher for Threshing Corn Cobs.....	173
S. Panchenko, S. Yashchenko Study of the Process of Freezing Secondary Raw Materials of Food Industry Enterprises	183

Роль репозиториев данных и проблемы этики их использования

Тихонова Елена Викторовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

E-mail: etihonova@mgupr.ru

Шленская Наталия Марковна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

E-mail: n.shlenskaya@mgupr.ru

Репозитории данных становятся обязательным инструментом для университетов и научных организаций, не просто расширяя функционал электронных библиотек, но и расширяя возможности формирования электронных архивов. Репозитории дают возможности для загрузки, обмена, распространения и использования исследовательских (полевых, сырых) данных исследователей. Публикация исследовательских данных так же важна, как и публикация самих исследований. Возможность получить доступ к таким данным оптимизирует рецензионный цикл и предоставляет исследователям по всему миру возможность синхронизировать и сравнивать данные. Важность публикация исследовательских (сырых) данных также нашла свое отражение и в возникновении самостоятельного вида публикации – публикация данных (data paper). Цель статьи – проанализировать факторы, которые способствуют / препятствуют распространению «сырых» данных исследований. Ограничивают указанный процесс недостаток информации о публикациях такого типа, отсутствие предыдущего опыта обмена или повторного использования данных, опасения присвоения данных другими исследователями или неправильное истолкование данных. Авторами делается вывод о зачаточном формировании культуры распространения и обмена данными и о необходимости выстраивания механизмов формирования указанной культуры.

Ключевые слова: репозитории, открытые данные, сырые данные, обмен данными, хранение

В последнее время наблюдается рост числа сетевых архивов открытого доступа (репозиториев) в мире. Онлайн репозитории исследовательских данных – это крупные инфраструктуры баз данных, созданные для управления, совместного использования, доступа и архивирования наборов данных исследователей (Земсков, 2016). Открытые данные – это общедоступная информация, размещенная в интернете для неоднократного, свободного и бесплатного использования в виде машиночитаемых систематизированных данных, в формате, позволяющем их автоматизированную обработку (Draxl & Scheffler, 2019). Активно развиваются два основных типа систем открытых данных – сетевые хранилища (репозитории – «зелёный» вариант открытых данных) и журналы открытого доступа («золотой» вариант). Под открытыми данными понимаются не только опубликованные статьи в журналах открытого доступа, но и публикация необработанных наборов данных (Stieglitz et al., 2020). Очевидно, что традиционные формы научной коммуникации

трансформируются, обуславливая и тенденцию к снижению барьеров на пути распространения результатов научных исследований в формате репозиториев данных (Чадин, 2018; Stieglitz et al, 2020).

Содержание репозиториев шире традиционной библиотеки. Если для библиотек в первую очередь характерны книжные, журнальные и газетные коллекции, то для репозиториев типичен широкий набор данных, включающий «незавершённые комплекты» – части книг, статьи из журналов, отдельные сообщения на конференциях, изображения, наборы данных, в особенности те, где имеются метаданные или документы, достаточные для повторного использования базовых массивов (Земсков, 2016). Среди устоявшихся научных репозиториев различают четыре основных типа: тематические, исследовательские, национальные и институциональные¹.

Различаются следующие виды данных: первичные / сырые данные всегда получены в результате

¹ Михеенков, А. В. (2018). Самоархивирование и открытые репозитории: методические рекомендации. М.: Ваше цифровое издательство.

исследования. Эти данные не прошли какую-либо обработку и представлены в своем первичном виде. Вторичные данные получаются после анализа первичных данных, в том числе статистического анализа, и эти данные публикуются как результаты исследований. Особый интерес представляют необработанные данные исследователей. Редакторы часто оценивают статистические результаты на основе таблиц и графиков в своих журнальных материалах, не обращаясь к необработанным данным. Поэтому не всегда ошибки в статистических отчетах очевидны, но для интерпретации результатов это всегда имеет значение (Habibzadeh, 2017).

Изначально совместное использование необработанных данных было задумано в основном для облегчения репликации экспериментов и улучшения анализа данных. Однако появление искусственного интеллекта и инструментов машинного обучения делает обмен научными данными еще более важным, поскольку новые (неожиданные для исходных исследовательских групп) корреляции могут возникать в связанных и общих наборах данных (Aranda, 2018). Мотивирующими факторами выступают возможности для совместного использования, получения цельного исследования, возможности воспроизводимости данных и их повторное использование. Первичные (сырые) данные могут быть отправлены издателю журнала одновременно с рукописью статьи, также пакет данных может быть опубликован независимо в хранилище данных - репозитории. Критерии соответствия данных для включения в репозиторий, указывается редакцией журнала. Читатели также могут бесплатно загрузить программное обеспечение и открыть файл с первичными данными, просматривая, обрабатывая и повторно анализируя первичные данные исследования, пользуясь всеми функциями, доступными в программном пакете. Это фактически делает такие данные открытыми для просмотра и воспроизведения независимо от доступа к лицензированным программным приложениям. Влияние такого представления первичных исследовательских данных, связанных со статьями, заключается в том, что они становятся доступными для детального просмотра широкому кругу заинтересованных сторон, таких как рецензенты, редакторы, издатели, коллеги, читатели, создатели технологий искусственного интеллекта и систем машинного обучения (Barba et al., 2019).

Загрузка и обмен первичными данными имеет много преимуществ. Совместное использование и повторное использование первичных наборов данных исследований может повысить эффективность и качество исследований. Необработанные данные могут быть использованы для изучения связанных или новых гипотез, особенно в сочетании с другими доступными наборами данных. Такие данные необходимы для разработки и проверки методов исследования, анализа и работы программного обеспечения. Более широкое научное сообщество также выигрывает: обмен исследовательскими данными поощряет различные точки зрения, помогает выявлять ошибки, препятствовать мошенничеству, полезен для обучения новых исследователей и повышает эффективность использования финансовых и демографических ресурсов, избегая дублирования сбора данных.

Обмен индивидуальными данными позволяет проводить независимую проверку результатов исследований для обеспечения их надежности и воспроизводимости (Bull, Roberts, & Parker, 2015):

- (1) делает исследования более контролируемыми и воспроизводимыми. Существуют примеры, когда исследования были фальсифицированы или просто не проводились. Если бы данные исследований были размещены в репозитории, указанные проблемы обнаружили бы намного раньше и, следовательно, имели бы менее разрушительное воздействие на научное знание².
- (2) ограничивает число опубликованных статей, не вносящих вклад в существующее знание в области. Сравнение данных позволило бы выявить отсутствие научной новизны. А внимательное предварительное знакомство с пакетами данных и вовсе снизило бы вероятность проведения бесполезных исследований в ситуации, когда опубликованные «сырые» данные бы были общедоступными. Последнее предопределило бы возможность сэкономить финансовые ресурсы и использовать их для проведения новых исследований, что является важной мотивацией для фондов, учреждений и исследователей.
- (3) позволяет объединить наборы данных в случаях, когда исследователи получили аналогичные данные. Подобный подход позволил бы сократить статистическую погрешность анализа и, следовательно, повысить шансы обнаружения реальных

² Михайлов, А. С., Филатов, М. М. (2021). Нетрадиционные форматы публикаций – Data paper & Preprints и референс-менеджер Mendeley [Презентация]. Elsevier B. V., RELX Group PLC. https://elsevierscience.ru/files/pdf/Нетрадиционные_форматы_публикаций_и_Референс-менеджер_Mendeley.pdf (дата обращения: 10.03.2021).

эффектов. Более того, совместное использование данных позволяет другим исследователям как из той же, так и из других областей научного знания применять свой опыт и проводить новый анализ, тем самым способствовать многопрофильным исследованиям

Совместное использование тщательно отобранных научных данных, согласно проведенному анализу, будет иметь еще более важные преимущества в среднесрочной перспективе, в разрезе валидации их надежности и воспроизводимости (Aranda, 2018). Отсюда, и интерес научного сообщества не только к их размещению в репозиториях, но и к опубликованию в формате статей-данных (data paper), который уже предлагают крупные научные журналы (Kim, 2020).

Стремясь реализовать преимущества обмена «сырыми» данными, спонсоры, издатели, научные общества и отдельные исследовательские группы разработали инструменты, ресурсы и политику, чтобы побудить исследователей сделать свои данные общедоступными. Например, некоторые журналы требуют представления подробных наборов биомедицинских данных в общедоступные базы данных в качестве условия публикации³. С 2003 года Национальные институты здравоохранения в США потребовали гарантировать обмен данными между исполнителями всех крупных грантов (Stieglitz, et. al., 2020). Исследователей призывают к ответственному обмену данными и их повторному использованию.

Основная задача заключается в обеспечении защиты конфиденциальности участников во время вторичного использования данных (Castellani, 2013). Особенно это касается публикаций биомедицинского профиля. Процессы деидентифицирования данных должны быть не только надежными, но и соразмерными для того, чтобы сохранить их полезность (Bull et. al., 2015). Данные, раскрытие которых может нести риски для субъекта, к которому они относятся, должны быть защищены. В отношении физического лица к таким данным можно отнести, например, информацию об этническом или расовом происхождении, состоянии здоровья, политических и религиозных убеждениях, а для коммерческого – информацию о производственных процессах и особенностях сделок. Термин «чувствительные данные» не имеет сегодня четкого определения в российском законода-

тельстве, но уже определен в рамках европейского регламента по защите данных GDPR (General Data Protection Regulation). Существует достаточно обширный пласт информации, раскрытие которой может нести риски для субъекта, к которому она относится.⁴

Хотя репозитории экспериментальных и полевых данных, безусловно, имеют фундаментальное значение для поддержки прогресса исследований и распространения знаний, исследовательское сообщество все еще, кажется, несколько неохотно поддерживает такую инициативу. Анализ публикаций показывают, что многие ученые избегают делиться своими личными данными напрямую с какой-либо третьей стороной для академических исследований или коммерческого анализа, потому что личные данные содержат личную или конфиденциальную информацию (Parker & Bull, 2015; Vidal-Infer, Aleixandre-Benavent, Lucas-Dominguez, & Sixto-Costoya, 2019). Обеспечение баланса между полезностью больших данных и конфиденциальностью пользователей является жизненно важным вопросом для академических кругов и бизнеса. Авторы предлагают схемы сбора необработанных данных, сохраняющую конфиденциальность (Liu, Wang, Wang, Xia, & Xu, 2019).

Признавая преимущества прозрачной отчетности, многие рецензируемые журналы требуют, чтобы их авторы были готовы поделиться своими сырыми, необработанными данными с другими учеными и / или указывать наличие исходных данных в опубликованных статьях. Но пока разработано еще достаточно мало инструкций о том, как данные должны быть подготовлены для публикации или обмена (Hrynaskiewicz, Norton, Vickers, & Altman, 2010). Существуют также опасения, что стимулы к исследовательской деятельности для новых исследований могут ослабнуть, если вторичные пользователи данных смогут свободно пользоваться усилиями тех, кто уже собрал данные (Castellani, 2013). Многие исследователи озвучивают желание получать вознаграждение за размещение данных репозиториях (Aranda, 2018).

Исследователи опасаются, что данные могут быть неправильно истолкованы, или станут предметом предвзятого или некорректно спланированного исследования (Aleixandre-Benavent, Vidal-Infer, Alonso-Arroyo, Peset, & Sapena, 2020). Решением этой проблемы могло бы стать создание коллабо-

³ ICMJE. Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals (2019). URL: <http://www.icmje.org/recommendations/> (дата обращения: 12.03.2021).

⁴ Аналитический доклад. Работа с открытыми данными: особенности публикации и использования в Российском правовом поле. (2020). URL: <https://www.infoculture.ru/wp-content/uploads/2020/11/OpenDataReview.pdf> (дата обращения: 15.03.2021).

рации соответствующих заинтересованных сторон для проведения консультации «первичными» собственниками данных (Manju & Buckley, 2012). Также одним из препятствий на пути публикации данных является дополнительная работа по подготовке таких данных к публикации. Наиболее предпочтительным способом обмена исследовательскими данными на сегодняшний день считается загрузка наборов данных в онлайн-репозитории данных и размещение ссылки на репозиторий в авторской статье (Зельдина, 2019). Данные публикуются в репозиториях данных как дополнительный материал к исходной статье. Цитирование таких наборов данных является инструментом соблюдения этических норм и авторских прав. Во многих журналах Elsevier можно загружать и хранить данные в хранилище Mendeley Data как часть процесса подачи рукописи. Можно также загрузить данные непосредственно в репозиторий. В каждом случае такие данные получают идентификатор цифрового объекта (DOI), что делает их независимо цитируемыми, и их можно связать с любой связанной статьей на ScienceDirect, что облегчит читателям их поиск и повторное использование⁵. Публикация исследовательских данных увеличивает количество цитирований автора (Lichtfouse, 2018).

Пока еще не сложилось четкого представления о том, какие категории авторов открыто делятся необработанными исследовательскими данными, а какие нет, и как такие инициативы коррелируют с высокими темпами обмена данными. Для выявления закономерностей, в соответствии с которыми исследователи архивируют в репозиториях свои необработанные наборы данных после публикации исследования были использованы библиометрические методы (Piwowar, 2011). Было обнаружено, что число связанных с публикациями наборов данных в репозиториях увеличилось. Примерно 45% последних исследователей в области генетики сделали свои сырые данные общедоступными. Факторный анализ выявил 15 факторов, описывающих авторство, финансирование, учреждение, публикацию и доменную среду размещения данных. Авторы более склонны обмениваться исходными данными, если у них уже был предыдущий опыт обмена или повторного использования данных, а также если их исследование было опубликовано в журнале открытого доступа или журнале с относительно сильной политикой обмена данными, или если исследование финансировалось за счет большого количества грантов. Также были обнаружены другие законо-

мерности. Уровень обмена данными относительно низок для исследований с низким цитированием и коэффициентом сотрудничества учреждения, на базе которого проведено исследования, с другими исследовательскими организациями. Более высокий уровень характерен для авторов исследований из учреждений, имеющих высокий уровень цитирования и активно участвующих в научных коллаборациях. Большинство людей в академических кругах готово к обмену данными, когда предполагаемые преимущества перевешивают недостатки (Stieglitz et al., 2020).

Культура обмена исследовательскими данными в России и мире пока находится на этапе своего формирования, а данные наименее доступны в тех областях, где они могут оказать наибольшее влияние на развитие современного научного знания. Чтобы обеспечить широкую доступность исследовательских данных, журналам необходимо настойчиво запрашивать их публикацию, а не делать это в рекомендательном порядке (Gabelica, Cavar, Puljak, 2019). Интересно, что многие авторы опасаются публиковать свои исследовательские данные, чтобы не потерять собственные права на них или же «не подарить» свое открытие недобросовестным конкурентам (Aleixandre-Benavent, et.al., 2020). Подобные заблуждения скорее свидетельствуют о недостаточной осведомленности автора о сути публикационной и научно-исследовательской этики. Ибо именно публикация данных способна обеспечить однозначное авторство и запатентовать первенство исследования в той или иной области. Представляется, что роль отчуждающих факторов играет не только недостаточная информированность исследователей, но и несформированность компетенций, необходимых для эффективного обмена данными и их эффективного использования.

В России процесс «открытия» национальных данных и их интеграция в международные проекты находится на начальном этапе и активно развивается. Все больше исследователей видят преимущества и перспективы в размещении данных исследований в открытом доступе. Вместе с тем, очевидна необходимость целенаправленного развития компетенций исследователей, которые необходимы для эффективного обмена данными и совместного их использования. Речь идет не только о процессе обмена данными, но и о навыках унификации подходов к кодированию данных, их обработке, верификации, объединения с новыми наборами данных и др.

⁵ Sharing research data. URL: <https://www.elsevier.com/authors/tools-and-resources/research-data> (дата обращения: 14.03.2021).

Литература

- Зельдина, М. М. (2019). *Политика обмена исследовательскими данными*. М.: ООО «Ваше цифровое издательство». <https://doi.org/10.24108/978-5-6040408-7-4>
- Земсков, А. И. (2016). Открытый доступ и открытые архивы информации. *Научные и технические библиотеки*, 6, 41-61. https://www.gpntb.ru/ntb/ntb/2016/6/NTB6_2016_%D0%905_3.pdf
- Чадин, И. (2018). Zenodo и GBIF: инструменты для публикации наборов первичных данных. *Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН*, 3, 34-36. [https://doi.org/10.31140/j.vestnikib.2018.3\(205\).5](https://doi.org/10.31140/j.vestnikib.2018.3(205).5)
- Aleixandre-Benavent, R., Vidal-Infer, A., Alonso-Arroyo, A., Peset, F., & Sapena, A. F. (2020). Research data sharing in Spain: Exploring determinants, practices, and perceptions. *MDPI*, 5(2), 1-14. <https://doi.org/10.3390/data5020029>
- Aranda, M. A. G. (2018). Sharing powder diffraction raw data: Challenges and benefits. *Journal of Applied Crystallography*, 51(6), 1739-1744. <https://doi.org/10.1107/S160057671801556X>
- Barba, A., Dominguez, S., Cobas, C., Martinsen, D. P., Romain, C., Rzepa, H. S., & Seoane, F. (2019). Workflows Allowing Creation of Journal Article Supporting Information and Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable (FAIR)-enabled publication of spectroscopic data. *ACS Omega*, 4(2), 3280-3286. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b03005>
- Bull, S., Roberts, N., & Parker, M. (2015). Views of ethical best practices in sharing individual-level data from medical and public health research: A systematic scoping review. *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics: JERHRE*, 10(3), 225-238. <https://doi.org/10.1177/1556264615594767>
- Castellani, J. (2013). Are clinical trial data shared sufficiently today? Yes. *British Medical Journal*, 347(7916), f1881. <https://doi.org/10.1136/bmj.f1881>
- Draxl, C., & Scheffler, M. (2019). The NOMAD laboratory: From data sharing to artificial intelligence. *Journal of Physics: Materials*, 2(3), 036001. <https://doi.org/10.1088/2515-7639/ab13bb>
- Gabelica, M., Cavar, J., & Puljak L. (2019) Authors of trials from high-ranking anesthesiology journals were not willing to share raw data. *Journal of Clinical Epidemiology*, 109, 111-116. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.01.012>
- Habibzadeh, F. (2017). Statistical data editing in scientific articles. *Journal of Korean medical science*, 32(7), 1072-1076. <https://doi.org/10.3346/jkms.2017.32.7.1072>
- Hrynaskiewicz, I., Norton, M. L., Vickers, A. J., & Altman, D. G. (2010). Preparing raw clinical data for publication: guidance for journal editors, authors, and peer reviewers. *British Medical Journal (Clinical Research Ed.)*, 340, c181. <https://doi.org/10.1136/bmj.c181>
- Kim, J. (2020). An analysis of data paper templates and guidelines: types of contextual information described by data journals. *Science Editing*, 7(1), 16-23. <https://doi.org/10.6087/kcse.185>
- Lichtfouse, E. (2018) Publishing science without results and recycling research. *Environmental Chemistry Letters*, 16, 1-4. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0690-7>
- Liu, Y.-N., Wang, Y.-P., Wang, X.-F., Xia, Z., & Xu, J. F. (2019) Privacy-preserving raw data collection without a trusted authority for IoT. *Computer Networks*, 148, 340-348. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.11.028>
- Manju, R., & Buckley, B. S. (2012). Systematic archiving and access to health research data: Rationale, current status and way forward. *Bulletin of the World Health Organization*, 90, 932-939. <https://doi.org/10.2471/BLT.12.105908>
- Parker, M., & Bull, S. (2015). Sharing public health research data: Towards the development of ethical data-sharing practice in low- and middle-income settings. *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics*, 10(3), 217-224. <https://doi.org/10.1177/1556264615593494>
- Piwowar, H. A. (2011). Who shares? Who doesn't? Factors associated with openly archiving raw research data. *PloS One*, 6(7), e18657. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018657>
- Stieglitz, S., Wilms, K., Mirbabaie, M., Hofeditz, L., Brenger, B., Lopez, A., & Rehwald, S. (2020). When are researchers willing to share their data? – Impacts of values and uncertainty on open data in academia. *PLoS One*, 15(7), e0234172. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234172>
- Vidal-Infer, A., Aleixandre-Benavent, R., Lucas-Dominguez, R., & Sixto-Costoya, A. (2019). The availability of raw data in substance abuse scientific journals, *Journal of Substance*, 24(1), 36-402. <https://doi.org/10.1080/14659891.2018.1489905>

The Role of Data Repositories and Issues of Ethical Use

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

Data repositories are becoming an indispensable tool for universities and scientific organizations, not only expanding the functionality of electronic libraries, but also expanding the possibilities of forming electronic archives. Repositories provide opportunities for downloading, sharing, distributing and using research (field, raw) data from researchers. The publication of research data is just as important as the publication of the research itself. The ability to access such data streamlines the review cycle and provides researchers around the world with the ability to synchronize and compare data. The importance of the publication of research (raw) data is also reflected in the emergence of an independent type of publication - the publication of data (data paper). The purpose of the article is to analyze the factors that facilitate / hinder the dissemination of "raw" research data. This process is limited by a lack of information about this type of publication, lack of previous experience in sharing or reusing data, fears of misappropriation of data by other researchers, or misinterpretation of data. The authors conclude about the embryonic formation of a culture of dissemination and exchange of data and the need to build mechanisms for the formation of this culture.

Keywords: repositories, open data, raw data, data exchange, storage

References

- Chadin, I. (2018). Zenodo i GBIF: instrumenty dlya publikatsii naborov pervichnykh dannykh [Zenodo and GBIF: Tools for Publishing Primary Datasets]. *Vestnik Instituta biologii Komi NTs UrO RAN [Bulletin of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]*, 3, 34-36. [https://doi.org/10.31140/j.vestnikib.2018.3\(205\).5](https://doi.org/10.31140/j.vestnikib.2018.3(205).5)
- Zel'dina, M. M. (2019). *Politika obmena issledovatel'skimi dannymi [Data Sharing Policy]*. Moscow: OOO «Vashe tsifrovoye izdatel'stvo». <https://doi.org/10.24108/978-5-6040408-7-4>
- Zemskov, A. I. (2016). Otkrytyi dostup i otkrytye arkhivy informatsii [Open access and open archives of information]. *Nauchnye i tekhnicheskie biblioteki [Scientific and technical libraries]*, 6, 41-61.
- Aleixandre-Benavent, R., Vidal-Infer, A., Alonso-Arroyo, A., Peset, F., & Sapena, A. F. (2020). Research data sharing in Spain: Exploring determinants, practices, and perceptions. *MDPI*, 5(2), 29. <https://doi.org/10.3390/data5020029>
- Aranda, M. A. G. (2018). Sharing powder diffraction raw data: Challenges and benefits. *Journal of Applied Crystallography*, 51(6), 1739-1744. <https://doi.org/10.1107/S160057671801556X>
- Barba, A., Dominguez, S., Cobas, C., Martinsen, D. P., Romain, C., Rzepa, H. S., & Seoane, F. (2019). Workflows Allowing Creation of Journal Article Supporting Information and Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable (FAIR)-enabled publication of spectroscopic data. *ACS Omega*, 4(2), 3280-3286. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b03005>
- Bull, S., Roberts, N., & Parker, M. (2015). Views of ethical best practices in sharing individual-level data from medical and public health research: A systematic scoping review. *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics: JERHRE*, 10(3), 225-238. <https://doi.org/10.1177/1556264615594767>
- Castellani, J. (2013). Are clinical trial data shared sufficiently today? Yes. *British Medical Journal*, 347(7916), f1881. <https://doi.org/10.1136/bmj.f1881>
- Draxl, C., & Scheffler, M. (2019). The NOMAD laboratory: From data sharing to artificial intelligence. *JPhys Materials*, 2(3), 036001. <https://doi.org/10.1088/2515-7639/ab13bb>
- Gabelica, M., Cavar, J., & Puljak L. (2019) Authors of trials from high-ranking anesthesiology jour-

- nals were not willing to share raw data. *Journal of Clinical Epidemiology*, 109, 111-116. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.01.012>
- Habibzadeh, F. (2017). Statistical data editing in scientific articles. *Journal of Korean medical science*, 32(7), 1072-1076. <https://doi.org/10.3346/jkms.2017.32.7.1072>
- Hrynaskiewicz, I., Norton, M. L., Vickers, A. J., & Altman, D. G. (2010). Preparing raw clinical data for publication: guidance for journal editors, authors, and peer reviewers. *British Medical Journal (Clinical Research Ed.)*, 340, 1-5. <https://doi.org/10.1136/bmj.c181>
- Kim, J. (2020). An analysis of data paper templates and guidelines: types of contextual information described by data journals. *Science Editing*, 7(1), 16-23. <https://doi.org/10.6087/kcse.185>
- Lichtfouse, E. (2018) Publishing science without results and recycling research. *Environmental Chemistry Letters*, 16, 1-4. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0690-7>
- Liu, Y.-N., Wang, Y.-P., Wang, X.-F., Xia, Z., & Xu, J. F. (2019) Privacy-preserving raw data collection without a trusted authority for IoT. *Computer Networks*, 148, 340-348. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.11.028>
- Manju, R., & Buckley, B. S. (2012). Systematic archiving and access to health research data: Rationale, current status and way forward. *Bulletin of the World Health Organization*, 90, 932-939. <https://doi.org/10.2471/BLT.12.105908>
- Parker, M., & Bull, S. (2015). Sharing public health research data: Towards the development of ethical data-sharing practice in low- and middle-income settings. *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics*, 10(3), 217-224. <https://doi.org/10.1177/1556264615593494>
- Piwowar, H. A. (2011). Who shares? Who doesn't? Factors associated with openly archiving raw research data. *PloS One*, 6(7), e18657. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018657>
- Stieglitz, S., Wilms, K., Mirbabaie, M., Hofeditz, L., Brenger, B., Lopez, A., & Rehwald, S. (2020). When are researchers willing to share their data? – Impacts of values and uncertainty on open data in academia. *PLoS One*, 15(7), e0234172. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234172>
- Vidal-Infer, A., Aleixandre-Benavent, R., Lucas-Dominguez, R., & Sixto-Costoya, A. (2019). The availability of raw data in substance abuse scientific journals. *Journal of Substance*, 24(1), 36-402. <https://doi.org/10.1080/14659891.2018.1489905>

Комплексная оценка различных способов подготовки очищенного картофеля к вакуумной упаковке

Мальцев Станислав Владимирович

ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха».

Адрес: 140051, Московская область, Люберецкий район,
п. Красково, ул. Лорха, д. 23, литера «В»

E-mail: stanmalcev@yandex.ru

Андрианов Сергей Владимирович

ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха».

Адрес: 140051, Московская область, Люберецкий район,
п. Красково, ул. Лорха, д. 23, литера «В»

E-mail: and-585@yandex.ru

Илюхина Наталья Викторовна

ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН

Адрес: 109316, г. Москва, ул. Талалихина, д. 26

E-mail: inv63@mail.ru

Колоколова Анастасия Юрьевна

Всероссийский научно-исследовательский институт
технологии консервирования – филиал ФГБНУ

Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН

Адрес: 142703, Московская область, г. Видное, ул. Школьная, д. 78

E-mail: aykolokolova@yandex.ru

Горячева Елена Давидовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

E-mail: goryachevaed@mgurp.ru

Крюкова Елизавета Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

E-mail: kryukovaev@mgurp.ru

В статье отражены результаты впервые проведённого всестороннего изучения различных способов подготовки очищенного картофеля к вакуумированию, в том числе с учётом микробиологических показателей. Исследования проводились в 2015-2018 гг. на экспериментальной базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (Московская область, Люберецкий район). В четырех однофакторных лабораторных опытах изучали: 1. Глубину среза при ножевой очистке клубней (варианты: А) 1 ÷ 2 мм, Б) 3 ÷ 4 мм); 2. Вид упакованного продукта. Варианты: А) целые клубни, Б) ломтики, В) брусочки); 3. Способ подготовки сырья. Варианты: А) просушивание, Б) консервант, В) термообработка; 4. Температура хранения вакуумированного картофеля. Варианты: А) 2 ÷ 3 °С, Б) 5 ÷ 6 °С, В) 18 ÷ 20 °С. Качество полуфабриката по показателям устойчивости мякоти к потемнению и сохранности тургора клубней, а также качество конечного продукта после варки определяли через 5, 10, 15 и 20 суток после вакуумирования при переработке в сентябре месяце. Оценка качества проводили по 9-балльной шкале согласно методическим указаниям по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению. В результате исследований установлено: 1. Глубина среза (1 ÷ 2 мм или 3 ÷ 4 мм) при ножевой очистке клубней не оказывала существенного влияния на качество картофеля в вакуумной упаковке. Более высокая

устойчивость мякоти к потемнению и сохранение тургора отмечены при вакуумировании картофеля в виде целых клубней, менее – в виде ломтиков и брусочков (на 2,0 ÷ 2,5 балла). 2. Предварительное просушивание клубней способствовало улучшению потребительских показателей вакуумированного картофеля. 3. Применение консерванта пиросульфита натрия в концентрациях 1 ÷ 2 % повышало устойчивость клубней к потемнению на 0,5 ÷ 1,5 балла. Однако имело и негативные последствия – снижение тургора клубней, увеличение их обводненности, появление кислого запаха при вскрытии пакета, а после варки на поверхности клубней часто наблюдалась плотная оболочка, серьезно ухудшающая их вкус и консистенцию. 4. При хранении до 15 суток термообработка вакуумированного картофеля не требуется. Приемлемым был также вариант варки клубней в течение 30 мин как до, так и после вакуумирования. При этом конечный продукт получался высокого качества, но имел менее презентабельный товарный вид. 5. Чем ниже температура хранения, тем выше устойчивость мякоти клубней к потемнению, выше сохранность их тургора и в целом продолжительнее максимальный срок хранения. 6. При хранении картофеля в вакуумной упаковке существенного снижения витамина «С» не происходило (с 19,7 до 18,5 и с 29,0 до 28,2 мг% в зависимости от сорта). Содержание нитратов за 15 суток хранения в вакуумной упаковке снижалось на 15 ÷ 28 % в зависимости от сорта.

Ключевые слова: картофель, вакуумная упаковка, пиросульфит натрия, термическая обработка, микробиологические анализы, биохимические показатели клубней

Введение

По мере развития предприятий общественного питания, ресторанов, фастфуда и в целом ускорения ритма жизни, люди в развитых странах все чаще питаются вне дома. Производители общепита при этом должны успевать приготавливать пищу за короткий промежуток времени. Часто они вынуждены подготавливать продукты (чистить и резать) за сутки до подачи их потребителю, что сопряжено со значительными потерями растворимых и быстрораспадающихся питательных веществ (Мальцев & Пшеченков, 2010; Мальцев, 2018). Такие продукты, представленные конечному потребителю в очищенном (и как вариант порезанном соответствующим образом) виде, готовые для приготовления, составляют новую категорию, именуемую «минимально переработанные» (в англоязычной литературе «minimally processed products» или «MP-products»). Другие термины, относящиеся к подобной продукции – «легко переработанные», «частично переработанные», «свежепереработанные» и «предподготовленные» (Laurila, Hurme, & Ahvenainen, 1998). Чтобы удовлетворять требованиям потребителя «минимально переработанные» продукты должны иметь свежий внешний вид, сохранять качество при хранении и не иметь дефектов. Механические повреждения продукции на разных этапах ее приготовления увеличивают интенсивность биохимических реакций (нарушение компартментализации клеток позволяет субстратам и ферментам прийти в соприкосновение (Brecht, 1995), обуславливающих изменения в цвете (в том

числе потемнение мякоти в связи с образованием меланина), запахе, текстуре и составе питательных веществ (уменьшение содержания витаминов) (Ионова & Бруев, 1983а; Ионова & Бруев, 1983б). Предотвратить ферментативные реакции можно следующими способами: термической обработкой, в результате которой белковый носитель свертывается, что приводит к инактивации ферментов; применением веществ (ингибиторов), образующих комплексы с хинонами перед их полимеризацией; связыванием ионов тяжелых металлов. В качестве ингибиторов ферментативных реакций наиболее часто применяются сернистые соединения (бисульфит и пиросульфит натрия)^{1,2}, аскорбиновая, лимонная и другие кислоты (Ионова & Бруев, 1982). Однако применение консервантов имеет свои недостатки. Например, в Ирландии из трех наиболее распространенных для этих целей сортов – Maris Piper, Fontane и Rooster, первые два при обработке бисульфитом натрия (2,0 %) наиболее проблематичны в отношении образования на поверхности клубней твердой оболочки. К тому же необходимо учитывать, что в России, из экологических соображений, картофель в вакуумной упаковке, обработанный консервантом, не разрешен для детского и диетического питания.

В этой связи использование вакуумной упаковки без консервантов и при соответствующих методах подготовки сырья представляют многообещающую альтернативу химическому методу обработки для поддержания качества «минимально переработанного» картофеля (Мальцев, 2017).

¹ Шевченко, В. А. (2002). *Технология производства продукции растениеводства: Учебное пособие для вузов*. М.: Агроконсалт.

² Шевченко, В. В. (2013) *Товароведение и экспертиза потребительских товаров: Учебник*. (2-е изд.). М.: ИНФРА-М.

Истоки хранения пищевых продуктов в контролируемой (модифицированной) атмосфере и вакууме обычно относят к работам Кидда и Веста в начале XX века. Вакуумная упаковка в настоящее время широко применяется для продления срока хранения и качества продуктов переработки овощей. Ее использование предотвращает протекание окислительных реакций и развитие аэробных микроорганизмов, которые в основном приводят к ухудшению качества пищевых продуктов при хранении (Brody, 1989; Gorris & Peppelenbos, 1992).

Кроме того, вакуумная упаковка способна защитить продукт и от обезвоживания. По данным Козловой Л.Н. в такой упаковке очищенный картофель, цельный или в нарезке, может храниться при средней температуре +6 °С, не теряя своих вкусовых свойств и качеств до 5 дней (по отдельным вариантам до 14 дней) (Козлова, Маханько, Незаконова, & Пискун, 2016). В этой связи очищенный картофель, готовый к термообработке, пользуется все большей популярностью среди конечных потребителей. Ведь это позволяет экономить не только время, но зачастую и деньги. Потребитель при покупке застрахован от приобретения несвежего, некачественного картофеля, поскольку полностью видит товар. Кроме того, данный подход позволяет избавить население от ручной домашней чистки. Картофель в вакууме можно поставлять на предприятия школьного питания, в больницы и другие учреждения, где потребляется много овощей. Он нужен кафе, ресторанам и другим заведениям общественного питания, где продукты хранятся в основном в виде полуфабрикатов для ускорения приготовления блюд. Также это выгодно с точки зрения экономики рабочих рук и финансов.

Преимущества вакуумной упаковки: увеличение срока хранения очищенного картофеля до 14 суток; сохранение внешнего вида продукта; упрощение соблюдения требований к товарному соседству при хранении и транспортировке; прозрачность упаковки гарантирует качество продукта; экономия на площадях складских помещений и на транспортировке готовой продукции за счет меньшего объема и веса готовой продукции.

Упакованный под вакуумом картофель сегодня является высокорентабельным и востребованным продуктом. В сетевых супермаркетах партия вакуумированного картофеля не задерживается более чем на 3 ÷ 4 дня.

За рубежом многие исследователи изучали пищевые качества картофеля в процессе хранения

(Holland, 1993) и пригодность картофеля к варке (Wills & Suthilucksanavanish, 1991) и пришли к выводу, что генетические факторы и свежесть клубней имеют решающее значение (Ruzaikė, Muizniece-Brasava, & Dukalska, 2014).

В опытах М. Hagg (Hagg, Häkkinen, Kumpulainen, Ahvenainen, & Hurme, 1998) и J. Wyka (Wyka, Tajner-Czopek, Godyla, Witek, & Wilczek, 2017) изучалось влияние подготовки и условий хранения картофеля в вакуумной упаковке на обмен веществ в очищенных клубнях (сорта Bintje, Van Gogh и Nicola). Было установлено, что содержание витамина «С» при варке снижалось в среднем по сортам на 30 %.

Ирландские исследователи (Chassery & Gormley, 1994) также пришли к выводу, что вакуумная упаковка очищенного картофеля – хороший способ увеличить его срок хранения. Их исследования проводились на базе Национального продовольственного центра (Дублин, Ирландия), изучалось качество различных сортов картофеля (Pentland Dell, Rooster, Record, Maris Piper) в вакуумной упаковке в зависимости от срока хранения. Исследования выявили значительные сортовые различия картофеля по показателю устойчивости к потемнению в вакуумной упаковке (сорта Rooster и Maris Piper темнели через 21 день существенно меньше, чем Pentland Dell и Record). Обработка клубней пиросульфитом натрия существенно улучшала показатели цвета по всем сортам. Аналогичные результаты были получены в исследованиях на базе Загребского университета (Hunjek, Pranjić, Repajić, & Levaj, 2020; Hunjek et al., 2020).

Картофель и овощи можно вакуумировать не только в свежем очищенном виде, но и после варки, как это делается, например, фирмой «Дмитровские овощи» и срок хранения такого картофеля составляет до 6 месяцев.

В исследованиях Jensen K. (Jensen, Petersen, Poll, & Brockhoff, 1999), проведенных на базе Королевского университета ветеринарии и сельского хозяйства (Дания) (The royal veterinary and agricultural university, Denmark) изучалось влияние сорта и условий выращивания на вкус вареного картофеля в вакуумной упаковке. Автор указывает, что картофель после варки постепенно приобретает привкус, который можно описать как «картонный». Это серьезная проблема для предприятий общественного питания, где вареный картофель в вакуумной упаковке широко распространен. Известно уже на протяжении нескольких десятилетий, что небольшая

фракция жира в клубнях может быть причиной окислительного процесса, приводящего к возникновению такого неблагоприятного привкуса в сушеных картофелепродуктах (Pineli, Moretti, Almeida, Onuki, & Nascimento, 2005).

Предварительно обваренный вакуумированный картофель широко используется на предприятиях общепита. В работе Thybo A.K., Martens H.J., Lyshede O.B. (Thybo, Martens, & Lyshede, 1998) было установлено, что текстурные свойства сваренного на пару вакуумированного картофеля ухудшались с увеличением времени варки, однако на контрольном варианте (варка картофеля на воде) это происходило еще быстрее. Дополнительное масло при обжаривании картофеля, хранившегося в вакуумной упаковке, не требуется (Balbino et al., 2020).

В современной практике столовые сорта картофеля принято подразделять на следующие типы: картофель типа «А» предназначен в основном для приготовления салатов; типа «В» (столовый со связной мякотью) – для поджаривания и переработки; типа «С» (столовый с рассыпчатой мякотью) – для большинства блюд; типа «D» (столовый с очень рассыпчатой мякотью) – для пюре. На основании такой оценки в каталоге сорта указывается тип столового картофеля при варке, например, «А»; «В»; «АВ»; «ВС» и т.д. До настоящего времени не совсем ясно, продолжает ли соответствовать данной классификации вареный картофель после хранения в вакуумной упаковке (Rocha, Coulon, & Morais, 2003). Актуальным остается вопрос выбора оптимальных способов подготовки сырья – в виде целых клубней, ломтиков или брусочков? Эффективна ли термическая обработка клубней – до или после вакуумирования клубней ее проводить и в течение скольких минут? Насколько целесообразно применение консерванта? Как влияет температура на возможный срок хранения картофеля в вакуумной упаковке и как это сказывается на развитии микробиоты?

Цель исследований – определить влияние различных способов подготовки очищенного картофеля

к вакуумной упаковке на качественные показатели конечного продукта.

Материалы и методы исследований

Картофель для вакуумной упаковки выращивали в 2015-2018 гг. на экспериментальной базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (Московская область, Люберецкий район, дерново-подзолистая супесчаная почва) на одинаковом фоне минерального питания с дозой удобрений $N_{60}P_{60}K_{120}$ при локальном внесении во время нарезки гребней перед посадкой.

В четырех однофакторных лабораторных опытах изучали:

1. Глубину среза при ножевой очистке клубней. Варианты: А) $1 \div 2$ мм, Б) $3 \div 4$ мм.
2. Вид упакованного продукта. Варианты: А) целые клубни, Б) ломтики, В) брусочки).
3. Способ подготовки сырья. Варианты: А) просушивание в течение 5 с с использованием бумажного полотенца, Б) консервант пиросульфит натрия в концентрациях 1,0; 1,5 и 2,0 %, В) термообработка при 100°C в течение 20 с (бланширование) и 30 мин (варка до полной готовности).
4. Температура хранения вакуумированного картофеля. Варианты: А) $2 \div 3^\circ\text{C}$, Б) $5 \div 6^\circ\text{C}$, В) $18 \div 20^\circ\text{C}$.

Для проведения лабораторных анализов по указанным вариантам исследований использовали вакуумированный картофель массой 2 кг в трехкратной повторности. Качество картофеля оценивали через 5, 10, 15 и 20 суток после вакуумирования. Оценку качества проводили по 9-балльной шкале согласно методическим указаниям по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению³ (Пшеченков и др., 2008). Определение содержания витамина «С» титриметрическим методом по ГОСТ 24556-89⁴; нитратов – по ГОСТ 29270-95⁵. Микробиологические показатели по ГОСТ 10444.15-94⁶; 31747-2012⁷; 31659-2012⁸; 1044.12-2013⁹; ГОСТ

³ Пшеченков, К. А., Давыденкова, О. Н., Седова, В. И., Мальцев, С. В., & Чулков, Б. А. (2008). *Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению*. М.: ВНИИКС.

⁴ ГОСТ 24556-89. (2003). *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С*. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 29270-95. (2010). *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов*. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 10444.15-94. (2010). *Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов*. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ 31747-2012 (2013). *Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)*. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ 31659-2012. (2014). *Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода Salmonella*. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ 1044.12-2013. (2014). *Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов*. М.: Стандартинформ.

30425–97¹⁰; 29185–2014¹¹. Обработку очищенных клубней пиросульфитом натрия в концентрациях 1,0, 1,5 и 2,0 % проводили в течение 2 мин перед вакуумированием. В исследованиях по влиянию сульфитирования использовались сорта картофеля Жуковский ранний, Леди Клэр (ранние) и Красавчик (среднеранний). При изучении термообработки сырых очищенных клубней проводили их бланширование (в течение 20 с); варку до полной готовности (в течение 30 мин) в вариантах осуществления как до, так и после упаковки клубней в вакуумные пакеты. Хранили термически обработанные вакуумированные клубни среднераннего сорта Гала в течение 20 суток в холодильнике при температуре $3 \div 4$ °С с последующей варкой до полной готовности и определением потребительских показателей в сравнении с контролем (варёный картофель из клубней без вакуумирования). С целью определения влияния температуры хранения вакуумированного картофеля на возможный срок его хранения эксперименты проводились с сортом Гала при хранении в широком диапазоне температур – от 2 до 20 °С. Для классификации вакуумированного картофеля на категории: для салата, жарки, пюре (т.е. соответствия общепринятым типам А, В, С, D) использовали сорта Импала, Удача, Ред Скарлетт (ранние), Брянский деликатес (среднеранний), Аврора (среднеспелый), Голубизна (среднепоздний). Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову¹² с использованием пакета программ AgCStat в виде надстройки к Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Глубина ножевой очистки клубней и вид упакованного продукта

В исследованиях глубины среза при ножевой очистке клубней (в вариантах $1 \div 2$ и $3 \div 4$ мм) существенного ее влияния на качество картофеля в вакуумной упаковке не выявлено.

Установлено, что картофель, вакуумированный в виде ломтиков и брусочков, по сравнению с целыми клубнями, проявлял значительно большую склонность к потемнению из-за увеличения удельной поверхности срезов, что приводило к разрушению компартиментализации большего числа

клеток, а следовательно, и к более интенсивному (на $2,0 \div 2,5$ балла по девятибалльной шкале) ферментативному потемнению мякоти. Кроме того, картофель в виде ломтиков и брусочков при хранении в вакуумной упаковке гораздо быстрее и интенсивнее терял тургор. Это объясняется неравномерностью распределения крахмала в клубнях – в камбии и внешней части сердцевинны содержание крахмала максимально, а в сердцевине ниже (разница может достигать $4 \div 6$ %). Поэтому при глубине очистки товарных клубней до $3 \div 4$ мм не происходило оголения тканей с более высоким содержанием воды, а при резке клубней на ломтики и брусочки, напротив, такие ткани (в первую очередь сердцевина клубня) оголялись, вода из них в условиях вакуумной упаковки постепенно выходила и пакет обводнялся.

Данная тенденция отмечена для картофеля вне зависимости от условий выращивания (сорт, тип почвы, фон питания).

Способ подготовки сырья

Просушивание клубней. Установлено, что предварительное просушивание клубней перед вакуумированием способствовало улучшению потребительских показателей клубней при длительном хранении в вакуумной упаковке (тургор клубней в пакете сохранялся несколько лучше, чем при закладке влажных клубней). В то же время, по нашим наблюдениям, в случае соблюдения условий, обеспечивающих равномерное стекание избыточной воды с поверхности клубней (на стадии от их промывки после очистки до упаковки), качество продукта в вакуумной упаковке существенно не ухудшалось. Что важно для высокопроизводительного промышленного производства.

Применение консерванта. По результатам проведенных нами исследований на сортах картофеля различного срока созревания, обработка 1% пиросульфитом натрия очищенных клубней перед вакуумированием хоть и повышала устойчивость клубней к потемнению (на $0,5 \div 1,5$ балла в зависимости от сорта), но одновременно с этим приводила и к снижению тургора клубней, их обводненности, кислому запаху при вскрытии пакета, а после варки на поверхности таких клубней часто наблюдалась плотная оболочка, серьезно ухудшающая их вкус и консистенцию (Рисунок 1).

¹⁰ ГОСТ 30425–97. (2011). Консервы. Метод определения промышленной стерильности. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ 29185–2014. (2015). Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета сульфитредуцирующих бактерий, растущих в анаэробных условиях. М.: Стандартинформ.

¹² Доспехов, Б. А. (1985). *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)* (5-е изд., доп.). М.: Агропромиздат.

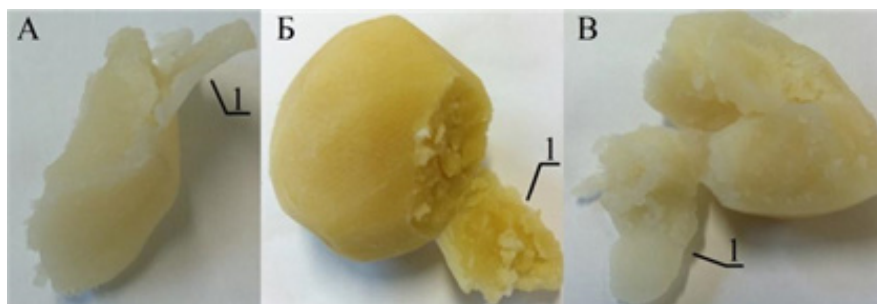


Рисунок 1. Плотная оболочка (1), образующаяся на поверхности вареных клубней на 15 день после вакуумирования с предварительной обработкой %1 пиросульфитом натрия. Сорта: А – Жуковский ранний; Б – Леди Клэр; В – Красавчик

В экспериментах с еще более высокими концентрациями пиросульфита натрия (1,5 и 2,0 %) подобные негативные эффекты проявлялись еще заметнее.

Термообработка сырых очищенных клубней. В результате экспериментов установлено:

Варёный картофель, приготовленный из клубней, хранившихся в вакуумной упаковке, по потребительским показателям не уступал контролю (без применения вакуумирования).

Бланширование клубней в течение 20 с с последующим их вакуумированием, хранением в течение 20 суток и довариванием приводило к образованию на их поверхности тонкой пленки, вкус был от нормального до «с кислинкой». Кроме того такой вид термообработки способствовал проявлению темных пятен в районе глазков.

Вакуумирование клубней с последующим бланшированием в пакете в течение 20 с, хранением в течение 20 суток и довариванием способствовало образованию толстой пленки на поверхности клубней и наличию «кислотного привкуса».

Вакуумирование клубней, их варка в пакете в течение 30 мин с последующим хранением их в течение 20 суток в вакуумной упаковке обеспечивало после разогрева в микроволновой печи нормальный вкус картофеля.

Варка клубней в течение 30 мин с последующим вакуумированием и хранением их в течение 20 суток в вакуумной упаковке после разогрева в микроволновой печи обеспечивала получение нормального рассыпчатого картофеля со вкусовыми качествами выше, чем в других вариантах исследования. Однако товарный вид такого картофеля был менее при-

влекательным, поскольку при вакуумировании уже вареных клубней происходило их сдавливание, деформация и при вскрытии такого пакета вареные клубни смотрелись неестественно.

Таким образом, наиболее высокие показатели качества конечного продукта были получены в вариантах 4, 1 и 5.

Кроме того, необходимо отметить, что клубни во всех вариантах термообработки как с варкой до вакуумирования, так и после нее при вскрытии пакета через 20 суток хранения при $4 \div 3^\circ\text{C}$ отличались повышенной влажностью.

По-нашему мнению, на потребительские качества вареного картофеля (текстуру) в вакуумной упаковке, помимо изученных факторов (сорт, условия выращивания и хранения), существенное влияние может оказывать также тип упаковочной пленки (ее толщина, количество и чередование полиамидно/полиэтиленовых слоев) и режимы самого процесса вакуумации клубней (продолжительность работы насоса и развиваемое при этом отрицательное давление в барах). Однако исследование данных параметров в задачи исследований не входило.

Температура хранения вакуумированного картофеля

Установлено, что чем ниже температура хранения, тем выше устойчивость мякоти клубней к потемнению, выше сохранность их тургора и в целом продолжительнее максимальный срок хранения. Так, при температуре $2 \div 3^\circ\text{C}$ потребительские показатели вакуумированного картофеля сорта Гала сохранялись на высоком уровне в течение $15 \div 20$ суток и продукт соответствовал требованиям Технического регламента Таможенного Союза¹³.

¹³ ТР ТС 021/2011. (2011). О безопасности пищевой продукции.

При последующей варке картофель не отличался существенно от контрольного образца ни по вкусу, ни по консистенции, ни по развариваемости. По результатам микробиологических анализов через 20 суток хранения картофеля в вакуумной упаковке патогенные микроорганизмы рода *Salmonella*, а также сульфитредуцирующие клостридии обнаружены не были. Тем не менее, отмечался существенный рост по некоторым микробиологическим показателям (мезофильные аэробные, факультативно-анаэробные и молочнокислые микроорганизмы, в отдельных образцах обнаруживались колиформные бактерии), Таблица 1. Поэтому дальнейшие исследования, по нашему мнению, должны быть направлены на поиск путей экологически безопасных методов антимикробной обработки сырья, так как сама по себе длительная сохранность высоких потребительских показателей данного продукта не гарантирует отсутствие развития вредной микробиоты.

При более высоких температурах хранения ($5 \div 6^\circ\text{C}$) картофель с высокими потребительскими

показателями по данному сорту удавалось получить при хранении в течение не более $10 \div 15$ суток, а при комнатной температуре $18 \div 20^\circ\text{C}$ качество картофеля резко ухудшалось уже через $2 \div 3$ суток.

Потребительские и биохимические показатели картофеля после хранения в вакуумной упаковке

В сравнении с контролем (свежесваренные клубни), вареный картофель после $15 \div 10$ дневного хранения в вакуумной упаковке в холодильнике при $3 \div 2^\circ\text{C}$ по показателям вкуса, консистенции, рассыпчатости, влажности мякоти почти не отличался. Однако, аромат вареного вакуумированного картофеля был выражен, как правило, несколько слабее и иногда на поверхности клубней отмечалась тонкая пленка.

Изученные сорта по показателю пригодности к варке через 10 суток после вакуумирования были классифицированы следующим образом: Импала –

Таблица 1

Заключение микробиологических исследований продукции (по данным «ВНИИТеК» – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)

Наименование микробиологического показателя	Период хранения, сутки			
	0	5	15	20
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г не более 1×10^5 (ГОСТ 10444.15–94)	$7,8 \times 10^2$	$8,1 \times 10^3$	$1,8 \times 10^6$	$4,2 \times 10^6$
БГКП (колиформные бактерии) в 0,1 г продукта не допускается (ГОСТ 31747–2012)	Не обнаружены	Не обнаружены	Обнаружены	Обнаружены
Патогенные микроорганизмы рода <i>Salmonella</i> в 25 г продукта не допускается (ГОСТ 31659–2012)	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
Дрожжи, не более 500 КОЕ/г (ГОСТ 1044.12–2013)	$3,0 \times 10^1$	$7,0 \times 10^1$	$8,0 \times 10^1$	$4,0 \times 10^1$
Плесневые грибы, не более 500 КОЕ/г (ГОСТ 1044.12–2013)	$4,8 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$	$8,0 \times 10^1$	$7,5 \times 10^1$
Молочнокислые микроорганизмы в 1,0 г продукта не допускается (ГОСТ 30425–97)	$2,8 \times 10^1$	$1,3 \times 10^1$	$5,8 \times 10^3$	$2,7 \times 10^5$
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,1 г не допускается (ГОСТ 29185–2014)	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены

«А», Удача – «АВ», Ред Скарлетт – «АВ», Брянский деликатес – «ВС», Аврора – «ВС», Голубизна – «Д», что в целом соответствовало их классификации при оценке свежеприготовленного продукта (т.е. без вакуумирования).

Оценка биохимических показателей клубней в послеуборочный период (сентябрь) показала, что при хранении картофеля в вакуумной упаковке существенного снижения витамина «С» не происходило, например, по сортам Леди Клэр и Гала его содержание до вакуумирования составляло 19,7 и 29,0 мг%, а через 15 суток после хранения в вакуумной упаковке соответственно 18,5 и 28,2 мг% (НСР₀₅ 1,5 мг%).

Содержание нитратов по данным сортам в течение 15 суток хранения в вакуумной упаковке снижалось - по сорту Леди Клэр со 113 до 82, а по сорту Гала со 130 до 112 мг/кг (до очистки клубней оно было выше на 25 ÷ 20 %, а после варки в результате десорбции, напротив, ниже на 40 ÷ 30 %, НСР₀₅ 20 мг/кг). ПДК по нитратам для картофеля составляет 250 мг/кг.

В целом, результаты исследований согласуются с данными, полученными зарубежными учёными. Например, в работе китайских исследователей (Xu et al., 2020) также даётся высокая оценка мее тоду сохранения биохимических и потребительских показателей очищенных клубней путём их вакуумирования и применения различных консервантов и термообработки.

Выводы

1. Глубина среза (1 ÷ 2 или 3 ÷ 4 мм) при ножевой очистке клубней не оказывала существенного влияния на качество картофеля в вакуумной упаковке. Более высокая устойчивость мякоти к потемнению и сохранение тургора отмечены при вакуумировании картофеля в виде целых клубней, менее – в виде ломтиков и брусочков (на 2,0 ÷ 2,5 балла).
2. Предварительное просушивание клубней способствовало улучшению потребительских показателей вакуумированного картофеля.
3. Применение консерванта пиросульфита натрия в концентрациях 2 ÷ 1 % повышало устойчивость клубней к потемнению на 1,5 ÷ 0,5 балла. Однако имело и негативные последствия - снижение тургора клубней, увеличение их обводненности, появление кислого запаха при вскрытии пакета, а после варки на поверхности клубней часто

наблюдалась плотная оболочка, серьезно ухудшающая их вкус и консистенцию.

4. При хранении до 15 суток термообработка вакуумированного картофеля не требуется. Приемлемым был также вариант варки клубней в течение 30 мин как до, так и после вакуумирования. При этом конечный продукт получался высокого качества, но имел менее презентабельный товарный вид.
5. Чем ниже температура хранения, тем выше устойчивость мякоти клубней к потемнению, выше сохранность их тургора и в целом продолжительнее максимальный срок хранения. Через 20 суток хранения в вакуумной упаковке при температуре 3 ÷ 2 °С не было выявлено патогенных микроорганизмов рода *Salmonella* или сульфитредуцирующих клостридий, но отмечался существенный рост по некоторым микробиологическим показателям (мезофильные аэробные 10 × 4,8⁶ КОЕ/г, факультативно-анаэробные 10 × 3,6⁶ КОЕ/г и молочнокислые микроорганизмы 10 × 2,5⁵ в 1,0 г продукта, в отдельных образцах обнаруживались колиформные бактерии).
6. При хранении картофеля в вакуумной упаковке существенного снижения витамина «С» не происходило (с 19,7 до 18,5 и с 29,0 до 28,2 мг% в зависимости от сорта). Содержание нитратов за 15 суток хранения в вакуумной упаковке снижалось на 28 ÷ 15 % в зависимости от сорта.

Литература

- Ионова, А. М., & Бруев, П. С. (1982). Продление сроков хранения очищенного картофеля. *Консервная и овощесушильная промышленность*, 7, 19–20.
- Ионова, А. М., & Бруев, П. С. (1983а). Изменение качества очищенного картофеля при хранении. В *Хранение плодовоовощной продукции и картофеля: Сборник научных трудов ВАСХНИЛ* (с. 67–73). М.: ВАСХНИЛ.
- Ионова, А. М., & Бруев, П. С. (1983б). Об исследовании сохранности качества картофеля в очищенном от кожицы виде. В *Товароведение пищевых продуктов: Межвузовский сборник научных трудов* (с. 92–101). М.: ВАСХНИЛ.
- Козлова, Л. Н., Маханько, В. Л., Незаконова, Л. В., & Пискун, Г. И. (2016). Белорусские сорта картофеля, пригодные для вакуумирования. *Белорусское сельское хозяйство*, 3, 60–63.
- Мальцев, С. В. (2017). Хранение свежего очищенного картофеля в вакуумной упаковке. *Защита картофеля*, 1, 3–8.

- Мальцев, С. В. (2018). Пригодность очищенного картофеля к вакуумной упаковке и быстрой заморозке. *Картофель и овощи*, 4, 27–30. <https://doi.org/10.25630/PAV.2018.4.17627>
- Мальцев, С. В., & Пшеченков, К. А. (2010). Сорта для получения картофеля быстрозамороженного и в вакуумной упаковке. *Картофель и овощи*, 8, 7.
- Balbino, S., Repajić, M., Solaric, T., Hunjek, D. D., Skevin, D., Kraljic, K., Obranovic, M., & Levaj, B. (2020). Oil uptake and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in fried fresh-cut potato: Effect of cultivar, anti-browning treatment and storage conditions. *Agronomy*, 10(11), 1773. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111773>
- Brecht, J. K. (1995). Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30(1), 18–22.
- Brody, A. (1989). Introduction. In *Controlled/modified atmosphere/vacuum packaging of foods* (pp. 1–16). Trumbull: Food and Nutrition Press, Inc.
- Chassery, S., & Gormley, T. R. (1994). Quality and shelf life of pre-peeled vacuum packed potatoes. *Farm and Food*, 4(2), 30–32.
- Gorris, L. G. M., & Peppelenbos, H. W. (1992). Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. *HortTechnology*, 2, 303–309. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.2.3.303>
- Hägg, M., Häkkinen, U., Kumpulainen, J., Ahvenainen, R., & Hurme, E. (1998). Effects of preparation procedures, packaging and storage on nutrient retention in peeled potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(4), 519–526. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199808\)77:4<519::AID-JSFA75>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199808)77:4<519::AID-JSFA75>3.0.CO;2-C)
- Holland, B. (1993). *McCance and Widdowson's. The composition of Foods*. (5th ed.). London: Royal Society of Chemistry and MAFF.
- Hunjek, D. D., Pranjic, T., Repajić, M., & Levaj, B. (2020a). Fresh-cut potato quality and sensory: Effect of cultivar, age, processing, and cooking during storage. *Journal of Food Science*, 85(8), 2296–2309. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15353>
- Hunjek, D. D., Repajić, M., Ščetar, M., Karlović, S., Vahčić, N., Ježek, D., Galić, K., & Levaj, B. (2020). Effect of anti-browning agents and package atmosphere on the quality and sensory of fresh-cut Birgit and Lady Claire potato during storage at different temperatures. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(4), e14391. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14391>
- Jensen, K., Petersen, M. A., Poll, L., & Brockhoff, P. B. (1999). Influence of variety and growing location on the development of off-flavor in precooked vacuum-packed potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 1145–1149. <https://doi.org/10.1021/jf9807115>
- Laurila, E. K., Hurme, E. U., & Ahvenainen, R. J. (1998). Shelf life of sliced raw potatoes of various cultivar varieties. *Journal of Food Protection*, 61(10), 1363–1371. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-61.10.1363>
- Pineli, L. L. O., Moretti, C. L., Almeida, G. C., Onuki, A. C. A., & Nascimento, A. B. G. (2005). Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40(10), 1035–1041. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2005001000013>
- Rocha, A. M. C. N., Coulon, E. C., & Morais, A. M. B. (2003). Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology*, 3(2), 81–88. <https://doi.org/10.1046/j.1471-5740.2003.00068.x>
- Ruzaike, A., Muizniece-Brasava, S., & Dukalska, L. (2014). Packaging material and storage-induced quality changes in flexible retort pouch potatoes' produce. In *Food for consumer well-being: Foodbalt: 9th Baltic Conference on Food Science and Technology* (pp. 217–222). Latvia: Latvia University of Agriculture.
- Thybo, A. K., Martens, H. J., & Lyshede, O. B., (1998). Texture and microstructure of steam cooked, vacuum packed potatoes. *Journal of Food Science*, 63(4), 692–695. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15814.x>
- Wills, R. B. H., & Suthilucksanavanish, K. (1991). Seasonal variation in vitamin C and nutrient composition of processed potato products. *Food Australia*, 43(1), 19–29.
- Wyka, J., Tajner-Czopek, A., Godyla, M., Witek, P., & Wilczek, W. (2017). Ocena zawartości witaminy c ziemniaku poddanym procesom technologicznym. *Prace Naukowe*, 494, 228–233. <https://doi.org/10.15611/pn.2017.494.20>
- Xu, D., Zhou, F., Jiang, H., Jiang, A., Wei, S., Gao, X., Chen, C., & Hu, W. (2020). Effect of Vacuum Combined with Light-Proof Packaging on Quality of Fresh-Cut Potatoes. *Shipin Kexue/Food Science*, 41(13), 184–192. <https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-20190704-059>

Comprehensive Assessment of Various Methods of Peeled Potatoes Preparation for Vacuum Packaging

Stanislav V. Maltsev

*Russian Potato Research Centre named after A.G. Lorkh
23 Lorkha st., Kraskovo vil., Lyubertsy district, Moscow region, 140051, Russian Federation
E-mail: stanmalcev@yandex.ru*

Sergey V. Andrianov

*Russian Potato Research Centre named after A.G. Lorkh
23 Lorkha st., Kraskovo vil., Lyubertsy district, Moscow region, 140051, Russian Federation
E-mail: and-585@yandex.ru*

Natalia V. Ilyukhina

*V.M. Gorbato Federal Research, Center for Food Systems of RAS
50, st. Lipetskaya, apt. 72, Moscow, 109316, Russian Federation
E-mail: inv63@mail.ru*

Anastasia Yu. Kolokolova

*All-Russian Research Institute of canning technology - branch
of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of RAS
5, st. 3rd Kuryanovskaya, apt. 19, Moscow, 142703, Russian Federation
E-mail: aykolokolova@yandex.ru*

Elena D. Goryacheva

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

Elizaveta V. Kryukova

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

The article presents the results of the comprehensive study of various methods of peeled potatoes preparation for vacuuming, including microbiological indicators assessment. The research were conducted in 2015-2018 at the experimental base of Russian Potato Research Centre (Moscow region, Lyuberetsky district). The objectives in four single-factor laboratory experiments were: 1. Depth of blade peeler cut. Options: A) 1-2 mm, B) 3-4 mm 2. Type of packaged product. Options: A) whole tubers, B) slices, C) bars); 3. Method of raw materials preparation. Options: A) drying, B) preservation C) heat treatment; 4. Storage temperature of vacuum-processed potatoes. Options: A) 2-3 °C, B) 5-6 °C, C) 18-20 °C. The quality of the semi-finished product in terms of the resistance of pulp to darkening and tuber turgor safety, as well as the quality of the final product after cooking was determined 5, 10, 15 and 20 days after vacuuming during processing in September. The quality assessment was carried out on a 9-point scale according to the guidelines for evaluating potato varieties for their suitability for processing and storage. As a result of research, it was found: 1. Depth of blade peeler cut (1-2 or 3-4 mm) did not affect significantly the quality of potatoes in vacuum packaging. Higher resistance of pulp to darkening and preservation of turgor were noted when vacuuming potatoes in form of whole tubers, less – in form of slices and bars (by 2.0-2.5 points). 2. Pre-drying of tubers contributed to the improvement of vacuumed potatoes consumer indicators. 3. Application of preservative sodium metabisulfite in concentrations of 1-2% increased the resistance of tubers to darkening by 0.5-1.5 points. However, there were also negative consequences - a decrease of tubers turgor, an increase of water content in tubers, the appearance of a sour

smell when opening the package, and after cooking, a dense shell was often observed on the surface of tubers, seriously impairing their taste and consistency. 4. When stored up to 15 days in vacuum package heat treatment of the potatoes is not required. It was also acceptable to cook the tubers for 30 minutes both before and after vacuuming. Such a way the final product was of high quality, but had a less presentable appearance. 5. The lower the storage temperature, the higher the resistance of the tubers' flesh to darkening, the higher the safety of their turgor and, in general, the longer the maximum storage period. 6. When storing potatoes in vacuum package, there was no significant decrease in vitamin «C» content (from 19.7 to 18.5 and from 29.0 to 28.2 mg%, depending on the variety). The content of nitrates during 15 days of storage in vacuum packaging decreased by 15-28%, depending on the variety.

Keywords: potatoes, vacuum packaging, sodium pyrosulfite, heat treatment, microbiological analyses, biochemical indicators of tubers

References

- Ionova, A. M., & Bruev, P. S. (1982). Prodlenie srokov khraneniya ochishchennogo kartofelya [Extending the shelf life of peeled potatoes]. *Konservnaya i ovoshchesushil'naya promyshlennost'* [Canning and vegetable drying industry], 7, 19-20.
- Ionova, A. M., & Bruev, P. S. (1983a). Izmenenie kachestva ochishchennogo kartofelya pri khranении [Quality changes of peeled potato during storage]. In *Khranenie plodoovoshchnoi produktsii i kartofelya: Sbornik nauchnykh trudov VASKhNIL* [Storage of fruits, vegetables and potatoes: Proceeding of scientific works All-Union Academy of Agricultural Sciences named after Lenin] (pp. 67-73). M.: VASKhNIL.
- Ionova, A. M., & Bruev, P. S. (1983b). Ob issledovanii sokhrannosti kachestva kartofelya v ochishchenom ot kozhitsy vide [About the study the keeping quality of peeled potatoes]. In *Tovarovedenie pishchevykh produktov: Mezhevuzovskii sbornik nauchnykh trudov* [Commodity Science of Food: Interuniversity Collection of Scientific Papers] (pp. 92-101). M.: VASKhNIL.
- Kozlova, L. N., Makhan'ko, V. L., Nezakonova, L. V., & Piskun, G. I. (2016). Belorusskie sorta kartofelya, prigodnye dlya vakuumirovaniya [Belarusian potato varieties suitable for vacuuming]. *Belorusskoe sel'skoe khozyaistvo* [Belarusian agriculture], 3, 60-63.
- Mal'tsev, S. V. (2017). Khranenie svezhego ochishchennogo kartofelya v vakuumnoi upakovke [Storage of fresh peeled potato in vacuum package]. *Zashchita kartofelya* [Potato protection], 1, 3-8.
- Mal'tsev, S. V. (2018). Prigodnost' ochishchennogo kartofelya k vakuumnoi upakovke i bystroj zamorozke [Suitability of peeled potatoes to vacuum packaging and quick freezing]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potato and vegetables], 4, 27-30. <https://doi.org/10.25630/PAV.2018.4.17627>
- Mal'tsev, S. V., & Pshechenkov, K. A. (2010). Sorta dlya polucheniya kartofelya bystrozamorozhennogo i v vakuumnoi upakovke [Varieties suitable for quick-frozen and vacuum-packed potatoes]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potato and vegetables], 8, 7.
- Balbino, S., Repajić, M., Solaric, T., Hunjek, D. D., Skevin, D., Kraljic, K., Obranovic, M., & Levaj, B. (2020). Oil uptake and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in fried fresh-cut potato: Effect of cultivar, anti-browning treatment and storage conditions. *Agronomy*, 10(11), 1773. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111773>
- Brecht, J. K. (1995). Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30(1), 18-22.
- Brody, A. (1989). Introduction. In: *Controlled/modified atmosphere/vacuum packaging of foods* (pp. 1-16). Trumbull: Food and Nutrition Press, Inc.
- Chassery, S., & Gormley, T. R. (1994). Quality and shelf life of pre-peeled vacuum packed potatoes. *Farm and Food*, 4(2), 30-32.
- Gorris, L. G. M., & Peppelenbos, H. W. (1992). Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. *HortTechnology*, 2, 303-309. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.2.3.303>
- Hägg, M., Häkkinen, U., Kumpulainen, J., Ahvenainen, R., & Hurme, E. (1998). Effects of preparation procedures, packaging and storage on nutrient retention in peeled potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(4), 519-526. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199808\)77:4<519::AID-JSFA75>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199808)77:4<519::AID-JSFA75>3.0.CO;2-C)
- Holland, B. (1993). *McCance and Widdowson's. The composition of Foods*. (5th ed.). London: Royal Society of Chemistry and MAFF.
- Hunjek, D. D., Pranjić, T., Repajić, M., & Levaj, B. (2020a). Fresh-cut potato quality and sensory: Effect of cultivar, age, processing, and cooking during storage. *Journal of Food Science*, 85(8), 2296-2309. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15353>
- Hunjek, D. D., Repajić, M., Ščetar, M., Karlović, S., Vahčić, N., Ježek, D., Galić, K., & Levaj, B. (2020). Effect of anti-browning agents and package atmosphere on the quality and sensory of fresh-cut Birgit and Lady Claire potato during storage at different temperatures. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(4), e14391. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14391>
- Jensen, K., Petersen, M. A., Poll, L., & Brockhoff, P. B. (1999). Influence of variety and growing location

- on the development of off-flavor in precooked vacuum-packed potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 1145-1149. <https://doi.org/10.1021/jf9807115>
- Laurila, E. K., Hurme, E. U., & Ahvenainen, R. J. (1998). Shelf life of sliced raw potatoes of various cultivar varieties. *Journal of Food Protection*, 61(10), 1363-1371. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-61.10.1363>
- Pineli, L. L. O., Moretti, C. L., Almeida, G. C., Onuki, A. C. A., & Nascimento, A. B. G. (2005). Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas [Chemical and physical characterization of fresh-cut 'Ágata' potatoes packed under different active modified atmospheres]. *Pesquisa Agropecuária Brasileira [Brazilian Agricultural Research]*, 40(10), 1035-1041. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2005001000013>
- Rocha, A. M. C. N., Coulon, E. C., & Morais, A. M. M. B. (2003). Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology*, 3(2), 81-88. <https://doi.org/10.1046/j.1471-5740.2003.00068.x>
- Ruzaike, A., Muizniece-Brasava, S., & Dukalska, L. (2014). Packaging material and storage-induced quality changes in flexible retort pouch potatoes' produce. In *Food for consumer well-being: Foodbalt: 9th Baltic Conference on Food Science and Technology* (pp. 217-222). Latvia: Latvia University of Agriculture.
- Thybo, A. K., Martens, H. J., & Lyshede, O. B., (1998). Texture and microstructure of steam cooked, vacuum packed potatoes. *Journal of Food Science*, 63(4), 692-695. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15814.x>
- Wills, R. B. H., & Suthilucksanavanish, K. (1991). Seasonal variation in vitamin C and nutrient composition of processed potato products. *Food Australia*, 43(1), 19-29.
- Wyka, J., Tajner-Czopek, A., Godyla, M., Witek, P., & Wilczek, W. (2017). Ocena zawartości witaminy c ziemniaku poddanym procesom technologicznym [Assessment of the vitamin c content n processed potatoes]. *Prace Naukowe [Research Papers]*, 494, 228-233. <https://doi.org/10.15611/pn.2017.494.20>
- Xu, D., Zhou, F., Jiang, H., Jiang, A., Wei, S., Gao, X., Chen, C., & Hu, W. (2020). Effect of Vacuum Combined with Light-Proof Packaging on Quality of Fresh-Cut Potatoes. *Shipin Kexue/Food Science*, 41(13), 184-192. <https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-20190704-059>

Влияние сортовых особенностей на количественные потери семенного и продовольственного картофеля при хранении

Шайдулина Татьяна Борисовна

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

Адрес: 650056, г. Кемерово, ул. Марковцева, д. 5

E-mail: tanechka42rus@yandex.ru

Кондратенко Екатерина Петровна

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

Адрес: 650056, г. Кемерово, ул. Марковцева, д. 5

E-mail: nir@ksai.ru

Соболева Ольга Михайловна

*Кемеровский государственный медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ,*

Адрес: 650056, г. Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22

E-mail: meer@yandex.ru

Сартакова Оксана Алексеевна

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

Адрес: 650056, г. Кемерово, ул. Марковцева, д. 5

E-mail: oksana_sartakova@mail.ru

Филипович Лариса Анатольевна

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

Адрес: ул. Марковцева, 5, Кемерово, 650056

E-mail: laf.47@yandex.ru

Мирошина Татьяна Александровна

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

Адрес: 650056, г. Кемерово, ул. Марковцева, д. 5

E-mail: intermir42@mail.ru

Послеуборочное управление качеством клубней картофеля направлено на продление периода покоя и уменьшение потерь. Объектами исследований являлись клубни картофеля сортов Зекура, Гала, Ред Скарлет, Розара и Невский. Закладка опытов и количественные потери при хранении были определены по методике К.А. Пшеченкова с соавторами (2003) путем учета убыли массы (естественная убыль) и абсолютного отхода. Убыль массы определяли путем взвешивания фиксированных сеток. При хранении партии семенного картофеля в количестве 1500 тонн естественная убыль массы в среднем по сортам составляла 7,4 %, а абсолютный отход – 3,7 %. Убыль массы не превышала утвержденные нормативные нормы – 7,3 %. Абсолютный отход за счет гнили также был незначительным. Хорошую сохранность клубней мы связываем с тем, что в хозяйстве перед посадкой клубни семенного и продовольственного картофеля обрабатывают инсекто-фунгицидным протравителем Престиж с нормой расхода 10 л/т. Немаловажным является и соблюдение режима хранения (оптимум в основной период хранения (октябрь, ноябрь) лежит в пределах + 3 °С, декабрь, январь, февраль, март от +1,5 °С до +2 °С, ОВВ – 90 %...93 %; апрель +4 °С...+5 °С (семенной), ОВВ составляет 93 %...95 %). При хранении продовольственного картофеля потери за счет

естественной убыли и абсолютного отхода были выше на 5,12 % и 1,47 % по сравнению с потерями семенного картофеля. Максимальные общие потери продовольственного картофеля при одном режиме хранения составляли у сорта Невский – 21,02 %, минимальные у сорта Гала – 14,7 %. Хорошо сохраняется сорт Зекура, потери за 9 месяцев хранения составляли 15,1 %.

Ключевые слова: картофель, сорт, хранение, убыль массы, абсолютный отход, общие потери

Введение

По данным Федеральной службы государственной статистики за 2019 год, картофель в Российской Федерации является одной из основных сельскохозяйственных культур, уступив зерновым (в т. ч. зернобобовым) и сахарной свекле. Валовой сбор его составляет 22,1 млн. тонн, урожайность – 17,8 т/га, что свидетельствует о довольно низком показателе, так как потенциал сортов, выращиваемых на территории России, не реализован даже наполовину¹.

В настоящее время сорту в сельском хозяйстве уделяется много внимания (Пшеченков & Давыденкова, 2003; Пшеченков, Зейрук, Еланский, Мальцев, & Прямов, 2016; Lyubimova & Eremin, 2018; Зейрук, Мальцев, Васильева, & Бызов, 2019). Оптимальная сортовая структура той или иной культуры позволяет максимально эффективно использовать ресурсы за счет варьирования продолжительности вегетационного периода, минимизации влияния погодно-климатических факторов, оптимизации процесса уборки, послеуборочной доработки, хранения и реализации продукции. В результате рентабельность таких товаропроизводителей увеличивается. Этот вопрос становится важным в связи с расширением экспорта сельскохозяйственной продукции, особенно картофеля, внутри Евразийского экономического союза (Нечаев, Писарев, & Писарева, 2018).

По данным В.Н. Зейрука с соавторами для лучшей сохранности клубней картофеля следует использовать обработку клубней химическими и биологическими препаратами Максим, Агат 25К, Вист, а также внедрять в производство систему активной вентиляции «Агро-7-Микроклимат» с автоматическим поддержанием оптимального температурно-влажностного режима (Зейрук, Мальцев, Васильева, & Бызов, 2019). Так, например, использование гидрофобного наносиликата для обработки клубней картофеля перед хранением предотвращает прорастание (Zhang, et al., 2018).

Согласно утверждению С.В. Мальцева с соавторами для хранения семенного картофеля необходимо использовать химические и физические методы воздействия на клубни (Мальцев, Абросимов, & Абашкин, 2019).

Сорта картофеля, обладающие стабильно высокой урожайностью, адаптивностью к различным условиям окружающей среды и другими ценными свойствами, например, устойчивостью к болезням и вредителям, высоко ценятся практиками (Pakul, Lapshinov, Gantimurova, & Kulikova, 2019).

В то же время сложившаяся ситуация с использованием имеющихся отечественных сортов картофеля требует серьезного улучшения. Из внесенных в Госреестр сортов только половина принадлежит разработкам российских селекционеров (Жевора, Анисимов, Симаков, Овэс, & Зебрин, 2019).

Однако даже внесение в Госреестр селекционных достижений еще не гарантирует коммерческий успех сорта у реальных товаропроизводителей. Поэтому в структуре посевных площадей доля отечественных сортов картофеля еще ниже. Большое количество иностранных сортов относительно российских особенно опасно в секторе крупнотоннажного производства картофеля, поскольку наметившаяся тенденция может создавать реальную угрозу дальнейшего уменьшения доли отечественных сортов (Osipov, Zhevora, & Yanushkina, 2019), что ставит под угрозу продовольственную безопасность России.

Для поддержания качества убранных клубней необходимо длительное их хранение, часто с использованием промышленных установок. В связи с этим сохранение качества картофеля имеет решающее значение для разных целей использования – на семенные цели, для свежего потребления или для перерабатывающей промышленности (Alamar, Tosetti, Landahl, Bermejo, & Leon 2017). Качество картофеля формируется в полевых условиях во время роста и развития растений и должно быть сохранено во время послеуборочной обработки и хранения (Ávila-Valdés, Quinet, Lutts,

¹ Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2019 году (2020). М.: Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 03.02.2021).

Martínez, & Lizana, 2020). Абиотические факторы, влияющие на зрелость клубней, сортовую и сезонную изменчивость, оказывают большое влияние на итоговое качество клубней при хранении.

После уборки управление качеством клубней направлено на то, чтобы продлить период покоя и ограничить потерю веса и качества клубней картофеля. Процессы, происходящие при хранении клубней в картофелехранилищах, – это естественный процесс старения клубней (Draie & Al-ABSI, 2018). Чтобы отсрочить этот процесс, крайне важны правильные условия хранения. На процесс старения влияет множество факторов, в том числе и сорт картофеля (Федотова, Тимошина, & Князева, 2017; Elmore, et al., 2015).

Картофель хранят в специализированных хранилищах насыпью или в контейнерах. Основная задача состоит в снижении влажности на поверхности клубней. По данным К.А. Пшеченкова с соавторами, отобранные клубни картофеля помещают сразу на хранение и начинают лечебный период. Он необходим для заживления механических повреждений, полученных в ходе проведения комплекса полевых работ, и удаления избыточной влаги с поверхностей клубней из-за интенсивного дыхания после уборки (Пшеченков & Мальцев, 2010; Пшеченков, Мальцев, Зейрук, Сазонова, & Ключев 2017; Stark, Thornton, & Nolte, 2020). При длительном хранении картофеля необходимо в хранилище поддерживать температурно-влажностный режим для сохранения качественных показателей клубней (Grudzińska & Mańkowski, 2018; Kedia, Kausley, & Rai, 2020; Valencia-Flórez, Trejo Escobar, Latorre Vásquez, Benavides, & Mejía España, 2019; Basie, Bekuzarova, Gazzaev, Dzedaev, & Tsarikaev, 2021).

Температура хранения в этот период должна составлять +15 °C ...+18 °C, относительная влажность воздуха (ОВВ) 95 % на протяжении 7...10 суток. Затем картофель постепенно охлаждают в течение 20-30 суток до установления в хранилище температуры +2 °C ...+4 °C.

В настоящее время существенным остается количество потерь при хранении, которое может оцениваться на уровне 1,5 млн. т. Одним из направлений решения проблем картофелеводства в Российской Федерации называется, в том числе, и разработка эффективных технологий уборки, хранения и защиты картофеля от патогенов и абиотических стрессов. Изучение сортовой изменчивости в структуре количественных потерь картофеля при хранении представляется актуальным (Prajapati, Patel, & Gami, 2020). В связи с

этим поставлена цель – исследовать влияние сортовых особенностей на количественные потери при длительном хранении семенного и продовольственного картофеля в условиях реальной сельскохозяйственной организации.

Исследование

Материалы

Объектами исследований являлись клубни картофеля 4-х сортов иностранной селекции Зекура, Гала, Ред Скарлет, Розара и один отечественной селекции Невский. Выбор определялся востребованностью этих сортов населением Кузбасса и другими регионами Российской Федерации, а также тем, что все сорта внесены в Государственный реестр селекционных достижений.

Сорт Гала, по данным Государственного реестра селекционных достижений, внесен в реестр в 2008 году. Сорт иностранной селекции (Германия). Раннеспелый, столового назначения. Растение средней высоты, многостебельное. Клубни и мякоть желтые. Глазки мелкие. Урожайность 30-50 т/га. Масса товарного клубня 120-150 г. Содержание крахмала 12-15 %. Пластичный сорт. Ценность сорта: высокая урожайность и товарность, устойчивость к комплексу болезней и хорошая сохранность в зимний период.

Сорт Зекура внесен в Государственный реестр в 1997 году. Сорт иностранной селекции (Германия). Среднеранний сорт, вегетационный период 90-100 дней. Масса товарного клубня 65-135 г. Цвет кожуры песчаный, мякоть желтая. Содержание крахмала – до 18 %. Сорт относят к диетическим из-за высокого содержания каротина. Преимущества: стабильность урожая и хорошая лежкость.

Сорт Ред Скарлет внесен в Государственный реестр в 2000 году. Сорт иностранной селекции (Нидерланды). Раннеспелый, вегетационный период 70-80 дней. Столового назначения. Клубни выровненные, цвет кожуры красный, мякоть желтая. Масса товарного клубня 60-125 г. Урожайность 27-28 т/га. Содержание крахмала 10,1-15,6 %. Ценность сорта: хорошо адаптирован к климатическим условиям Сибири, высокая урожайность, продолжительная лежкость.

Сорт Розара иностранной селекции (Германия), принят Государственным реестром в 1996 году, раннеспелый, вегетационный период 70-80 дней,

цвет кожуры клубней красный, мякоть желтая, неглубокие мелкие глазки, клубни ровные массой 81-115 г, урожайность 20-31 т/га. Клубни плохо хранятся в зимний период.

Сорт Невский российской селекции, внесен в Государственный реестр в 1982 году. Среднеранний столовый картофель, считается лучшим из отечественных, по урожайности приближается к голландским сортам, урожайность 38-50 т/га. Масса товарного клубня 90-130 г. Цвет кожуры желтый, мякоть кремовая. Содержание крахмала 10-12 %. Лежкость хорошая.

Методы исследования

В СПК «Береговой» для сохранения больших партий картофеля применяют специализированные стационарные хранилища. Хранилище железобетонного типа, перегородки деревянные, полы бетонные, высотой 6,5 м с импортным оборудованием для контроля за процессом хранения. Контроль полностью автоматизирован. Исходный семенной материал перед закладкой на хранение не имел больных, механически поврежденных клубней и полностью соответствовал ГОСТу 33996-2016². В хозяйстве принята дифференцированная температура хранения: отобранный картофель в лечебный период (сентябрь) хранят при температуре +15...+16 °С, относительная влажность воздуха (ОВВ) – 95 %; оптимум в основной период хранения (октябрь, ноябрь) лежит в пределах +3 °С, декабрь, январь, февраль, март от +1,5 °С до +2 °С, ОВВ – 90 %...93 %; апрель +4 °С...+5 °С (семенной), ОВВ составляет 93 %...95 %. Продовольственный картофель хранят 9 месяцев до мая включительно. Количественные потери при хранении были определены за весь период хранения путем учета убыли массы (естественная убыль) и абсолютного отхода. Убыль массы определяли путем взвешивания фиксированных сеток до и после хранения на технических весах. Опыт закладывали по методике К.А. Пшеченкова с соавторами (2003). В каждом хранилище в трёх зонах на глубину 0,5 м от верха закладывали контрольные сетки в пятикратной повторности в каждой зоне, отступив от боковых стен на 1 м. Всего на одно хранилище было заложено 15 сеток, каждого сорта по три сетки. Сетки по линии закладывали равномерно, на равном расстоянии друг от друга. Масса картофеля в каждой сетке 10 кг. Каждую сетку снабжали этикеткой из клеёнки, в которой указывалась масса, номер, сорт

и дата закладки. По каждой сетке расчёт проводили отдельно, а затем рассчитывали средний показатель по зонам и в среднем по хранилищу. На основании полученных данных определяли потери в целом за период хранения. Исходное качество закладываемого картофеля определяли на основании клубневого анализа по средней пробе из 100 клубней, составленной из разных мест насыпи картофеля. Повторность трёхкратная.

Математическую обработку проводили по методике Б.А. Доспехова³.

Процедура исследования.

Исследования проведены в СПК «Береговой» Кемеровской области расположенного на юго-востоке Западной Сибири в 2019-2020 гг. Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в слое 0-20 см – 7-9 %, pH = 5,3. Климат резко континентальный, среднегодовая сумма осадков 350-450 мм. Сумма положительных температур выше +10 °С составляет 1800-1900 °С, среднегодовое количество осадков ГТК – 1,2, что характеризует данную территорию как умеренно увлажненную. 2019 год характеризовался как вполне благоприятный для выращивания картофеля.

Зяблевую вспашку проводили осенью плугом ПН-3-35 на глубину 27 см. Весной при достижении физической спелости почвы проводили культивацию СМАРАГТ-8, доминирование DM-4000, а затем с минимальным разрывом по времени проводили посадку клубней картофеля четырехрядной картофелесажалкой с навигационной системой GRIMME GL-34 T. Для посадки использовали клубни массой 60-80 г. Густота посадки в среднем 3-4 тыс. кг на гектар, высота гребней 30 см. Семенной материал с переборкой и калибровкой на фракции подготавливали за 2-3 недели до посадки. Посадку проводили в первой декаде мая. Предшественник – зерновые.

Междурядья составляли 75 см, посадку клубней проводили на глубину 6-8 см с одновременным локальным внесением минеральных удобрений – диаммофоски с соотношением азота 10 %, фосфора и калия по 26 % из расчёта 450-500 кг/га в физическом весе.

Непосредственно во время посадки в сошнике картофелесажалки клубни обрабатывали универ-

² ГОСТ 33996-2016. (2016). Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества. М.: Стандартинформ.

³ Доспехов, Б. А. (2011). Методика полевого опыта: Учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. М.: Альянс.

сальным препаратом Престиж из расчета 10 л/га для борьбы с проволочником и колорадским жуком, а также против болезней при хранении. Для борьбы с однолетними и многолетними сорняками использовали послевсходовый гербицид Титус, СТС с нормой расхода 50 г/га. Обработку проводили опрыскивателем AMAZONE-3000. Уборку осуществляли картофелеуборочным комбайном GRIMME-SE 150-60.

Для послеуборочной обработки картофеля использовали сортировальный пункт КСП-15, где отделяли землю, мелкие, поврежденные и больные клубни. Отсортированный картофель транспортерами SH-200 подают к транспортеру укладчику SE-250, который формирует насыпь в секциях высотой 3 м для семенного картофеля и 4 м с использованием установок активного вентилирования.

Результаты исследования

и их обсуждение

Полученный урожай картофеля хозяйство СПК «Береговой» распределяет по нескольким направлениям (Таблица 1). В 2019 г. с площади 4295 га в среднем при урожайности 47 т/га предприятие собрало 20500 тонн картофеля.

Следует отметить, что переработкой картофеля предприятие не занимается, в основном реализует свежий урожай, хранит семенной до мая и продовольственный картофель до июня включительно.

Как видно из Таблицы 1, хозяйство реализует картофель на рынках сразу после уборки урожая в количестве 9 000 тонн. Семенной картофель в количестве

1 500 тонн и продовольственный в количестве 9 000 тонн хранят до июня включительно. Картофель с механическими повреждениями, мелкие клубни в количестве 1 000 тонн идет на корм скоту.

При хранении партии семенного картофеля с сентября по апрель (8 месяцев) в количестве 1500 тонн естественная убыль массы в среднем составляла 7,4 %, а абсолютный отход – 4,0 %. Сортовое распределение этого показателя представлено на Рисунке 1.

Анализ потерь при хранении семенного картофеля показывает, что лучше сохраняются такие сорта иностранной селекции, как Зекура, Гала и Ред Скарлет. В результате процессов дыхания и испарения воды при хранении происходит естественная убыль массы. Путем взвешивания фиксированных проб картофеля (заложенных в сетках) был рассчитан процент убыли массы. Естественная убыль сортов Зекура, Гала и Ред Скарлет была относительно низкой и составила 6 %...7 %. У сортов Розара и Невский этот показатель составлял 9 %, что в 1,4 раза больше, чем у вышеперечисленных сортов.

За счет поражения клубней семенного картофеля болезнями, а также за счет гнили и порчи грызунами за весь период хранения (абсолютный отход) потери по сортам были небольшие и составляли от 3 % (Ред Скарлет) до 5 % (Розара).

Как видно из расчетов, представленных в Таблице 2, убыль массы в физическом весе по сортам была неодинаковой и колебалась от 18,0 т (Невский) до 24,5 т (Зекура). Коэффициент вариации составил $V = 27$ %, что ниже 30 %. Это говорит о небольшой вариации естественной убыли по сортам. Общие потери за 8 мес. хранения семенного картофеля составляли 11,09 %. Минимальные по-

Таблица 1

Производство и распределение картофеля, СПК «Береговой», 2019 г.

Сорт	Площадь посадки, га	Урожайность, т/га	Валовой сбор, т	Распределение			
				реализация, т	семена, т	продовольственный, т	на корм, кг
Гала	97,0	50,0	4850	2500	350	1900	100
Ред Скарлет	117,0	50,0	5850	2500	350	2900	100
Зекура	85,5	45,0	3847,5	1500	347,5	1900	100
Розара	75,0	50,0	3750	1500	250	1650	350
Невский	55,0	40,0	2200	1000	200	650	350
Итого	4295	47,0	20500,0	9000	1500	9 000	1 000

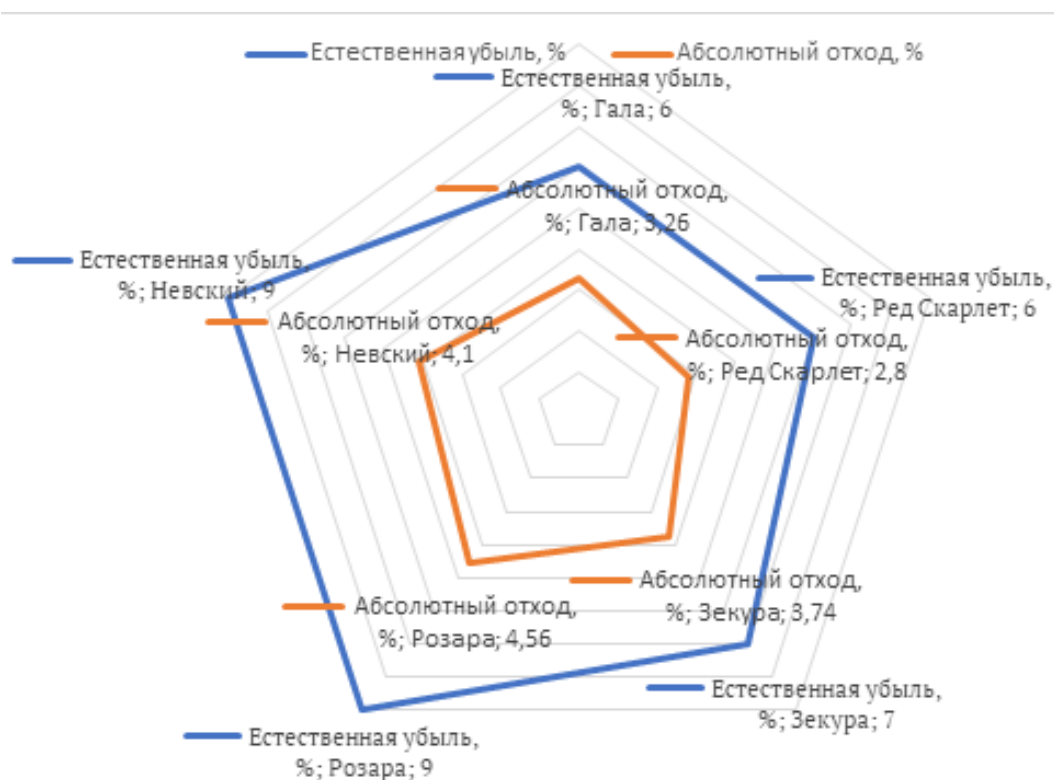


Рисунок 1. Потери за 8 месяцев (сентябрь-апрель) хранения семенного картофеля в СПК «Береговой», %

тери выявлены у сорта Ред Скарлет 8,8 %, а максимальные у сорта Розара 13,56 %. Коэффициент вариации составил $V = 30,1$ %.

Анализ хранения продовольственного картофеля показал, что общие потери после 9 месяцев хранения составляли 17,7 %

Таблица 2

Общие количественные потери (тонн) картофеля при длительном хранении, СПК «Береговой», 2019-2020 гг.

Сорт	Естественная убыль массы	%	Абсолют- ный отход	%	Общие потери	%
семенной картофель						
Гала	21,00	6,00	11,40	3,26	32,40	9,26
Ред Скарлет	21,00	6,00	9,80	2,80	30,80	8,80
Зекура	24,50	7,00	13,00	3,74	37,50	10,74
Розара	22,50	9,00	11,40	4,56	33,90	13,56
Невский	18,00	9,00	8,20	4,10	26,20	13,10
Итого	107,00	7,40	53,80	3,70	160,80	11,09
продовольственный картофель						
Гала	190,0	10,00	89,30	4,70	279,3	14,70
Ред Скарлет	362,0	12,50	164,90	5,70	526,9	18,20
Зекура	203,3	10,70	84,90	4,47	288,2	15,17
Розара	206,2	13,30	93,80	6,05	300,0	19,35
Невский	105,0	16,10	32,00	4,92	137,0	21,02
Итого	1 066,5	12,52	464,90	5,17	1531,4	17,70



Рисунок 2. Потери за 9 месяцев хранения продовольственного картофеля в СПК «Береговой», %

При хранении партии продовольственного картофеля (Рисунок 2) в количестве 9000 тонн естественная убыль массы в общем по сортам составила 12,52 %, а абсолютный отход – 5,17 %. По сортам наблюдаются колебания в потерях в массе за счет естественной убыли (дыхания и испарения воды) от 10,0 % (Гала) до 16,1 % (Невский), за счет абсолютного отхода в среднем по сортам 5,17 %, общие потери в зависимости от сорта составляли 14,7 %...21 %. Потери продовольственного картофеля за счет абсолютного отхода в среднем были выше на 1,47 %, чем при хранении семенного картофеля.

Потери в физическом весе продовольственного картофеля за счет естественной убыли колебались в зависимости от сортовых особенностей и массы, заложенной на хранение, от 105 т (Невский) до 362 т (Ред Скарлет). Выявлено, что абсолютный отход за 9 мес. хранения также варьировал от 32 т (Невский) до 164,9 т (Ред Скарлет).

Общие потери при хранении продовольственного картофеля составляли у сортов Ред Скарлет 18,2 %, Гала – 14,7 %, Зекура – 15,17 %, Невский – 21,0 %, Розара – 19,35 %.

Таким образом, необходимо внедрять в производство систему активной вентиляции с автоматическим поддержанием оптимального температурно-влажностного режима и проводить подбор сортов с длительным сроком хранения, на что указывают работы исследователей В.Н. Зейрука и К.А. Пшеченкова с соавторами.

Выводы

Таким образом, при хранении с сентября 2019 года по апрель 2020 года семенного картофеля навалом при высоте насыпи 3 м максимальные потери в стационарном хранилище с использованием установок активного вентилирования при температуре основного периода хранения +2 °С...+5 °С составляли у сортов Розара 13,56 %, Невский 13,1 %. Хорошо сохраняются сорта Ред Скарлет и Гала; их общие потери составляли от 8,8 % до 9,26 % соответственно.

При хранении продовольственного картофеля при высоте насыпи 4 м в стационарном хранилище на установках активного вентилирования при температуре хранения +1,5 °С...+4 °С за 9 месяцев хранения общие потери составляли 17,7 %.

При правильно подобранных сортах, хорошо организованной агротехнике возделывания семенного и продовольственного картофеля и при хорошей организации послеуборочной обработки и соблюдении режима хранения клубней картофеля в СПК «Береговой» общие потери при длительном сроке хранения незначительные. Общие потери для семенного картофеля составляли 11,09 %, а продовольственного 17,7 %. Установлено, что на общие потери при хранении влияют сортовые особенности культуры.

Литература

Жевора, С. В., Анисимов, Б. В., Симаков, Е. А., Овэс, Е. В., & Зебрин, С. Н. (2019). Картофель:

- Проблемы и перспективы. *Картофель и овощи*, 7, 2-7. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.89.92.006>
- Зейрук, В. Н., Мальцев, С. В., Васильева, С. В., & Бызов, В. А. (2019). Современные производственные факторы, определяющие биологическую и экономическую эффективность хранения картофеля. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 3, 20-28. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.177>
- Мальцев, С. В., Абросимов, Д. В., & Абашкин, О. В. (2019). Хранение семенного картофеля с использованием химических и физических методов воздействия на клубни. *Картофель и овощи*, 5, 31-34. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.30.88.007>
- Нечаев, В. И., Писарев, С. Л., & Писарева, Л. В. (2018). Организационный механизм формирования и развития рынка семенного картофеля в странах содружества ЕАЭС. *АПК: Экономика, управление*, 10, 106-111. <https://doi.org/10.33305/1810-106>
- Пшеченков, К. А., & Давыденкова, О. Н. (2003). Потребительские качества клубней и хранение картофеля в зависимости от сорта, условий выращивания и хранения. В *Вопросы картофелеводства: Научные труды* (с. 90-99). М.: ВНИИКС.
- Пшеченков, К. А., & Мальцев, С. В. (2010). *Методические рекомендации по технологии хранения различных сортов картофеля*. М.: ВНИИКС.
- Пшеченков, К. А., Зейрук, В. Н., Еланский, С. Н., Мальцев, С. В., & Прямов, С. Б. (2016). *Хранение картофеля*. М.: Агроспас.
- Пшеченков, К. А., Мальцев, С. В., Зейрук, В. Н., Сазонова, З. В., & Ключев, С. И. (2017). *Современные технологии хранения картофеля*. М.: ВНИИКС.
- Федотова, Л. С., Тимошина, Н. А., & Князева, Е. В. (2017). Динамика биохимических показателей картофеля в период хранения. *Картофель и овощи*, 1, 31-34.
- Alamar, M. C., Tosetti, R., Landahl, S., Bermejo, A., & Leon, A. T. (2017). Assuring potato tuber quality during storage: A future perspective. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2034. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02034>
- Ávila-Valdés, A., Quinet, M., Lutts, S., Martínez, J. P., Lizana, C. (2020). Tuber yield and quality responses of potato to moderate temperature increase during Tuber bulking under two water availability scenarios. *Field Crops Research*, 251, 107786. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107786>
- Basiev, S. S., Bekuzarova, S. A., Gazzaev, G. T., Dzedaev, Kh. T., & Tsarikaev, Z. A. (2021). Effective means of potatoes storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677(2), 022099. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022099>
- Draie, R., & Al-ABSI, M. (2018). Regulation and control of potato tuber dormancy and sprouting. *International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research*, 6(1), 4573-4583.
- Elmore, J. E., Briddon, A., Dodson, A. T., Muttucumaru, N., Halford, N. G., & Mottram, D. S. (2015). Acrylamide in potato crisps prepared from 20 UK-grown varieties: Effects of variety and tuber storage time. *Food Chemistry*, 182, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02>
- Grudzińska, M., & Mańkowski, D. (2018). Losses during Storage of Potato Varieties in Relation to Weather Conditions during the Vegetation Period and Temperatures during Long-Term Storage. *American Journal of Potato Research*, 95(2), 130-138. <https://doi.org/10.1007/s12230-017-9617-x>
- Kedia, P., Kausley, S. B., & Rai, B. (2020). Temperature and humidity based models for the prediction of transpiration rate in potatoes during storage. *Journal of Food Process Engineering*, 44(3), e13626. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13626>
- Lyubimova, A., & Eremin, D. (2018). Laboratory varietal control as a guarantee of successful work of agribusiness in Russia. *MATEC Web of Conferences*, 170, 04015. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817004015>
- Osipov, V., Zhevora, S., & Yanushkina, N. (2019). Efficiency of potato production: analysis of variation and differentiation of regions of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 274, 012060. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/274/1/012060>
- Pakul, V. N., Lapshinov, N. A., Gantimurova, A. N., & Kulikova, V. I. (2019). Donors of potato (*Solanum L.*) plasticity and yield stability traits in the environmental conditions of north forest steppe of Western Siberia. *Agricultural Biology*, 54(5), 978-989. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2019.5.978eng>
- Prajapati, D. R., Patel, R. N., & Gami, R. A. (2020). Study of genetic variability of tuberyield and storagerelated traits in potato (*Solanumtuberosum L.*). *International Journal of Chemical Studies*, 8(3), 188-192. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3c.9220>
- Stark, J. C., Thornton, M., & Nolte, P. (2020). *Potato Production Systems*. Springer: Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7>
- Valencia Flórez, L. F., Trejo Escobar, D. M., Latorre Vásquez, L. I., Benavides, A. M. H., & Mejía España, D. F. (2019). Influence of storage conditions on the quality of two varieties of native potato (*Solanum Tuberosum group phureja*). *Dyna*, 86(209), 49-55. <https://doi.org/10.15446/DYNA.V86N209.72958>
- Zhang, L., Li, M., Zhang, G., Wu, L., Cai, D., & Wu, Z. (2018). Inhibiting Sprouting and Decreasing α -Solanine Amount of Stored Potatoes Using Hydrophobic Nanosilica. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(8), 10517-10525. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b01860>

Seed and Food Potato Variety Characteristic Influence on Quantitative Loss During Storage Period

Tatiana B. Shaidulina

*Kuzbass State Agricultural Academy
5, Markovtsev st., Kemerovo, 650056, Russian Federation
E-mail: tanechka42rus@yandex.ru*

Ekaterina P. Kondratenko

*Kuzbass State Agricultural Academy
5, Markovtsev st., Kemerovo, 650056, Russian Federation
E-mail: nir@ksai.ru*

Olga M. Soboleva

*Kemerovo State Medical University of the Ministry
of Health of the Russian Federation
22, Voroshilov st., Kemerovo, 650056, Russian Federation
E-mail: meer@yandex.ru*

Oksana A. Sartakova

*Kuzbass State Agricultural Academy
5, Markovtsev st., Kemerovo, 650056, Russian Federation
E-mail: oksana_sartakova@mail.ru*

Larisa A. Filipovich

*Kuzbass State Agricultural Academy
5, Markovtsev st., Kemerovo, 650056, Russian Federation
E-mail: laf.47@yandex.ru*

Tatiana A. Miroshina

*Kuzbass State Agricultural Academy
5, Markovtsev st., Kemerovo, 650056, Russian Federation
E-mail: intermir42@mail.ru*

Post-harvest quality management of potato tubers is aimed at extending the dormancy period and reducing losses. The objects of research were potato tubers of varieties Zekura, Gala, Red Scarlet, Rosara and Nevsky. Test setting and quantitative storage losses were determined by the method of K.A. Pshechenkov et al (2002) by taking into account the loss in mass (natural loss) and absolute waste. The loss in mass was determined by weighing the fixed meshes. When storing a batch of seed potatoes in the amount of 1500 tons, the natural loss in weight on average for varieties was 7.4 % and the absolute waste was 4.0 %. The mass loss did not exceed the approved normative norms of 7.3 %. The absolute decay due to rot was also negligible. We associate the good preservation of tubers with the treatment the tubers of seed potatoes before laying for storage with the Prestige fungicide with a consumption rate of 0.7-1.0 l/t and observing the storage regime. During storage of food potatoes, losses due to natural loss and absolute waste were higher by 4.2 % and 1.7 % compared to losses of seed potatoes.

The maximum total loss of potatoes under one storage regime was 19 % for the varieties Rosara and Red Scarlet, the minimum for the variety Gala – 15 %. The varieties Zekura and Nevsky are well preserved. Their losses over 9 months of storage were 15.7 % and 16 %, respectively.

Key words: potatoes, variety, storage, weight loss, absolute waste, total losses, yield

References

- Fedotova, L. S., Timoshina, N. A., & Knyazeva, E. V. (2017). Dinamika biokhimicheskikh pokazatelei kartofelya v period khraneniya [Dynamics of potato biochemical parameters during storage]. *Kartofel' i ovoshchi [Potatoes and Vegetables]*, 1, 31-34.
- Mal'tsev, S. V., Abrosimov, D. V., & Abashkin, O. V. (2019). Khranenie semennogo kartofelya s ispol'zovaniem khimicheskikh i fizicheskikh metodov vozdviizheniya na klubni [Storage of seed potato using chemical and physical methods of exposure to tubers]. *Kartofel' i ovoshchi [Potatoes and Vegetables]*, 5, 31-34. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.30.88.007>
- Nechaev, V. I., Pisarev, S. L., & Pisareva, L. V. (2018). Organizatsionnyi mekhanizm formirovaniya i razvitiya rynka semennogo kartofelya v stranakh sodruzhestva EAES [Organizational mechanism for the formation and development of the seed potato market in the countries of the EAEU commonwealth]. *APK: Ekonomika, upravlenie [Agro-Industrial Complex: Economics, Management]*, 10, 106-111. <https://doi.org/10.33305/1810-106>
- Pshechenkov, K. A., & Davydenkova, O. N. (2003). Potrebitel'skie kachestva klubnei i khranenie kartofelya v zavisimosti ot sorta, uslovii vyrashchivaniya i khraneniya [Consumer qualities of tubers and storage of potatoes, depending on the variety, growing conditions and storage]. In *Voprosy kartofel'evodstva: Nauchnye trudy [Questions of potato growing: Scientific works]* (pp. 90-99). Moscow: VNIKKh.
- Pshechenkov, K. A., & Mal'tsev, S. V. (2010). Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologii khraneniya razlichnykh sortov kartofelya [Methodical recommendations for storage technology of various varieties of potatoes]. Moscow: VNIKKh.
- Pshechenkov, K. A., Mal'tsev, S. V., Zeiruk, V. N., Sazonova, Z. V., & Klyuev, S. I. (2017). Sovremennye tekhnologii khraneniya kartofelya [Modern technologies for storing potatoes]. Moscow: VNIKKh.
- Pshechenkov, K. A., Zeiruk, V. N., Elanskii, S. N., Mal'tsev, S. V., & Pryamov, S. B. (2016). Khranenie kartofelya [Potato storage]. Moscow: Agrosplas.
- Zeiruk, V. N., Mal'tsev, S. V., Vasil'eva, S. V., & Byzov, V. A. (2019). Sovremennye proizvodstvennye faktory, opredelyayushchie biologicheskuyu i ekonomicheskuyu effektivnost' khraneniya kartofelya [Modern production factors that determine the biological and economic efficiency of potato storage]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and Processing of Farm Products]*, 3, 20-28. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.177>
- Zhevora, S. V., Anisimov, B. V., Simakov, E. A., Oves, E. V., & Zebrin, S. N. (2019). Kartofel': Problemy i perspektivy [Potatoes: Problems and Prospects]. *Kartofel' i ovoshchi [Potatoes and Vegetables]*, 7, 2-7. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.89.92.006>
- Alamar, M. C., Tosetti, R., Landahl, S., Bermejo, A., & Leon, A. T. (2017). Assuring potato tuber quality during storage: A future perspective. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2034. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02034>
- Ávila-Valdés, A., Quinet, M., Lutts, S., Martínez, J. P., Lizana, C. (2020). Tuber yield and quality responses of potato to moderate temperature increase during Tuber bulking under two water availability scenarios. *Field Crops Research*, 251, 107786. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107786>
- Basiev, S. S., Bekuzarova, S. A., Gazzaev, G. T., Dzedaev, Kh. T., & Tsarikaev, Z. A. (2021). Effective means of potatoes storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677(2), 022099. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022099>
- Draie, R., & Al-ABSI, M. (2018). Regulation and control of potato tuber dormancy and sprouting. *International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research*, 6(1), 4573-4583.
- Elmore, J. E., Briddon, A., Dodson, A. T., Muttumamaru, N., Halford, N. G., & Mottram, D. S. (2015). Acrylamide in potato crisps prepared from 20 UK-grown varieties: Effects of variety and tuber storage time. *Food Chemistry*, 182, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02>
- Grudzińska, M., & Mańkowski, D. (2018). Losses during Storage of Potato Varieties in Relation to Weather Conditions during the Vegetation Period and Temperatures during Long-Term Storage. *American Journal of Potato Research*, 95(2), 130-138. <https://doi.org/10.1007/s12230-017-9617-x>
- Kedia, P., Kausley, S. B., & Rai, B. (2020). Temperature and humidity based models for the prediction of transpiration rate in potatoes during storage. *Journal of Food Process Engineering*, 44(3), e13626. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13626>
- Lyubimova, A., & Eremin, D. (2018). Laboratory varietal control as a guarantee of successful work of agribusiness in Russia. *MATEC Web of Conferences*, 170, 04015. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817004015>
- Osipov, V., Zhevora, S., & Yanushkina, N. (2019). Efficiency of potato production: analysis of variation and differentiation of regions of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 274, 012060. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/274/1/012060>
- Pakul, V. N., Lapshinov, N. A., Gantimurova, A. N., & Kulikova, V. I. (2019). Donors of potato (*Solanum L.*) plasticity and yield stability traits in the environmental conditions of north forest steppe of Western Siberia. *Agricultural Biology*, 54(5), 978-989. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2019.5.978eng>

- Prajapati, D. R., Patel, R. N., & Gami, R. A. (2020). Study of genetic variability of tuberyield and storagerelated traitsin potato (*Solanumtuberosum* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 8(3), 188-192. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3c.9220>
- Stark, J. C., Thornton, M., & Nolte, P. (2020). *Potato Production Systems*. Springer: Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7>
- Valencia Flórez, L. F., Trejo Escobar, D. M., Latorre Vásquez, L. I., Benavides, A. M. H., & Mejía Española, D. F. (2019). Influence of storage conditions on the quality of two varieties of native potato (*Solanum Tuberosum* group *phureja*). *Dyna*, 86(209), 49-55. <https://doi.org/10.15446/DYNA.V86N209.72958>
- Zhang, L., Li, M., Zhang, G., Wu, L., Cai, D., & Wu, Z. (2018). Inhibiting Sprouting and Decreasing α -Solanine Amount of Stored Potatoes Using Hydrophobic Nanosilica. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(8), 10517-10525. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b01860>

Мукомольные свойства озимых сортов зерна тритикале

Кандроков Роман Хажсетович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

E-mail: nart132007@mail.ru

Панкратов Георгий Несторович

ВНИИЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный

центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Адрес: 127434, Москва, ул. Дмитровское шоссе, д. 11.

E-mail: pankratof.gn@yandex.ru

Рындин Александр Алексеевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

E-mail: aleksandr-ryndin@rambler.ru

Конорев Павел Матвеевич

Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К.А. Тимирязева

Адрес: 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

E-mail: konorev@rgau-msha.ru

Использование в различных отраслях пищевой и перерабатывающей промышленности продуктов переработки нетрадиционной зерновой культуры - тритикале в настоящее время привлекает все большее внимание, как производителей зерна, так ученых в нашей стране и за рубежом. Обусловлено это обстоятельство увеличением посевных площадей, созданием озимых сортов зерна тритикале, включенных в реестр сортов, многочисленными исследованиями технологического, биохимического и биологического потенциала зерна тритикале. В связи с этим целью наших исследований стало определение потенциальных мукомольных свойств новых сортов зерна озимого тритикале как сырья для производства тритикалевой муки различного назначения. Объектом исследований потенциальных мукомольных свойств озимого зерна тритикале являются 5 новых сортов - Консул, Капрал, Ацтек, Корнет и Топаз. Определение потенциальных мукомольных свойств новых сортов тритикале проводили на лабораторных мельницах РСА-4 с нарезными и гладкими, микрошероховатыми вальцами. На всех драных системах и вымольной системе использовали рифленые вальцы с расположением рифлей острие по острию, а на размольных системам использовали вальцы с гладкой микрошероховатой поверхностью. Установлено наличие 3-х этапов формирования тритикалевой муки, что достаточно четко видно из графиков кумулятивных кривых. Первый участок – измельчение центральной части эндосперма и включает в себя 3-4 потока. Далее идет второй участок, на котором происходит измельчение эндосперма и периферийной части, включающий в себя 3-4 потока. На третьем, заключительном участке происходит вымол оболочек и включает в себя 3-4 потока. Общий выход тритикалевой муки из сорта Консул составил 73,8 % зольностью 0,80 %, из сорта Капрал составил 77,2 % зольностью 0,94 %, из сорта Ацтек составил 76,4 % зольностью 0,71 %, из сорта Корнет составил 75,6 % зольностью 0,82 %, из сорта Топаз составил 73,2 % зольностью 0,73 %. Наилучшими мукомольными свойствами из представленных образцов тритикале обладает сорт Ацтек выход тритикалевой муки высшего сорта Т-60 из которого составил 59,2% с зольностью 0,59 %.

Ключевые слова: озимое тритикале, мукомольные свойства, мука, выход, белизна, зольность, кумулятивная кривая

Введение

В стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности до 2030 года предусмотрен переход этих отраслей к модели инновационного

развития. Одними из приоритетных направлений долгосрочного периода являются: разработка биотехнологий, позволяющих расширить выработку продуктов нового поколения, в том числе хлебобулочной продукции, с заданными технологическими

и функциональными свойствами, переход к ресурсосберегающим технологиям, позволяющим вовлечь в хозяйственный оборот вторичные сырьевые ресурсы и обеспечить глубокую переработку сырья.

Тритикале – сравнительно новая сельскохозяйственная культура, используемая на пищевые и кормовые цели в Российской Федерации. В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в России (2020 г.), внесено 90 сортов озимого тритикале и 18 сортов ярового тритикале. Для сравнения в 2008 г. было внесено 45 сортов озимого тритикале и 3 сорта ярового тритикале, таким образом за последние 10 лет возросло более чем в 2 раза. Все новые сорта рекомендованы для использования на продовольственные цели.

Биопотенциал зерна тритикале в первую очередь зависит от сортовых особенностей и условий выращивания (Мелешкина и др., 2018). Пищевая ценность зерна оценивается высоким содержанием белка, незаменимых аминокислот, сбалансированностью аминокислотного состава (Мелешкина и др., 2018). Биологическая ценность продуктов переработки зерна тритикале обусловлена преобладанием водо- и соле- растворимых фракций белка и, как следствие, более высокой степенью усвоения белков тритикале, а также наличием витаминов, макро- и микроэлементов (Витол, Мелешкина, Кандроков, Вережникова, & Карпиленко, 2016; Витол, Мелешкина, Кандроков, Вережникова, & Карпиленко, 2017).

За последние 10 лет большие исследования по изучению технологических свойств различных сортов зерна тритикале проведены во ВНИИЗ – филиале ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. Эти исследования легли в основу разработанных и введенных в действие межгосударственных стандартов на пищевое зерно тритикале, на тритикалевую муку и тритикалевую крупу (Кандроков, Стариченков, & Штейнберг, 2015; Витол, Мелешкина, & Кандроков, 2016; Панкратов, Мелешкина, Кандроков, & Витол, 2016; Панкратов, Кандроков, & Щербакова, 2016; Кандроков, Панкратов, 2017; Meleshkina, Pankratov, Vitol, Kandrov, & Tulyakov, 2017; Kandrov, Pankratov, Meleshkina, Vitol, & Tulyakov, 2019).

Во ВНИИ хлебопекарной промышленности и Воронежском государственном университете инженерных технологий разработаны научные основы и технологические аспекты применения зерна тритикале в производстве хлебобулочных изделий (Карчевская, Дремучева, & Грабовец, 2013; Магомедов, Малютина, & Шапкарина, 2016).

В Кубанском государственном аграрном университете провели комплексные исследования технологических свойств зерна тритикале (Сокол, 2014).

Во ВНИИ Крахмалопродуктов разработали технологию производства сухого корма из вторичных продуктов переработки зерна тритикале на крахмал (Андреев, Носовская, Адикаева, Некрасова, & Гольдштейн, 2016).

Исследования зарубежных ученых, проведенные за последние годы, в основном, связаны с биологией видов тритикале и биобезопасностью при его росте и развитии, происхождением тритикале, промышленным производством

тритикале и его конкурентоспособностью с пшеницей, геномикой и биотехнологией зерна тритикале и продуктов его переработки (De Laethauwer, Reheul, De Riek, & Haesaert, 2012; Bona, et al., 2013; Dennett, Cooper, & Trethowan, 2013; Blum, 2014; He, et al., 2014; Dennett & Trethowan, 2013).

Цель данного исследования – определение потенциальных мукомольных свойств сортов зерна озимого тритикале как сырья для производства тритикалевой муки различного назначения.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены в лаборатории «Технология и техника мукомольного производства» ВНИИЗ - филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. Объекты исследований – сорта озимого тритикале (Консул, Капрал, Ацтек, Корнет, Топаз) селекции ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», урожая 2019 года. Определение потенциальных мукомольных свойств зерна проведено по разработанной лабораторной технологической схеме, включающей в себя 4 драных, 5-6 размольных и 1 вымольную систему (Кандроков, Стариченков, & Штейнберг, 2015). Измельчение осуществляли на размоло-сортирующих агрегатах РСА-4 с нарезными и гладкими, микрошероховатыми вальцами.

На всех драных системах и вымольной системе использовали рифленые вальцы с расположением рифлей острие по острию, а на размольных системам использовали вальцы с гладкой микрошероховатой поверхностью.

В качестве гидротермической обработки применяли способ холодного кондиционирования, как

наиболее распространенный и наиболее дешевый. Увлажнение проводили до конечной влажности 15,5-16 % и отволаживали в течение 10 часов.

Режимы и параметры измельчения на вальцовых станках для всех сортов озимого тритикале оставались неизменными. Просеивание промежуточных продуктов измельчения проводили на лабораторном отсеиве.

Зольность продуктов переработки новых сортов зерна тритикале определяли по ГОСТ 27494-2016¹, белизну по ГОСТ 26361-2013², влажность по ГОСТ 13586.5-2015³.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований провели лабораторные помолы представленных образцов зерна тритикале с определением выхода, влажности, белизны и зольности каждого отдельного потока тритикалевой муки. Всего потоков тритикалевой муки получилось от 11 до 12.

Полученные результаты лабораторного помола по определению потенциальных мукомольных свойств исходного образца зерна тритикале сорта Консул представлены в Таблице 1.

Полученные результаты лабораторного помола по определению потенциальных мукомольных свойств исходного образца зерна тритикале сорта Капрал представлены в Таблице 2.

Полученные результаты лабораторного помола по определению потенциальных мукомольных свойств исходного образца зерна тритикале сорта Ацтек представлены в Таблице 3.

Полученные результаты лабораторного помола по определению потенциальных мукомольных свойств исходного образца зерна тритикале сорта Корнет представлены в Таблице 4.

Полученные результаты лабораторного помола по определению потенциальных мукомольных свойств исходного образца зерна тритикале сорта Топаз представлены в Таблице 5.

Таблица 1

Выход, белизна и зольность продуктов размола зерна сорта Консул

Выход муки и отрубей по системам	Выход, %	Влажность, %	Белизна, ед. пр.	Зольность, %	Выход× Зольность
I дранная	8,8	15,8	48,0	0,83	7,30
II дранная	6,1	16,2	58,4	0,68	4,15
III дранная	6,1	15,8	53,0	0,79	4,82
IV дранная	3,1	15,0	41,6	1,1	3,41
1 размольная	16,3	15,6	58,7	0,59	9,62
2 размольная	14,3	15,2	60,3	0,63	9,01
3 размольная	5,5	15,2	57,3	0,67	3,69
4 размольная	3,8	14,4	48,0	0,79	3,00
5 размольная	2,7	14,8	51,6	0,82	2,21
6 размольная	1,0	14,6	11,8	2,12	2,12
7 размольная	6,1	14,4	4,3	1,55	9,46
Σ Муки	73,8			Z _{ср} = 0,80	58,78
Отруби 1	18,0	15,4	-	5,0	90
Отруби 2	8,2	13,6	-	4,63	37,97
Σ Отрубей	26,2		-	Z _{ср} = 4,88	127,97
Всего:	100			Ср. взвеш. = 1,87%	

¹ ГОСТ 27494-2016. (2019). Межгосударственный стандарт. Мука и отруби. Методы определения зольности. М.: Стандартинформ.

² ГОСТ 26361-2013. (2014). Межгосударственный стандарт. Мука. Метод определения белизны. М.: Стандартинформ.

³ ГОСТ 13586.5-2015. (2019). Межгосударственный стандарт. Мука. Метод определения влажности. М.: Стандартинформ.

Таблица 2

Выход, белизна и зольность продуктов размола зерна сорта Капрал

Выход муки и отрубей по системам	Выход, %	Влажность, %	Белизна, ед. пр.	Зольность, %	Выход× зольность
I дранная	4,8	14,2	30,8	0,96	4,61
II дранная	3,2	14,4	44,5	0,97	3,10
III дранная	6,0	14,2	47,9	1,0	6,0
IV дранная	1,6	13,4	30,7	1,58	2,53
1 размольная	23,5	13,8	58,4	0,65	15,28
2 размольная	10,5	13,8	55,5	0,69	7,25
3 размольная	6,0	13,6	48,3	0,79	4,74
4 размольная	5,1	13,6	47,9	0,82	4,18
5 размольная	8,2	13,4	49,6	0,92	7,54
6 размольная	1,3	13,0	-4,2	2,35	3,06
7 размольная	7,0	13,8	-14,5	2,03	14,21
Σ Муки	77,2			Z _{ср} = 0,94	72,49
Отруби 1	14,6	14,0	-	5,19	75,77
Отруби 2	8,2	13,2	-	4,96	40,67
Σ Отрубей	22,8	13,7	-	Z _{ср} = 5,11	116,45
Всего:	100			Ср. взвеш. = 1,89 %	

Таблица 3

Выход, белизна и зольность продуктов размола зерна сорта Ацтек

Выход муки и отрубей по системам	Выход, %	Влажность, %	Белизна, ед. пр.	Зольность, %	Выход× зольность
I дранная	7,3	15,8	51,8	0,84	6,13
II дранная	3,8	15,6	54,7	0,79	3,00
III дранная	4,1	15,0	51,2	0,83	3,40
IV дранная	1,9	15,0	42,5	1,12	2,13
1 размольная	23,0	15,2	64,5	0,54	12,42
2 размольная	9,2	15,2	59,7	0,53	4,88
3 размольная	5,4	14,8	55,9	0,59	3,19
4 размольная	4,1	14,8	56,3	0,57	2,34
5 размольная	9,6	14,6	61,8	0,60	5,76
6 размольная	1,6	13,6	12,7	2,03	3,25
7 размольная	6,4	13,6	8,9	1,23	7,87
Σ Муки	76,4			Z _{ср} = 0,71	54,36
Отруби 1	18,5	15,0	-	6,75	124,88
Отруби 2	5,1	13,2	-	4,71	24,02
Σ Отрубей	23,6		-	Z _{ср} = 6,31	148,90
Всего:	100			Ср. взвеш. = 2,03%	

Таблица 4

Выход, белизна и зольность продуктов размола зерна сорт Корнет

Выход муки и отрубей по системам	Выход, %	Влажность, %	Белизна, ед. пр.	Зольность, %	Выход× зольность
I дранная	7,1	14,0	42,5	0,93	6,60
II дранная	4,5	14,2	50,6	0,84	3,78
III дранная	5,5	13,6	48,8	0,93	5,12
IV дранная	2,6	12,8	38,0	1,28	3,33
1 размольная	15,7	13,6	57,9	0,58	9,11
2 размольная	10,3	13,6	55,3	0,56	5,77
3 размольная	5,8	13,0	49,6	0,54	3,13
4 размольная	4,5	13,0	48,9	0,67	3,02
5 размольная	7,4	13,0	56,4	0,78	5,77
6 размольная	4,2	12,6	49,9	0,84	3,53
7 размольная	0,9	12,6	-3,7	2,01	1,81
8 размольная	7,1	12,4	-11,2	1,54	10,93
Σ Муки	75,6			Zcp = 0,82	61,89
Отруби 1	14,8	12,8	-	5,05	74,74
Отруби 2	9,6	11,8	-	4,51	43,30
Σ Отрубей	24,4		-	Zcp = 4,84 118,04	
Всего:	100			Ср. взвеш. = 1,80 %	

Таблица 5

Выход, белизна и зольность продуктов размола зерна сорта Топаз

Выход муки и отрубей по системам	Выход, %	Влажность, %	Белизна, ед. пр.	Зольность, %	Выход× зольность
I дранная	6,7	15,4	52,2	0,79	5,29
II дранная	5,7	15,6	60,7	0,62	6,32
III дранная	7,0	15,6	59,6	0,64	4,48
IV дранная	2,3	15,0	41,8	1,09	2,51
1 размольная	15,8	15,4	68,3	0,53	8,37
2 размольная	10,4	14,8	61,4	0,57	5,93
3 размольная	6,7	15,0	59,2	0,58	3,89
4 размольная	4,4	14,8	57,6	0,61	2,68
5 размольная	3,4	14,6	57,3	0,70	2,38
6 размольная	1,7	14,6	14,8	2,17	3,69
7 размольная	9,1	14,6	8,1	1,19	10,83
Σ Муки	73,2			Zcp = 0,77	56,37
Отруби 1	18,4	15,4	-	5,67	104,33
Отруби 2	8,4	14,2	-	4,35	36,54
Σ Отрубей	26,8		-	Zcp = 5,26	140,87
Всего:	100			Ср. взвеш. = 1,97 %	

На втором этапе исследований построили кумулятивные кривые тритикалевой муки исследуемых образцов зерна тритикале. В Таблице 6 представлены данные, в т.ч. зольность каждого потока муки, его выход, выход муки по нарастающей, зольность умноженное на выход муки и средневзвешенную зольность, для построения кумулятивной кривой зольности тритикалевой муки из сорта тритикале Консул. Ранжирование данных представлено по нарастающему значению зольности.

На Рисунке 1 представлена кумулятивная кривая зольности тритикалевой муки сорта Консул.

Из Рисунка 1 видно, что кумулятивную кривую зольности тритикалевой муки сорта Консул можно разбить на три линейных участка, каждый из которых имеет соответствующий физический смысл. Первый участок – измельчение центральной части эндосперма зерна тритикале и включает в себя муку из 1-3 размольных систем и муку из II драной системы. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 42,2 %, а зольность муки – 0,63 %.

Далее следует второй линейный участок кумулятивной кривой, на котором происходит измельчение эндосперма и периферийной части,

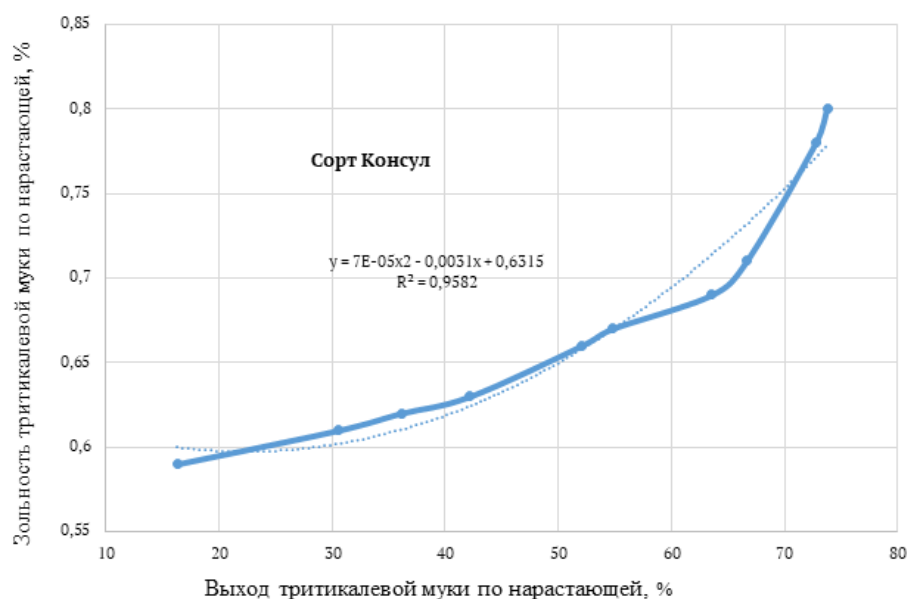


Рисунок 1. Кумулятивная кривая зольности тритикалевой муки сорта Консул

Таблица 6

Зависимость зольности тритикалевой муки от выхода сорта Консул

Технологическая система	Зольность муки, %	Выход муки, %	Суммарный выход муки, %	Выход× Зольность	Выход× Зольность	Средне-взвешенная зольность муки, %
1 размольная	0,59	16,3	16,3	9,617	9,617	0,59
2 размольная	0,63	14,3	30,6	9,009	18,626	0,61
3 размольная	0,67	5,5	36,1	3,685	22,311	0,62
II дранная	0,68	6,1	42,2	4,148	26,495	0,63
3 размольная система + III драная	0,79	9,9	52,1	7,821	34,316	0,66
4 размольная	0,82	2,7	54,8	2,214	36,530	0,67
I дранная	0,83	8,8	63,6	7,304	43,834	0,69
IV дранная	1,10	3,1	66,7	3,41	47,244	0,71
5 размольная	1,55	6,1	72,8	9,455	56,699	0,78
6 размольная	2,12	1,0	73,8	2,12	58,819	0,80

включающий в себя потоки муки из 3-4 размольных систем и муку из I и III драных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 24,5 %, а зольность муки – 0,85 %.

И на третьем, заключительном участке кумулятивной кривой происходит вымол тритикалевых оболочек и включает в себя потоки муки из I драной системы и 5-6 размольных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 7,1 %, а зольность муки – 1,65 %.

Общий выход тритикалевой муки из сорта Консул составил 73,8 % зольностью 0,80 %. Величина достоверности аппроксимации графика составила 0,96 и показывает высокую достоверность зависимости зольности тритикалевой муки от ее выхода.

Таким образом, можно на мукомольных заводах можно будет выделять три основных потока муки, из которых, в свою очередь, можно формировать различные сорта муки, предназначенные для хлебопекарных, кондитерских, макаронных и пище-концентратных предприятий.

В Таблице 7 представлены данные для построения кумулятивной кривой зольности тритикалевой муки из сорта тритикале Капрал. Ранжирование данных представлено по нарастающему значению зольности тритикалевой муки.

На Рисунке 2 представлена кумулятивная кривая зольности тритикалевой муки сорта Капрал.

Из Рисунка 2 видно, что кумулятивную кривую зольности тритикалевой муки сорта Капрал можно разбить на три линейных участка, каждый из которых имеет соответствующий физический смысл. Первый участок – измельчение центральной части эндосперма зерна тритикале и включает в себя муку из 1 и 2 размольных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 34,0 %, а зольность муки – 0,66 %.

Далее следует второй линейный участок кумулятивной кривой, на котором происходит измельчение эндосперма и периферийной части, включающий в себя потоки муки из 3-5 размольных систем и муку из I-III драных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 43,3 %, а зольность муки – 0,91 %.

И на третьем, заключительном участке кумулятивной кривой происходит вымол тритикалевых оболочек и включает в себя потоки муки из IV драной системы и 5-6 размольных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 9,9 %, а зольность муки – 2,00 %.

Общий выход тритикалевой муки из сорта Капрал составил 77,2 % зольностью 0,94 %. Величина достоверности аппроксимации графика составила 0,96 и показывает высокую достоверность зависимости зольности тритикалевой муки от ее выхода.

В Таблице 8 представлены данные для построения кумулятивной кривой зольности тритикалевой

Таблица 7

Зависимость зольности тритикалевой муки от выхода сорта Капрал

Технологическая система	Зольность муки, %	Выход муки, %	Суммарный выход муки, %	Выход× Зольность	Σ Выход× Зольность	Средне-взвешенная зольность муки, %
1 размольная	0,65	23,5	23,5	15,275	15,275	0,65
2 размольная	0,69	10,5	34,0	7,245	22,52	0,66
3 размольная	0,79	6,0	40,0	4,74	27,26	0,68
4 размольная	0,82	5,1	45,1	4,182	31,442	0,70
5 размольная	0,92	8,2	53,3	7,544	38,986	0,73
I дранная	0,96	4,8	58,1	4,608	43,594	0,75
II дранная	0,97	3,2	61,3	3,104	46,698	0,76
III дранная	1,0	6,0	67,3	6	52,698	0,78
IV дранная	1,58	1,6	68,9	2,528	55,226	0,80
7 размольная	2,03	7,0	75,9	14,21	69,436	0,91
6 размольная	2,35	1,3	77,2	3,055	72,486	0,94

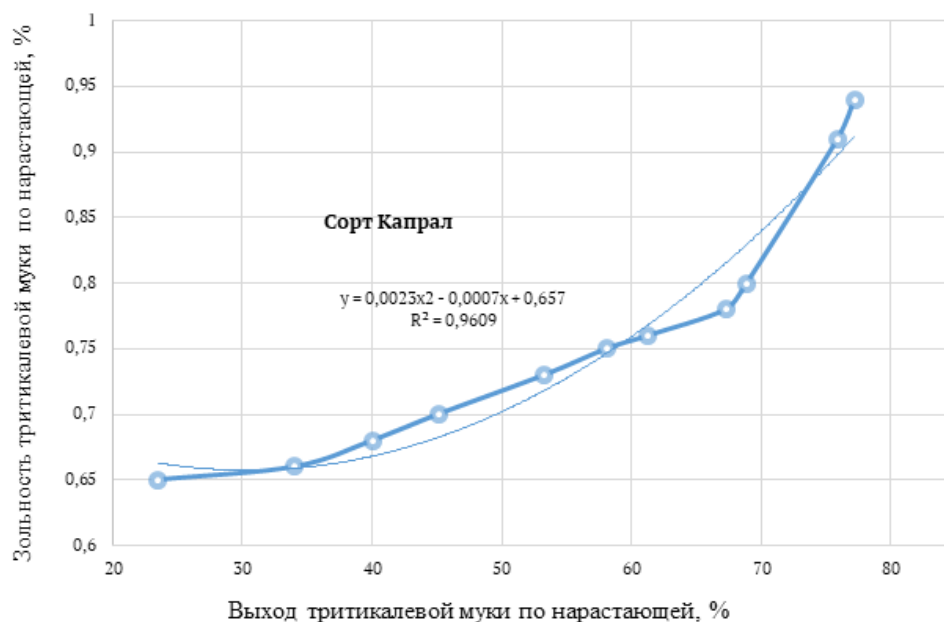


Рисунок 2. Кумулятивная кривая зольности тритикалевой муки сорта Капрал

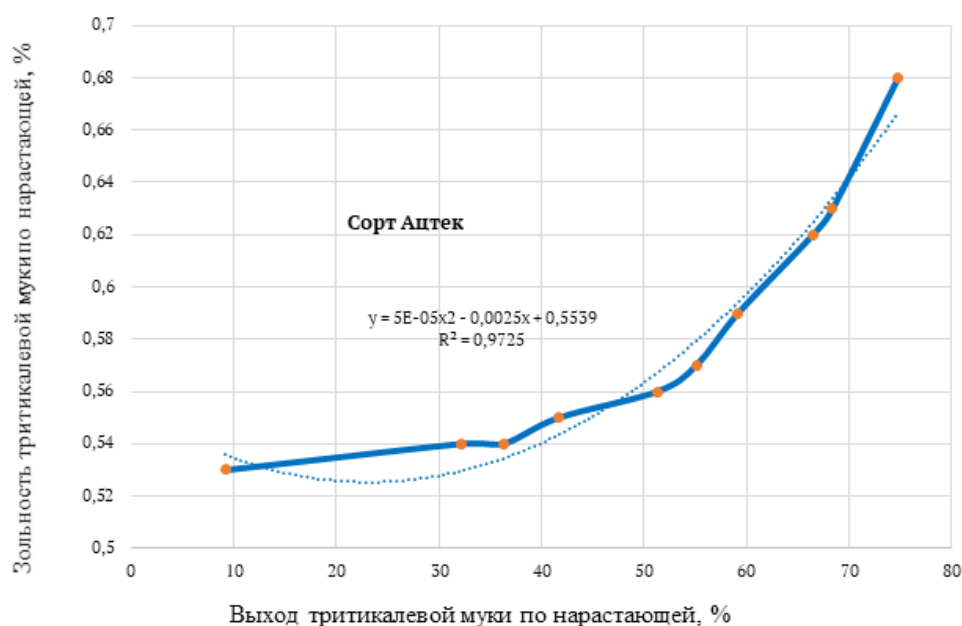


Рисунок 3. Кумулятивная кривая зольности тритикалевой муки сорта Ацтек

муки из сорта тритикале Ацтек. Ранжирование данных представлено по нарастающему значению зольности тритикалевой муки.

На Рисунке 3 представлена кумулятивная кривая зольности тритикалевой муки сорта Ацтек.

Из Рисунка 3 видно, что кумулятивную кривую зольности тритикалевой муки сорта Ацтек можно разбить на три линейных участка, каждый из которых имеет соответствующий физический смысл. Первый участок – измельчение центральной ча-

сти эндосперма зерна тритикале и включает в себя муку из 1, 2 и 4 размольных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 36,3 %, а зольность муки – 0,54 %.

Далее следует второй линейный участок кумулятивной кривой, на котором происходит измельчение эндосперма и периферийной части, включающий в себя потоки муки из 3, 5 размольных систем и муку из II и III драных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 22,9 %, а зольность муки – 0,67 %.

Таблица 8

Зависимость зольности тритикалевой муки от выхода сорта Ацтек

Технологическая система	Зольность муки, %	Выход муки, %	Суммарный выход муки, %	Выход× Зольность	Σ Выход× Зольность	Средне-взвешенная зольность муки, %
2 размольная	0,53	9,2	9,2	4,876	4,876	0,53
1 размольная	0,54	23,0	32,2	12,42	17,276	0,54
4 размольная	0,57	4,1	36,3	2,337	19,633	0,54
3 размольная	0,59	5,4	41,7	3,186	22,819	0,55
5 размольная	0,60	9,6	51,3	5,76	28,579	0,56
II дранная	0,79	3,8	55,1	3,002	31,581	0,57
III дранная	0,83	4,1	59,2	3,403	34,984	0,59
I дранная	0,84	7,3	66,5	6,132	41,116	0,62
IV дранная	1,12	1,9	68,4	2,128	43,244	0,63
7 размольная	1,23	6,4	74,8	7,872	51,116	0,68
6 размольная	2,03	1,6	76,4	3,248	54,364	0,71

Таблица 9

Зависимость зольности тритикалевой муки от выхода сорта Корнет

Технологическая система	Зольность муки, %	Выход муки, %	Суммарный выход муки, %	Выход× Зольность	Σ Выход× Зольность	Средне-взвешенная зольность муки, %
3 размольная	0,54	5,8	5,8	3,132	3,132	0,54
2 размольная	0,56	10,3	16,1	5,768	8,900	0,55
1 размольная	0,58	15,7	31,8	9,106	18,006	0,57
4 размольная	0,67	4,5	36,3	3,015	21,021	0,58
5 размольная	0,78	7,4	43,7	5,772	26,793	0,61
6 размольная	0,84	4,2	47,9	3,528	30,321	0,63
II дранная	0,84	4,5	52,4	3,78	34,101	0,65
I дранная	0,93	7,1	59,5	6,603	40,704	0,68
III дранная	0,93	5,5	65,0	5,115	45,819	0,70
IV дранная	1,28	2,6	67,6	3,328	49,147	0,73
8 размольная	1,54	7,1	74,7	10,934	60,081	0,80
7 размольная	2,01	0,9	75,6	1,809	61,89	0,82

И на третьем, заключительном участке кумулятивной кривой происходит вымол тритикалевых оболочек и включает в себя потоки муки из I и IV драных систем и 5-6 размольных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 17,2 %, а зольность муки – 1,13 %.

Общий выход тритикалевой муки из сорта Ацтек составил 76,4 % зольностью 0,71 %. Величина до-

стоверности аппроксимации графика составила 0,97 и показывает высокую достоверность зависимости зольности тритикалевой муки от ее выхода.

В Таблице 9 представлены данные для построения кумулятивной кривой зольности тритикалевой муки из сорта тритикале Корнет. Ранжирование данных представлено по нарастающему значению зольности тритикалевой муки.

На Рисунке 4 представлена кумулятивная кривая зольности тритикалевой муки сорта Корнет.

Из Рисунка 4 видно, что кумулятивную кривую зольности тритикалевой муки сорта Корнет можно разбить на три линейных участка, каждый из которых имеет соответствующий физический смысл. Первый участок – измельчение центральной части эндосперма зерна тритикале и включает в себя муку из 3, 2 и 1 размольных систем и муку из II и I драных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 31,8 %, а зольность муки – 0,57 %.

Далее следует второй линейный участок кумулятивной кривой, на котором происходит измельчение эндосперма и периферийной части, включающий в себя потоки муки из 4-6 размольных систем и муку из II и I драных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 27,7 %, а зольность муки – 0,82 %.

И на третьем, заключительном участке кумулятивной кривой происходит вымол тритикалевых оболочек и включает в себя потоки муки из III и IV драных систем и 6-7 размольных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 16,1 %, а зольность муки – 1,32 %.

Общий выход тритикалевой муки из сорта Корнет составил 75,6 % зольностью 0,82 %. Величина достоверности аппроксимации графика составила 0,99 и показывает высокую достоверность зависимости зольности тритикалевой муки от ее выхода.

В Таблице 10 представлены данные для построения кумулятивной кривой зольности тритикалевой муки из сорта тритикале Топаз. Ранжирование данных представлено по нарастающему значению зольности тритикалевой муки.

На Рисунке 5 представлена кумулятивная кривая зольности тритикалевой муки сорта Топаз.

Из Рисунка 5 видно, что кумулятивную кривую зольности тритикалевой муки сорта Топаз можно разбить на три линейных участка, каждый из которых имеет соответствующий физический смысл. Первый участок – измельчение центральной части эндосперма зерна тритикале и включает в себя муку из 1-4 размольных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 37,3 %, а зольность муки – 0,56 %.

Далее следует второй линейный участок кумулятивной кривой, на котором происходит измельчение эндосперма и периферийной части, включающий в себя потоки тритикалевой муки из II, III и I драных систем и поток муки из 5 размольной системы. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 22,8 %, а зольность муки – 0,69 %.

И на третьем, заключительном участке кумулятивной кривой происходит вымол тритикалевых оболочек и включает в себя потоки муки из IV драной системы и 5-6 размольных систем. Выход тритикалевой муки на этом участке составил 13,1 %, а зольность муки – 1,30 %.

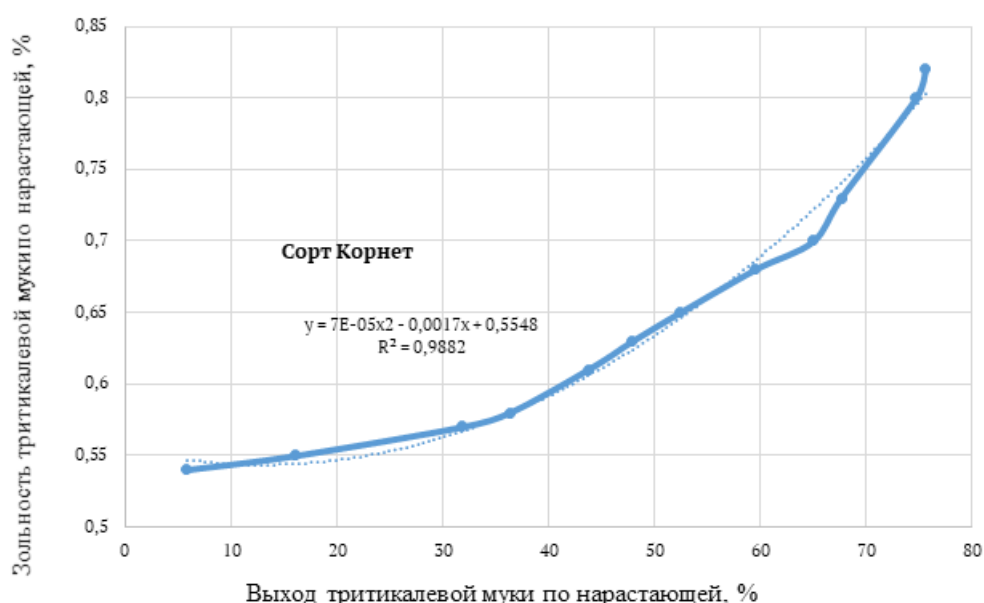


Рисунок 4. Кумулятивная кривая зольности тритикалевой муки сорта Корнет

Таблица 10

Зависимость зольности тритикалевой муки от выхода из сорта Топаз

Технологическая система	Зольность муки, %	Выход муки, %	Суммарный выход муки,	Выход× Зольность	Σ Выход× Зольность	Средне-взвешенная зольность муки, %
1 размольная	0,53	15,8	15,8	8,374	8,374	0,53
2 размольная	0,57	10,4	26,2	5,928	14,301	0,55
3 размольная	0,58	6,7	32,9	3,886	18,187	0,55
4 размольная	0,61	4,4	37,3	2,684	20,871	0,56
II дранная	0,62	5,7	43,0	3,534	24,405	0,57
III дранная	0,64	7,0	50,0	4,48	28,885	0,58
5 размольная	0,70	3,4	53,4	2,38	31,265	0,59
I дранная	0,79	6,7	60,1	5,293	36,558	0,61
IV дранная	1,09	2,3	62,4	2,507	39,065	0,63
7 размольная	1,19	9,1	71,5	10,829	49,894	0,70
6 размольная	2,17	1,7	73,2	3,689	53,583	0,73

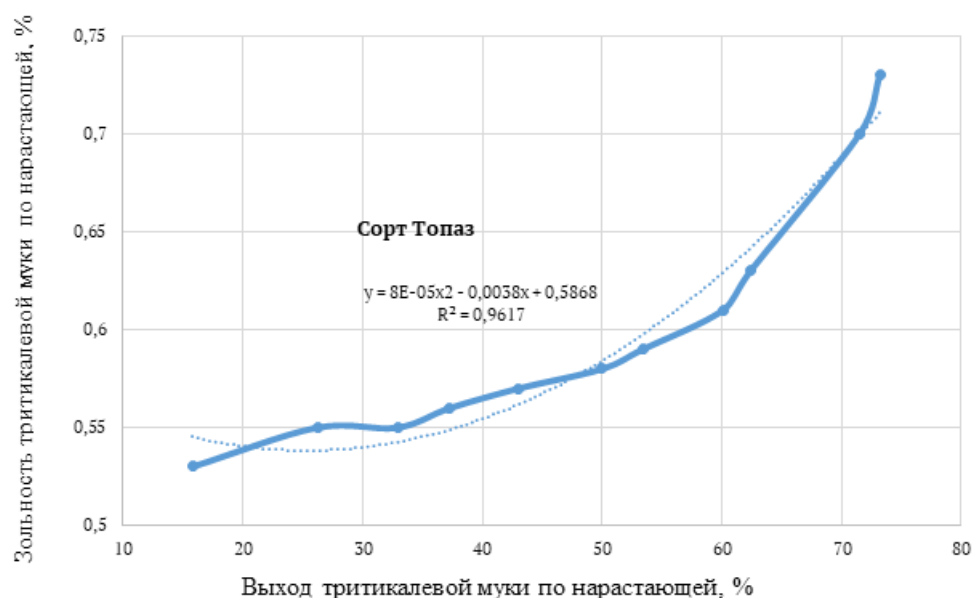


Рисунок 5. Кумулятивная кривая зольности тритикале сорта Топаз

Общий выход тритикалевой муки из сорта Топаз составил 73,2 % зольностью 0,73 %. Величина достоверности аппроксимации графика составила 0,96 и показывает высокую достоверность зависимости зольности тритикалевой муки от ее выхода.

Выводы

Таким образом, по результатам проведенных исследований, установлено наличие 3-х этапов формирования тритикалевой муки при переработке новых сортов зерна тритикале, что достаточно четко видно из графиков кумулятивных кривых.

Первый участок – измельчение центральной части эндосперма и включает в себя муку, полученную на 3-4-х размольных и одной драной технологических системах. Далее идет второй участок, на котором происходит измельчение эндосперма и периферийной части, включающий в себя 3-4 потока. На третьем, заключительном участке происходит вымол оболочек и включает в себя 3-4 потока. Общий выход тритикалевой муки из сорта Консул составил 73,8 % зольностью 0,80 %, из сорта Капрал составил 77,2 % зольностью 0,94 %, из сорта Ацтек составил 76,4 % зольностью 0,71 %, из сорта Корнет составил 75,6 % зольностью 0,82 %, из сорта Топаз составил 73,2 % зольностью 0,73 %.

Наилучшими мукомольными свойствами из представленных образцов тритикале обладает сорт Ацтек выход тритикалевой муки высшего сорта Т-60 из которого составил 59,2% с зольностью 0,59 %. Наихудшими мукомольными свойствами обладает сорт тритикале Капрал из которого не удалось получить ни одного процента тритикалевой муки высшего сорта Т-60. Установлено высокая достоверность зависимости зольности тритикалевой муки от ее выхода, которая составила 0,96-0,99.

Литература

- Андреев, Н. Р., Носовская, Л. П., Адикаева, Л. В., Некрасова, О. А., & Гольдштейн, В. Г. (2016). Качество сухого корма из вторичных продуктов переработки зерна тритикале на крахмал. *Достижения науки и техники АПК*, 30(11), 73-75.
- Витол, И. С., Мелешкина, Е. П., Кандроков, Р. Х., Вережникова, И. А., & Карпиленко, Г. П. (2017). Особенности биохимического состава тритикалевой муки разных сортов. *Хранение и переработка зерна*, 2, 30-32.
- Витол, И. С., Мелешкина, Е. П., Кандроков, Р. Х., Вережникова, И. А., & Карпиленко, Г. П. (2016). Биохимическая характеристика новых сортов тритикалевой муки. *Хлебопродукты*, 2, 42-43.
- Витол, И. С., Мелешкина, Е. П., & Кандроков, Р. Х. (2016). Продукты переработки зерна тритикале как объект для ферментативной модификации. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 9, 14-16.
- Кандроков, Р. Х., Стариченков, А. А., & Штейнберг, Т. С. (2015). Влияние ГТО на выход и качество тритикалевой муки. *Хлебопродукты*, 1, 64-65.
- Кандроков, Р. Х., & Панкратов, Г. Н. (2017). Технология переработки зерна тритикале в крупу типа «манная». *Хлебопродукты*, 1, 52-53.
- 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.
- Магомедов, Г. О., Малютина, Т. Н., & Шапкирина, А. И. (2016). Разработка технологии сбивных мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности с применением тритикалевой муки. *Вестник ВГУИТ*, 1, 106-109. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-1-106-109>
- Мелешкина, Е. П., Панкратов, Г. Н., Панкратьева, И. А., Чиркова, Л. В., Кандроков, Р. Х., Витол, И. С., Игорянова, Н. А., Политуха, О. В., & Туляков, Д. Г. (2018). *Тритикале (технологии переработки)*: Монография. М.: Изд-во ФЛИНТА.
- Панкратов, Г. Н., Мелешкина, Е. П., Кандроков, Р. Х., & Витол, И. С. (2016). Технологические свойства новых сортов тритикалевой муки. *Хлебопродукты*, 1, 60-62.
- Панкратов, Г. Н., Кандроков, Р. Х., & Щербакова, Е. В. (2016). Процесс измельчения зерна тритикале. *Хлебопродукты*, 10, 59-61.
- Сокол, Н. В. (2014). *Тритикале – хлебная культура*. Германия: Palmarium Academic Publishing.
- Blum, A. (2014). The abiotic stress response and adaptation of triticale – A review. *Cereal Research Communications*, 42(3), 359-375. <https://doi.org/10.1556/CRC.42.2014.3.1>
- Bona, L., Acs, E., Lantos, C., Purnhauser, L., Lango, B., & Tomoskozi, S. (2013). Human utilization of triticale: Technological and features, milling and baking experiments. In: *Abstracts 8th international triticale symposium* (p. 46). Ghent, Belgium.
- Dennett, A. L., Cooper, K. V., & Trethowan, R. M. (2013). The genotypic and phenotypic interaction of wheat and rye storage proteins in primary triticale. *Euphytica*, 194, 235-242. <https://doi.org/10.1007/s10681-013-0950-y>
- Dennett, A. L., & Trethowan, R. M. (2013). The influence of dual-purpose production on triticale grain quality. *Cereal Research Communications*, 41(3), 448-457. <https://doi.org/10.1556/CRC.2013.0022>
- De Laethauwer, S., Reheul, D., De Riek, J., & Haesaert, G. (2012). Vp1 expression profiles during kernel development in six genotypes of wheat, triticale and rye. *Euphytica*, 188, 61-70. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0613-9>
- He, M. L., McAllister, T. A., Hernandez-Calva, L. M., Aalhus, J. L., Dugan, M. E. R., & McKinnon, J. J. (2014). Effect of dietary inclusion of triticale dried distillers' grain and oilseeds on quality and fatty acid profile of meat from feedlot steers. *Meat Science*, 97(1), 76-82. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.01.008>
- Kandrokov, R., Pankratov, G., Meleshkina, E., Vitol, I., & Tulyakov D. (2019). Effective technological scheme for processing triticale grain into high-quality baker's grade flour. *Foods and Raw Materials*, 7(1), 107-117. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-107-117>
- Meleshkina, E. P., Pankratov, G. N., Vitol, I. S., Kandrokov, R. H., & Tulyakov, D. G. (2017). Innovative trends in the development of advanced Triticale grain processing technology. *Foods and Raw Materials*, 5(2), 70-82. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-70-82>

Milling properties of new grades of triticale grain

Roman Kh. Kandrov

FSBEI HE "Moscow State University of Food Production"
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: nart132007@mail.ru

Georgy N. Pankratov

VNIIZ - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbato" "RAS"
11, st. Dmitrovskoe highway, Moscow, 127434, Russian Federation
E-mail: pankratof.gn@yandex.ru

Alexander A. Ryndin

"Advanced food technology and food safety"
FSBEI HE "Moscow State University of Food Production"
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: aleksandr-ryndin@rambler.ru

Pavel M. Konorev

Russian State Agrarian University - Moscow
Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva
49, st. Timiryazevskaya, Moscow, 127550, Russian Federation
E-mail: konorev@rgau-msha.ru

The use in various branches of the food and processing industry of processed products of an unconventional grain crop - triticale, is currently attracting more and more attention from both grain producers and scientists in our country and abroad. This circumstance is due to the increase in acreage, the creation of winter varieties of triticale grain, included in the register of varieties, numerous studies of the technological, biochemical and biological potential of triticale grain. In this regard, the purpose of our research was to determine the potential milling properties of new varieties of winter triticale grain as a raw material for the production of triticale flour for various purposes. The object of research on the potential milling properties of winter grain triticale is 5 new varieties - Consul, Kapral, Aztec, Cornet and Topaz. The determination of the potential milling properties of new varieties of triticale was carried out on laboratory mills PCA-4 with rifled and smooth, microrough rollers. All torn systems and the grinding system used grooved rollers with a grooved edge on the tip, and the grinding systems used rollers with a smooth micro-rough surface. The presence of 3 stages of the formation of triticale flour was established, which is clearly seen from the graphs of the cumulative curves. The first section is the grinding of the central part of the endosperm and includes 3-4 streams. Next comes the second section, where the endosperm and the peripheral part are ground, which includes 3-4 streams. In the third, final section, the shells are ground out and includes 3-4 streams. The total yield of triticale flour from the Consul variety was 73.8% with an ash content of 0.80%, from the Kapral variety it was 77.2% with an ash content of 0.94%, from the Aztec variety it was 76.4% with an ash content of 0.71%, from the Cornet variety it was 75.6% ash content 0.82%, from Topaz grade it was 73.2% ash content 0.73%. The best milling properties of the presented samples of triticale are possessed by the Aztec variety, the yield of triticale flour of the highest grade T-60 of which was 59.2% with an ash content of 0.59%.

Keywords: winter triticale, milling properties, flour, yield, whiteness, ash content, cumulative curve

References

- Andreev, N. R., Nosovskaya, L. P., Adikaeva, L. V., Nekrasova, O. A., & Gol'dshtein, V. G. (2016). Kachestvo sukhogo korma iz vtorichnykh produktov pererabotki zerna tritikale na krakhmal [The quality of dry feed from secondary products of processing grain triticale for starch]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex]*, 30(11), 73-75.
- Kandrov, R. Kh., & Pankratov, G. N. (2017). Tekhnologiya pererabotki zerna tritikale v krupu

- tipa «mannaya» [Triticale grain processing technology in semolina type groats]. *Khleboprodukty [Bakery Products]*, 1, 52-53.
- Kandrokov, R. Kh., Starichenkov, A. A., & Shteinberg, T. S. (2015). Vliyanie GTO na vykhod i kachestvo tritikalevoi muki [The influence of the TRP on the exit and quality of triticale flour]. *Khleboprodukty [Bakery Products]*, 1, 64-65.
- Karchevskaya, O. V., Dremucheva, G. F., & Grabovets, A. I. (2013). Nauchnye osnovy i tekhnologicheskie aspekty primeneniya zerna tritikale v proizvodstve khlebobulochnykh izdelii [Scientific basis and technological aspects of the use of triticale grain in the production of bakery products]. *Khlebopochenie Rossii [Russian Bakery]*, 5, 28-29.
- Magomedov, G. O., Malyutina, T. N., & Shapkarina, A. I. (2016). Razrabotka tekhnologii sbivnykh muchnykh konditerskikh izdelii povyshennoi pishchevoi tsennosti s primeneniem tritikalevoi muki [Technology development whipped flour confectionery products of increased nutritional value with the use of triticale flour]. *Vestnik VGUIT [Voronezh State Technical University Bulletin]*, 1, 106-109. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-1-106-109>
- Meleshkina, E. P., Pankratov, G. N., Pankrat'eva, I. A., Chirkova, L. V., Kandrokov, R. Kh., Vitol, I. S., Igoryanova, N. A., Politukha, O. V., & Tulyakov, D. G. (2018). *Tritikale (tekhnologii pererabotki): Monografiya [Triticale (processing technology): Monograph]*. Moscow: Izd-vo FLINTA.
- Pankratov, G. N., Kandrokov, R. Kh., & Shcherbakova, E. V. (2016). Protsess izmel'cheniya zerna tritikale [Grain grinding process triticale]. *Khleboprodukty [Bakery Products]*, 10, 59-61.
- Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P., Kandrokov, R. Kh., & Vitol, I. S. (2016). Tekhnologicheskie svoystva novykh sortov tritikalevoi muki [Technological properties of new varieties of triticale flour]. *Khleboprodukty [Bakery Products]*, 1, 60-62.
- Sokol, N. V. (2014). *Tritikale – khlebnaya kul'tura [Triticale – grain culture]*. Germaniya: Palmarium Academic Publishing.
- Vitol, I. S., Meleshkina, E. P., & Kandrokov, R. Kh. (2016). Produkty pererabotki zerna tritikale kak ob'ekt dlya fermentativnoi modifikatsii [Grain processing products triticale as an object for enzymatic modification]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and Processing of Farm Products]*, 9, 14-16.
- Vitol, I. S., Meleshkina, E. P., Kandrokov, R. Kh., Verezhnikova, I. A., & Karpilenko, G. P. (2017). Osobennosti biokhimicheskogo sostava tritikalevoi muki raznykh sortov [Features of the biochemical composition of triticale flour of different varieties]. *Khranenie i pererabotka zerna [Storage and Processing of Grain]*, 2, 30-32.
- Vitol, I. S., Meleshkina, E. P., Kandrokov, R. Kh., Verezhnikova, I. A., & Karpilenko, G. P. (2016). Biokhimicheskaya kharakteristika novykh sortov tritikalevoi muki [Biochemical characteristics of new varieties of triticale flour]. *Khleboprodukty [Bread Products]*, 2, 42-43.
- Blum, A. (2014). The abiotic stress response and adaptation of triticale – A review. *Cereal Research Communications*, 42(3), 359-375. <https://doi.org/10.1556/CRC.42.2014.3.1>
- Bona, L., Acs, E., Lantos, C., Purnhauser, L., Lango, B., & Tomoskozi, S. (2013). Human utilization of triticale: Technological and features, milling and baking experiments. In: *Abstracts 8th international triticale symposium* (p. 46). Ghent, Belgium.
- Dennett, A. L., Cooper, K. V., & Trethowan, R. M. (2013). The genotypic and phenotypic interaction of wheat and rye storage proteins in primary triticale. *Euphytica*, 194, 235-242. <https://doi.org/10.1007/s10681-013-0950-y>
- Dennett, A. L., & Trethowan, R. M. (2013). The influence of dual-purpose production on triticale grain quality. *Cereal Research Communications*, 41(3), 448-457. <https://doi.org/10.1556/CRC.2013.0022>
- De Laethauwer, S., Reheul, D., De Riek, J., & Haesaert, G. (2012). Vp1 expression profiles during kernel development in six genotypes of wheat, triticale and rye. *Euphytica*, 188, 61-70. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0613-9>
- He, M. L., McAllister, T. A., Hernandez-Calva, L. M., Aalhus, J. L., Dugan, M. E. R., & McKinnon, J. J. (2014). Effect of dietary inclusion of triticale dried distillers' grain and oilseeds on quality and fatty acid profile of meat from feedlot steers. *Meat Science*, 97(1), 76-82. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.01.008>
- Kandrokov, R., Pankratov, G., Meleshkina, E., Vitol, I., & Tulyakov D. (2019). Effective technological scheme for processing triticale grain into high-quality baker's grade flour. *Foods and Raw Materials*, 7(1), 107-117. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-107-117>
- Meleshkina, E. P., Pankratov, G. N., Vitol, I. S., Kandrokov, R. H., & Tulyakov, D. G. (2017). Innovative trends in the development of advanced Triticale grain processing technology. *Foods and Raw Materials*, 5(2), 70-82. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-70-82>

Коллагенсодержащая продукция оленоводства: новые пути рационального использования

Гордиенко Инна Михайловна

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»
Адрес: 109472, Россия, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23
E-mail: inna.gordienko@gmail.com

Белевцова Дарья Валерьевна

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»
Адрес: 109472, Россия, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23
E-mail: aldalisa@mail.ru

Сапожникова Алла Ионовна

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»
Адрес: 109472, Россия, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23
E-mail: fibrilla@mail.ru

Чебакова Галина Викторовна

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»
Адрес: 109472, Россия, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23
E-mail: svetlana-podduiev@mail.ru

В статье представлены материалы по изучению возможности и разработке методики получения коллагена из лобашей северного оленя с перспективой использования его в пищевой промышленности. Результаты анализа химического состава и свойств лобашей дают основание сделать положительное заключение, о возможности использования для получения продуктов растворения коллагена (ПРК) рассматриваемого вида сырья, так как они содержат более 90% белка, в том числе 75% коллагена. Подобраны режимы технологических операций, позволяющие получить ПРК методом щелочно-солевой обработки исходного сырья с последующим растворением полуфабриката в уксусной кислоте и диализом полученного продукта. Установлено, что наиболее эффективным является использование щелочно-солевого раствора, содержащего 10% гидроксида натрия. При этом выход конечного продукта по массе в 9 раз превышает массу исходного сырья. Показано, что основным компонентом полученного продукта является коллаген (94 % от массы сухого остатка). Установлено, что по микробиологическим показателям ПРК соответствует требованиям, предъявляемым к пищевым продуктам. Добавление ПРК из лобашей северного оленя в качестве пищевой добавки в образцы мясных колбас и котлет улучшает показатели консистенции и сочности продуктов, что убедительно подтверждают результаты потребительской дегустации и проведенная органолептическая оценка. Таким образом, новый подход к рациональному использованию коллагенсодержащей продукции оленеводства позволит восполнить дефицит пищевого белка за счет экологически чистого сырья, в связи с тем, что олени не подвержены заболеванию губчатой энцефалопатией в отличие от крупного рогатого скота.

Ключевые слова: северный олень, лобаши, коллаген, коллагенсодержащее сырье, щелочно-солевая обработка, продукты растворения коллагена, пищевая добавка

Введение

Проблема рационального использования соединительнотканых белковых ресурсов, в том чис-

ле коллагенсодержащих, по-прежнему остается крайне актуальной и имеет большое значение, как для повышения эффективности производства, так и для решения вопросов, связанных с экологией

(Василевич, Горбачева, Сапожникова, & Гордиенко, 2019).

Соединительная ткань составляет 60-90 % от массы всех органов живого организма и выполняет структурообразующую, защитную и трофическую функции. Она содержит: 57,6-62,9% влаги, 33,4-41,5% белков, 1,0-1,1% жиров, 0,5% минеральных веществ и до 0,9% экстрактивных веществ (Михайлов, 1980).

Во внеклеточном матриксе соединительной ткани наиболее распространенными белками являются коллагеновые. Коллаген – фибриллярный белок, составляющий основу соединительной ткани организма (сухожилие, кость, хрящ, дерма и т. п.) и обеспечивающий её прочность и эластичность. Это наиболее распространенный протеин в животном мире, он составляет около 25-35 % полипептидов во всем организме (Михайлов, 1980).

В настоящее время коллаген широко используют в медицине, ветеринарии, в косметологии, в технологии кожевенного и мехового производств (Антипова, Сторублевцев, & Антипов, 2019; Мантурова и др., 2018; Неклюдов & Иванкин, 2007; Николаева & Шеховцов, 2014; Новикова & Сторублевцев, 2012; Ameye & Chee, 2006; Nakima et al., 2021). В последние годы растет интерес к коллагену как ингредиенту в рецептурах пищевых производств (Антипова и др., 2015; Белоусова, 2007; Кажымурат и др., 2017; Неклюдов, 2003; Югай & Бойцова, 2015; Hashim, Mohd Ridzwan, Bakar, & Mat Hashim, 2015; Dybka & Walczak, 2009; Lutfee et al., 2021), используемому для повышения эластичности, улучшения консистенции и стабилизации продуктов, их питательной и оздоровительной ценности. Кроме того, коллаген можно использовать не только в качестве белковой пищевой добавки, но и в качестве матрицы-носителя других пищевых добавок (Антипова, 1997).

Столь широкий перечень направлений использования коллагена обусловлен такими его свойствами как, гелеобразование, сгущение, текстурирование, способность к связыванию воды, образованию эмульсий, пены, стабилизации, адгезии и сцеплению, выполнению защитной коллоидной функции и образованию пленок. Коллаген является хорошим поверхностно-активным агентом и способен проникать в безлипидные границы раздела фаз (Борисенко, 1991).

Нативный коллаген нерастворим в воде, обладает устойчивостью к действию кислот, щелочей и органических растворителей. Коллаген обладает

сродством к воде – способен к поглощению влаги, с увеличением массы до 150-200%. Это обусловлено наличием активных полярных групп в боковых цепях его молекулы. В зависимости от возраста животного и источника получения коллагенсодержащего сырья его изоэлектрическая точка может изменяться в пределах от 6,4 до 7,2 pH. Степень набухания коллагена резко увеличивается при изменении pH водной среды в щелочную или кислотную область: при pH=12 до 800%, при pH = 2,3 до 1200%. Это свойство позволяет регулировать технологические процессы при обработке коллагенсодержащего сырья (Михайлов, 1980).

К сожалению, традиционно используемое коллагенсодержащее сырье, которое можно употреблять в пищевых целях, относится к медленно возобновляемым ресурсам. Существующий в настоящее время дефицит пищевого белка может быть восполнен за счет побочной продукции оленеводства, представляющей собой источник экологически чистого сырья в связи с тем, что олени не подвержены заболеванию губчатой энцефалопатией в отличие от крупного рогатого скота (Расказова & Гордиенко, 2020; Пухова, Горбачева, & Сухина, 2019).

Кафедра товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения имени С.А. Каспарьянца ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина активно участвует в исследованиях по комплексному использованию продукции оленеводства. В рамках проводимых исследований представляло интерес подтвердить перспективность использования лобашей северного оленя в качестве сырьевого ресурса для получения коллагена.

Северные олени – животные универсальной продуктивности. От них получают самую разнообразную продукцию: к основной относят мясо, к вторичной – шкуры, камусы (части шкуры, снятые с конечностей северного оленя), лобаши (часть шкуры, снятая с головы оленя), щетки (части шкуры, снятые с конечностей в районе копыта), а также шерсть, получаемую при обработке шкур или во время линьки животных (Мухачев, Лайшев, & Зеленский, 2007; Подкорытов, 2004; Реусова, Горбачева, & Новиков, 2019; Углов, Инербаева, Бородай, & Перфильева, 2015).

На сегодняшний день как в российских, так и в зарубежных источниках научной литературы есть данные о получении и применении коллагеновых субстанций различных форм в разных сферах, в том числе и в пищевом производстве (Антипова и

др., 2015; Юрай & Бойцова, 2015; Noorzai, Reinhard Verbeek, Lay, & Swan, 2020; Kumar Pal & Suresh, 2016; Da Silva Araújo et al., 2018), однако информация об использовании лобашей северного оленя в качестве источника получения растворов нативного коллагена отсутствует.

В связи с вышеизложенным, цель исследования – изучение возможности и разработка методики получения коллагена из лобашей северного оленя, с перспективой использования его в пищевой промышленности.

Материалы и методы

Объектами исследования служили:

- лобашки шкур северного оленя, поступившие из МУП «Мясоперерабатывающий комплекс «Паюта» (Ямало-Ненецкий автономный округ); законсервированы мокросолением сухим посолом;
- продукты растворения коллагена (ПРК), полученные из лобашей северного оленя.

Для получения ПРК использовали методику, описанную в Патент 2031597 РФ (1995)¹, суть которой заключается в том, что коллагенсодержащее сырье после измельчения и промывки подвергают щелочно-солевой обработке для разрыхления структуры соединительной ткани и удаления неколлагеновых сопутствующих компонентов с последующим растворением в слабой органической кислоте.

Изучение химического состава исходного сырья и ПРК проводили в соответствии с ГОСТ 38.1-67², ГОСТ 938.2-67³, ГОСТ 25011-2017⁴ и ГОСТ 23041-2015⁵.

Температуру сваривания и значение водородного показателя (рН) экспериментальных образцов

определяли по ГОСТ Р ИСО 3380-2013⁶ и ГОСТ 32089-2013⁷, соответственно.

Оценку микробиологических показателей качества ПРК проводили в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011⁸.

Качество мясных продуктов (котлет и колбас) с добавлением ПРК оценивали по результатам органолептической (ГОСТ 33673-2015⁹, ГОСТ 32951-2014¹⁰) и дегустационной оценки (ГОСТ 9959-2015¹¹).

Процедура исследования

Вначале образцы промывали, отмачивали, очищали механическим путем от прирезей мяса и жира. Затем проводили обезволашивание намазным способом смесью извести (СаО) и сульфида натрия (Na₂S) с последующей пролежкой и механическим снятием шерстного покрова, потерявшего связь с дермой.

С целью освобождения структуры голя от не связанной извести, гнейста и для нейтрализации осуществляли обеззоливание сульфатом аммония (NH₄)₂SO₄ по стандартной для кожевенного производства методике с последующей промывкой в проточной воде.

Подготовленные образцы подвергали обработке в течение 48 часов в одномолярном растворе сульфата натрия с концентрацией гидроксида натрия (NaOH) 5, 7 и 10 %.

Для оценки эффективности воздействия щелочно – солевого раствора с различными концентрациями гидроксида натрия определяли выход готового продукта по массе.

В процессе проведения всех этапов перевода лобашей северного оленя в растворимое состояние

¹ Каспарьянц, С. А., Сапожникова, А. И., Месропова, Н. В., Гордиенко, И. М., Акопян, В. Б., Петров, П. Е. (1995). РФ Патент № 2031597. Способ получения коллагенового золя. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2031597> (дата обращения: 03.03.2021).

² ГОСТ 38.1-67 (2015). Кожа. Метод определения содержания влаги. М.: Стандартинформ.

³ ГОСТ 938.2-67. (1967). Кожа. Метод определения содержания золы. М.: Госстандарт СССР.

⁴ ГОСТ 25011-2017. (2017). Мясо и мясные продукты. Методы определения белка. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 23041-2015 (2019). Мясо и мясные продукты. Метод определения оксипролина. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ Р ИСО 3380-2013 (2014). Кожа. Физические и механические испытания. Метод определения температуры сваривания кожаной ткани при нагревании до ста градусов Цельсия. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ 32089-2013 (2015). Кожа. Метод определения рН. М.: Стандартинформ.

⁸ ТР ТС 021/2011. (2019). О безопасности пищевой продукции. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 12.03.2021).

⁹ ГОСТ 33673-2015 (2017). Изделия колбасные вареные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ГОСТ 32951 Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ 9959-2015 (2017). Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. М.: Стандартинформ.

осуществляли определение изменения массы образцов после каждой проведенной операции, с целью оценки выхода готового продукта, как одного из показателей эффективности воздействия различных концентраций гидроксида натрия при щелочно-солевом воздействии.

По окончании цикла получения ПРК определяли содержание влаги и сухого остатка в полученном продукте.

На последнем этапе работы проводили органолептическую и дегустационную оценку образцов мясных колбас и котлет, при изготовлении которых в качестве пищевой добавки был использован полученный ПРК.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований с целью установления пригодности лобашей для получения продуктов растворения коллагена определяли содержание влаги, минеральных и жировых веществ, общего белка и коллагена по оксипролину. Кроме того, были определены показатели, косвенно характеризующие состояние сырья – температура сваривания и pH водной вытяжки (Таблица 1).

Проведенный анализ показал, что содержание белка в исследуемых образцах составляло порядка 90% от массы, а количество минеральных и несвязанных жировых веществ в сумме – менее 7 %.

Для парного сырья крупного рогатого скота, не подвергнутого порче показатель температуры сваривания должен соответствовать – 60 - 65°C, pH водной вытяжки – 6-7. Исследуемые образцы были охарактеризованы как качественные, поскольку

температура сваривания была равна 61,5°C, а pH водной вытяжки – 6,8.

Результаты эксперимента позволили сделать вывод о пригодности лобашей северного оленя можно рассматривать в качестве потенциального сырьевого источника для получения продуктов растворения коллагена.

В соответствии с данными литературы (Минкин, 1964; Стешов, 1965), выбор параметров растворения, обуславливающих максимально полную степень перевода исходного сырья в растворенное состояние, является одним из важнейших этапов технологического цикла получения продуктов растворения коллагена из коллагенсодержащего сырья. Подбор режима обработки, необходимого для получения ПРК из лобашей северного оленя был одним из основных этапов работы.

Результаты определения влаги и сухого остатка в образцах ПРК представлены в Таблице 2.

Полученные результаты показывают, что концентрация диализованных ПРК незначительно отличается по сухому остатку в зависимости от варианта концентрации используемых щелочно-солевых растворов.

Данные по изменению массы образцов на этапах подготовительного цикла обработки представлены в Таблице 3.

Установлено, что после обезволаживания, мездрения и обезжиривания масса исходного образца уменьшается почти в два раза. Обусловлено это полным удалением волосяного покрова и подкожно – жировой клетчатки, а также выведением компонентов небелкового происхождения в процессе проведенного цикла операций.

Таблица 1

Химический состав и показатели некоторых свойств исходного сырья

n=5

Образец	Анализируемые показатели							
	Сухой оста- ток, %	Влага, %	в пересчете на а. с. в. *, %				Темпе- ратура сварива- ния, °С	Водород- ный пока- затель (pH)
			Минераль- ные ве- щества	Жировые вещества	Общий белок	В т.ч. кол- лаген		
Лобашки северно- го оленя	93,0±5,5	7,0±0,6	5,5±0,4	1,3±0,1	89,9±5,1	75,0±4,3	61,5±0,2	6,8±0,1

*А.с.в. – абсолютно сухое вещество

Таблица 2

Содержание влаги и сухого остатка в ПРК (ср.знач.)

Образец ПРК	Концентрация NaOH в растворе, %					
	5		7		10	
	Показатели, %					
	Влага	Сухой остаток	Влага	Сухой остаток	Влага	Сухой остаток
До диализа	99,1	0,9	99,0	1,0	98,8	1,2
После диализа	98,5	1,5	98,6	1,4	98,7	1,3

Таблица 3

Масса образцов на подготовительном цикле обработки

Образец	Масса, г	% от исходной массы
Лобаша	1000	100,0
После обезволаживания и мездрения	670	67,0
После обеззоливания	510	51,0

Таблица 4

Зависимость выхода ПРК от варианта щелочно – солевой обработки (ср.знач.)

Образец	Концентрация NaOH в растворе, %					
	5		7		10	
	Анализируемый показатель					
	Масса, г	% от исход- ной массы	Масса, г	% от исход- ной массы	Масса, г	% от исход- ной массы
Исходное сырье	120,0	100,0	120,0	100,0	120,0	100,0
После щелочно- со- левой обработки	159,2	132,7	151,0	125,8	133,5	111,3
После соле- вой обработки	113,6	94,7	123,5	102,9	125,6	104,7
После нейтрализации	135,9	113,3	176,9	147,4	189,6	158
После растворения и гомогенизации	787	655,8	1235,0	1029,2	1785,0	1487,5
После диализа	391,0	367,5	661,0	550,8	1085,0	904,2

Масса образцов меняется также в зависимости от стадии перевода в растворимое состояние (Таблица 4).

Как следует из данных Таблицы 4, при обработке щелочно-солевым раствором, содержащим 5, 7 и 10% NaOH масса образцов увеличивается приблизительно на 33; 26 и 11 % соответственно. Это можно объяснить тем, что раствор с низким содержанием щелочи, вызывает боль-

шую степень набухания, чем растворы с более высоким содержанием щелочи, хотя они оказывают на структуру коллагенового белка более интенсивное деструктурирующее воздействие, что подтверждает переход образцов в диспергированное состояние. Масса диализованных ПРК, полученных после обработки 5, 7 и 10%-ным раствором NaOH, выше в 3,7; 5,5 и 9 раз, соответственно, в сравнении с массой исходных образцов.

По результатам проведенного исследования для включения в технологическую схему в качестве рабочего выбран вариант обработки щелочно-солевым раствором, содержащим 10 % NaOH.

Некоторые показатели, характеризующие качество ПРК, полученных по предлагаемой технологической схеме, представлены в Таблице 5.

Анализируя данные, представленные в таблице, следует отметить, что основным компонентом полученного продукта является белок – свыше 97% массы сухого остатка, причем порядка 94% от этого количества составляет коллаген. рН полученного продукта – 6,36.

На следующем этапе исследований оценивали ПРК из лобашей северного оленя по микробиологическим показателям согласно требованиям ТР ТС 021/2011, по которым количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов не должно превышать 1×10^5 КОЕ/г. Полученные результаты анализа показали, что наличие указанной микрофлоры в исследованном образце составило 1×10^3 КОЕ/г, что соответствует вышеуказанным требованиям.

Далее в процессе проведения работы были изготовлены по три образца мясных колбас и котлет, в

которых в качестве пищевой добавки был использован полученный ПРК:

№ образца	Вид продукта	Добавка ПРК, %
1	колбаса	0
2	колбаса	0,25
3	колбаса	0,5
4	котлета	0
5	котлета	0,25
6	котлета	0,5

Контрольные образцы 1 и 4 были изготовлены по традиционной рецептуре.

Исходя из предположения, что добавление ПРК увеличит водосвязывающую способность фарша, была проведена определение содержания влаги в исследуемых образцах (Таблица 6).

Как следует из представленных данных, добавление ПРК в мясной фарш несколько увеличивает массовую долю влаги в продуктах, из него изготовленных, что должно сказаться на повышении сочности и увеличении выхода готовой продукции.

Качество полученных продуктов оценивали по результатам органолептической и дегустационной оценки.

Таблица 5

Показатели некоторых свойств ПРК из лобашей северного оленя

n=5

Образец	Показатели					рН водной вытяжки
	Влага,%	Сухой остаток,%	В пересчете на абсолютно сухое вещество, %			
			Минераль- ные вещества	Общий белок	В т.ч. кол- лаген	
Отдизализованный ПРК	98,6±4,7	1,4±0,1	1,6±0,2	97,8±5,8	93,8±5,1	6,4±0,1

Таблица 6

Массовая доля влаги в образцах колбас и котлет с добавлением ПРК (ср.знач.)

№ образца	Вид продукта	Добавка ПРК, %	Содержание массовой доли влаги, %
1	колбаса	0	53,3
2	колбаса	0,25	53,8
3	колбаса	0,5	54,7
4	котлета	0	61,0
5	котлета	0,25	58,0
6	котлета	0,5	59,1

Согласно результатам органолептической оценки показателей мясных колбас, как контрольный, так и опытные образцы соответствовали требованиям ГОСТ 33673-2015. Проведенное исследование позволяет констатировать, что опытные образцы имели более плотную и упругую консистенцию по сравнению с контрольными. Это, вероятно, обусловлено добавлением ПРК.

Органолептическая оценка членами дегустационной комиссии изготовленных образцов котлет также показала соответствие всех проверенных образцов требованиям ГОСТ 32951-2014.

Результаты дегустационной оценки качества экспериментальных образцов продукции представлены в Таблицах 7 и 8.

По результатам дегустационной оценки, можно сделать вывод, что в среднем проанализированные показатели опытных образцов колбас и котлет выше, чем у контрольных образцов. При этом по таким показателям как сочность и консистенция разница весьма существенна и составляет по первому показателю для колбас от 50 до 200 %, для котлет – от 20 до 30% и по второму – для колбас от 10 до 35%, для котлет от 1 до 18%, соответственно.

Полученные результаты указывают на возможность и целесообразность использования ПРК из лобашей северного оленя в качестве влагоудерживающего компонента в рецептурах колбас и мясных кулинарных изделий и согласуются с мнением других исследователей, использовавших субстанции коллагена в пищевом производстве (Антипова, 2015).

Таблица 7
Дегустационная оценка качества колбас

n=6

Наименование показателя	Оценка продуктов по 9-бальной шкале		
	Анализируемый образец		
	1	2	3
Внешний вид	7,8	7,6	7,6
Консистенция	5,6	6,2	7
Вид на разрезе	7,0	7,2	7,0
Запах и вкус	6,8	7,2	7,6
Сочность	3,8	5,8	7,8
Общая оценка	6,2	6,8	7,4

Таблица 8
Дегустационная оценка качества котлет

n=6

Наименование показателя	Оценка продуктов по 9-бальной шкале		
	Анализируемый образец		
	4	5	6
Внешний вид	8,3	8,3	8,2
Вид на срезе	8,3	8,5	8,6
Цвет, запах, вкус	7,6	8,3	7,6
Сочность	6,3	8,3	7,6
Общая оценка	7,7	8,4	7,9

Выводы

Результаты анализа химического состава и свойств лобашей позволяют сделать вывод о том, что данный вид сырья можно рассматривать как

потенциальный источник для получения продуктов растворения коллагена.

Подобраны режимы технологических операций, позволяющие получить ПРК методом щелочно-со-

левой обработки исходного сырья с последующим растворением полуфабриката в уксусной кислоте и диализом полученного продукта.

Показано, что основным компонентом полученного продукта является коллаген.

Установлено, что по микробиологическим показателям ПРК соответствует требованиям ТР ТС 021/2011, предъявляемым к пищевым продуктам.

Проверка целесообразности использования ПРК из лобашей северного оленя в качестве пищевой добавки в образцах мясных колбас и котлет по результатам органолептической и потребительской дегустационной оценки показала, что добавление ПРК существенно улучшает показатели консистенции и сочности продуктов.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о целесообразности нового направления рационального использования такого вида побочной продукции оленеводства, как лобаша, в качестве экологически чистого источника сырья для получения из них продуктов растворения коллагена, что позволит заменить традиционно используемые для этих целей недубленые отходы кожевенного производства.

Литература

- Антипова, Л. В. (1997). *Основы рационального использования вторичного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности*. Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия.
- Антипова, Л. В., Сторублевцев, С. А., Антипов, С. С. (2019). *Коллагены: Источники, свойства, применение*. СПб.: Гиорд.
- Антипова, Л. В., Сторублевцев, С. А., Болгова, С. Б., Сухов, И. В., Матасова, К. В., Жданова, И. Ю., & Майорова, К. В. (2015). Применение коллагеновых субстанций в отраслях экономики. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 10(4), 601-604.
- Белоусова, Н. И. (2007). Комплексное использование сырья на предприятиях мясной промышленности. *Пищевая промышленность*, 7, 38-41.
- Борисенко, Л. Н. (1991). Утилизация кожевенных отходов и эффективность их использования в народном хозяйстве. *Кожевенная промышленность*, 2, 37.
- Василевич, Ф. И., Горбачева, М. В., Сапожникова, А. И., & Гордиенко, И. М. (2019). Комплексная экологически безопасная утилизация (рециклинг) вторичной продукции и отходов животного происхождения: Инновационные технические решения. В *Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии: Сборник научных трудов Международной учебно-методической и научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня основания ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА имени К. И. Скрябина* (с. 394-396). М.: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина.
- Кажымурат, А. Т., Уажанова, Р. У., Ахметсаядыков, Н. Н., Айдарова, М. М., Абдел, З. Ж., & Тютенов, К. С. (2017). Перспективы применения коллагена в пищевой промышленности. В *Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков: Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции* (с. 7-14). Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества.
- Мантурова, Н. Е., Иконникова, Е. В., Стенько, А. Г., Чайковская, Е. А., Петинати, Я. А., & Болгарина, А. А. (2018). Клиническая оценка эффективности коллагенотерапии в коррекции и профилактике инволютивных изменений кожи. *Клиническая дерматология и венерология*, 17(6), 107-115. <https://doi.org/10.17116/klinderma201817061107>
- Минкин, Е. В. (1964). *Влияние предварительной обработки коллагена на его растворение* [Дисс. канд. техн. наук, Моск. технол. ин-т легкой пром-сти]. М., Россия.
- Михайлов, А. Н. (1980). *Химия и физика коллагена кожного покрова: Монография*. М.: Легкая индустрия.
- Мухачев, А. Д., Лайшев, К. А., & Зеленский, В. М. (2007). *Мир северного оленя*. СПб.: Сибирское отделение Россельхозакадемии: ГНУ НИИСХ Крайнего Севера.
- Неклюдов, А. Д. (2003). Пищевые волокна животного происхождения. Коллаген и его фракции как необходимые компоненты новых и эффективных пищевых продуктов. *Прикладная биохимия и микробиология*, 39(3), 261-272.
- Неклюдов, А. Д., & Иванкин, А. Н. (2007). *Коллаген: Получение, свойства и применение: Монография*. М.: Изд-во Московского гос. ун-та леса.
- Николаева, Т. И., & Шеховцов, П. В. (2014). Гидролизаты коллагена в профилактике и лечении заболеваний суставов. *Фундаментальные исследования*, 12(3), 524-528.
- Новикова, И. С., & Сторублевцев, С. А. (2012). Применение коллагена в медицинских целях. *Успехи современного естествознания*, 6, 136.
- Подкорытов, Ф. М. (2004). *Северное оленеводство*. М.: Аграрная Россия.

- Пухова, И. Д., Горбачева, М. В., & Сухина, Т. В. (2019). Характеристика современного оленеводства российской федерации: Перспективы и вектор развития отрасли. В *Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии: Сборник научных трудов Международной учебно-методической и научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня основания ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА имени К. И. Скрябина* (с. 414-417). М.: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина.
- Рассказова, Ю. Н., & Гордиенко, И. М. (2020). Лобаш северного оленя, как сырье для получения продуктов растворения коллагена. В *Инновации в пищевой промышленности: Образование, наука, производство: Материалы 4-й всероссийской научно-практической конференции* (с. 118-122). Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет.
- Реусова, Т. В., Горбачева, М. В., & Новиков, М. В. (2019). Оценка качества и поиск нового подхода к сортировке невыделанных шкур северного оленя для рационального их использования и переработки. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*, 7, 41-48. <https://doi.org/10.26155/vet.zoo.bio.201907006>
- Стешов, Г. И. (1965). *Влияние щелочно-солевых обработок на изменение структуры коллагена и его растворимость* (Автореф. дис. канд. техн. наук). М.
- Углов, В. А., Инербаева, А. Т., Бородай, Е. В., & Перфильева, С. Н. (2015). Основные проблемы переработки продукции северного оленеводства и пути их решения. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 9(1), 31-34.
- Югай, А. В., & Бойцова, Т. М. (2015). К вопросу о многофункциональном использовании коллагена, получаемого из кожи рыб. *Фундаментальные исследования*, 2(4), 704-707.
- Dybka, K., & Walczak, P. (2009). Гидролизат коллагена как новая диетическая добавка. *Научный вестник лодзинского технического университета. Пищевая химия и биотехнология*, 73(1058), 83-92.
- Ameys, L. G., & Chee, W. S. S. (2006). Osteoarthritis and nutrition. From nutraceuticals to functional foods: A systematic review of the scientific evidence. *Arthritis Research and Therapy*, 8(4), R127. <https://doi.org/10.1186/ar2016>
- Da Silva Araújo, I. B., Bezerra, T. K. A., do Nascimento, E. S., de Almeida Gadelha, C. A., Santi-Gadelha, T., & Madruga, M. S. (2018). Optimal conditions for obtaining collagen from chicken feet and its characterization. *The Journal of Food Science and Technology*, 38(1), 167-173. <https://doi.org/10.1590/fst.27517>
- Hakima, T. R., Pratiwia, A., Jamharia, J., Fitriyanto, N. A., Rusman, R., Abidin, M. Z., Matulesya, D. N., & Erwanto, Y. (2021). Extraction of collagen from the skin of Kacang goat and production of its hydrolysate as an inhibitor of angiotensin converting enzyme. *Tropical Animal Science Journal*, 44(2), 222-228. <https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.2.222>
- Hashim, P., Mohd Ridzwan, M. S., Bakar, J., & Mat Hashim, D. (2015). Collagen in food and beverage industries. *International Food Research Journal*, 22(1), 1-8.
- Kumar Pal, G. K., & Suresh, P. V. (2016). Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, 201-215. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.03.015>
- Lutfee, T., Alwan, N. F., Alsaffar, M. A., Rahman Abdel Ghany, M. A., Mageed, A. K., & AbdulRazak, A. A. (2021). An overview of the prospects of extracting collagens from waste sources and its applications. *Chemical Papers*, 75, 6025-6033. <https://doi.org/10.1007/s11696-021-01768-8>
- Noorzai, S., Reinhard Verbeek, C. J., Lay, M. C., & Swan, J. (2020). Collagen extraction from various waste bovine hide sources. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 5687-5698 <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00843-2>

-Collagen-containing Products of Reindeer Husbandry: New Ways of Rational Use

Inna M. Gordienko

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow
State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin»
23, Akademika Skryabina str., Moscow, 109472, Russian Federation
E-mail: inna.gordienko@gmail.com*

Darya V. Belevtcova

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow
State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin»
23, Akademika Skryabina str., Moscow, 109472, Russian Federation
E-mail: aldalisa@mail.ru*

Alla I. Sapozhnikova,

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State
Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin»
23, Akademika Skryabina str., Moscow, 109472, Russian Federation
E-mail: fibrilla@mail.ru*

Galina V. Chebakova

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State
Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin»
23, Akademika Skryabina str., Moscow, 109472, Russian Federation
E-mail: svetlana-poddudev@mail.ru*

The article presents materials on the study of the possibility and development of a method for obtaining collagen from reindeer brow skin with the prospect of its use in the food industry. The results of the analysis of the chemical composition and properties of reindeer brow skin make it clear that this type of raw material can be considered as a potential source for the production of collagen dissolution products (CDP), since they contain more than 90% protein, including 75% collagen. Modes of technological operations are selected, which allow to obtain CDP by method of alkaline-salt treatment of initial raw material with subsequent dissolution of semi-finished product in acetic acid and dialysis of the obtained product. It has been found that the most effective is the use of an alkaline saline solution containing 10% sodium hydroxide. The yield of the final product is 9 times the weight of the raw material. Collagen (94% by weight of dry residue) has been shown to be the main component of the resulting product. According to microbiological indicators, the CDP meets the requirements for food products. Checking the feasibility of using CDP from reindeer brow skin as a food additive in samples of meat sausages and cutlets according to the results of an organoleptic and consumer tasting assessment showed that the addition of CDP significantly improves the consistency and juiciness of products. Thus, the new approach to the rational use of collagen-containing reindeer herding products will make it possible to compensate for the shortage of food protein through environmentally friendly raw materials, due to the fact that reindeer are not susceptible to spongy encephalopathy unlike cattle.

Keywords: reindeer, brow skin, collagen, collagen-containing raw materials, alkaline-salt treatment, collagen dissolution products, food additive

References

- Antipova, L. V. (1997). *Osnovy ratsional'nogo ispol'zovaniya vtorichnogo kollagensoderzhashchego syr'ya myasnoi promyshlennosti* [Fundamentals of the rational use of secondary collagen-containing raw materials in the meat industry: Monograph]. Voronezh: Voronezhskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya.
- Antipova, L. V., Storublevtsev, S. A., Antipov, S. S. (2019). *Kollageny: Istochniki, svoistva, primeneniye*

- Monografiya [Collagens: Sources, properties, application: Monograph]*. S-Petersburg: Giord.
- Antipova, L. V., Storublevtsev, S. A., Bolgova, S. B., Sukhov, I. V., Matasova, K. V., Zhdanova, I. Yu., & Maiorova, K. V. (2015). *Primenenie kollagenovykh substantsiy v otraslyakh ekonomiki [The use of collagen substances in the sectors of the economy]*. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy [International Journal of Applied and Basic Research]*, 10(4), 601-604.
- Belousova, N. I. (2007). *Kompleksnoe ispol'zovanie syr'ya na predpriyatiyakh myasnoi promyshlennosti [Complex use of raw materials at meat industry enterprises]*. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*, 7, 38-41.
- Borisenko, L. N. (1991). *Utilizatsiya kozhevennykh otkhodov i effektivnost' ikh ispol'zovaniya v narodnom khozyaistve [Utilization of leather waste and the efficiency of their use in the national economy]*. *Kozhevennaya promyshlennost' [Leather Industry]*, 2, 37.
- Vasilevich, F. I., Gorbacheva, M. V., Sapozhnikova, A. I., & Gordienko, I. M. (2019). *Kompleksnaya ekologicheski bezopasnaya utilizatsiya (retsikling) vtorichnoi produkt-sii i otkhodov zhivotnogo proiskhozhdeniya: Itekhnicheskie resheniya [Integrated environmentally friendly disposal (recycling) of secondary products and animal waste: Innovative technical solutions]*. In *Aktual'nye problemy veterinarnoi meditsiny, zootehnii i biotekhnologii: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi uchebno-metodicheskoi i nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu so dnya osnovaniya FGBOU VO MGAVMiB - MVA imeni K. I. Skryabina [Actual problems of veterinary medicine, zootechnology and biotechnology. Collection of scientific papers of the International educational-methodical and scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the founding of the FSBEI HE MGAVMiB - MBA named after K. I. Skryabin]* (pp. 394-396). Moscow: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Moskovskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny i biotekhnologii - MVA imeni K.I. Skryabina».
- Kazhymurat, A. T., Uazhanova, R. U., Akhmetsadykov, N. N., Aidarova, M. M., Abdel, Z. Zh., & Tyutenov, K. S. (2017). *Perspektivy primeneniya kollagena v pishchevoi promyshlennosti [Prospects for the use of collagen in the food industry]*. In *Sel'skokhozyaistvennyye nauki i agropromyshlennyyi kompleks na rubezhe vekov: Sbornik materialov XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Agricultural sciences and agro-industrial complex at the turn of the century: Proceedings of the 18th International scientific and practical conference]* (pp. 7-14). Novosibirsk: Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennost'yu "Tsentr razvitiya nauchnogo sotrudnichestva".
- Manturova, N. E., Ikonnikova, E. V., Sten'ko, A. G., Chaikovskaya, E. A., Petinati, Ya. A., & Bolgarina, A. A. (2018). *Klinicheskaya otsenka effektivnosti kollagenoterapii v korrektsii i profilaktike involutivnykh izmenenii kozhi [Clinical assessment of the effectiveness of collagen therapy in the correction and prevention of involutive skin changes]*. *Klinicheskaya dermatologiya i venerologiya [Clinical Dermatology and Venereology]*, 17(6), 107-115. <https://doi.org/10.17116/klinderma201817061107>
- Minkin, E. V. (1964). *Vliyanie predvaritel'noi obrabotki kollagena na ego rastvorenie [Candidate dissertation, Moscow Technological Institute of Light Industry]*. Moscow, Russia.
- Mikhailov, A. N. (1980). *Khimiya i fizika kollagena kozhnogo pokrova: Monografiya [Chemistry and Physics of Skin Collagen: Monograph]*. Moscow: Legkaya industriya.
- Mukhachev, A. D., Laishev, K. A., & Zelenskii, V. M. (2007). *Mir severnogo olenya [Reindeer world]*. S-Petersburg: Sibirskoe otd-nie Rossel'khozakademii: GNU NIISKh Krainego Severa.
- Neklyudov, A. D. (2003). *Pishchevye volokna zhivotnogo proiskhozhdeniya. Kollagen i ego fraktsii kak neobkhodimye komponenty novykh i effektivnykh pishchevykh produktov [Dietary fiber of animal origin. Collagen and its fractions as essential components of new and effective food products]*. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya [Applied Biochemistry and Microbiology]*, 39(3), 261-272.
- Neklyudov, A. D., & Ivankin, A. N. (2007). *Kollagen: Poluchenie, svoistva i primeneniye: Monografiya [Collagen: Obtaining, properties and application: Monograph]*. Moscow: Izd-vo Moskovskogo gos. un-ta lesa (MGUL), 2007.
- Nikolaeva, T. I., & Shekhovtsov, P. V. (2014). *Gidrolizaty kollagena v profilaktike i lechenii zabolevanii sustavov [Collagen hydrolysates in the prevention and treatment of joint diseases]*. *Fundamental'nye issledovaniya [Basic Research]*, 12(3), 524-528.
- Novikova, I. S., & Storublevtsev, S. A. (2012). *Primenenie kollagena v meditsinskikh tselyakh [Collagen medicinal uses]*. *Uspekhi sovremenno-go estestvoznaniya [Advances in Modern Natural Science]*, 6, 136.
- Podkorytov, F. M. (2004). *Severnoe olenevodstvo [Reindeer Husbandry]*. Moscow: Agrarnaya Rossiya.
- Pukhova, I. D., Gorbacheva, M. V., & Sukhinina, T. V. (2019). *Kharakteristika sovremennogo olenevodstva rossiiskoi federatsii: Perspektivy i vektor razvitiya*

- ya otrasli [Characteristics of modern reindeer husbandry in the Russian Federation: Prospects and development vector of the industry]. In *Aktual'nye problemy veterinarnoi meditsiny, zootekhnii i biotekhnologii: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi uchebno-metodicheskoi i nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu so dnya osnovaniya FGBOU VO MGAVMiB - MVA im. K. I. Skryabina* [Actual problems of veterinary medicine, zootechnology and biotechnology: Proceedings of the International educational-methodical and scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the founding of the MBA named after K. I. Skryabin] (pp. 414-417). Moscow: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Moskovskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny i biotekhnologii - MVA imeni K. I. Skryabina".
- Rasskazova, Yu. N., & Gordienko, I. M. (2020). Lobash severnogo olenya, kak syr'e dlya polucheniya produktov rastvoreniya kollagena [Reindeer Lobash as Raw Material for Collagen Dissolution Products]. In *Innovatsii v pishchevoi promyshlennosti: Obrazovanie, nauka, proizvodstvo: Materialy 4-i vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Innovations in the food industry: Education, science, production: Materials of the 4th all-Russian scientific and practical conference] (pp. 118-122). Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet.
- Reusova, T. V., Gorbacheva, M. V., & Novikov, M. V. (2019). Otsenka kachestva i poisk novogo podkhoda k sortirovke nevydelannykh shkur severnogo olenya dlya ratsional'nogo ikh ispol'zovaniya i pererabotki [Quality assessment and search for a new approach to sorting uncut reindeer skins for their rational use and processing]. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya* [Veterinary, Animal Science and Biotechnology], 7, 41-48. <https://doi.org/10.26155/vet.zoo.bio.201907006>
- Steshov, G. I. (1965). *Vliyanie shchelochno-solevykh obrabotok na izmenenie struktury kollagena i ego rastvorimost'* (Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk) [Influence of alkaline-salt treatments on changes in the structure of collagen and its solubility (Master's thesis)]. Moscow.
- Uglov, V. A., Inerbaeva, A. T., Borodai, E. V., & Perfil'eva, S. N. (2015). Osnovnye problemy pererabotki produktsii severnogo olenovodstva i puti ikh resheniya [The main problems of processing products of reindeer husbandry and ways to solve them]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Basic Research], 9(1), 31-34.
- Yugai, A. V., & Boitsova, T. M. (2015). K voprosu o mnogofunktsional'nom ispol'zovanii kollagena, poluchaemogo iz kozhi ryb [On the question of the multifunctional use of collagen obtained from fish skin]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic Research], 2(4), 704-707.
- Dybka, K., & Walczak, P. (2009). Gidrolizat kollagena kak novaya dieticheskaya dobavka. Nauchnyi vestnik lodzinskogo tekhnicheskogo universiteta [Collagen hydrolyzate as a new dietary supplement]. *Pishchevaya khimiya i biotekhnologiya* [Scientific Bulletin of the Lodz Technical University. Food chemistry and biotechnology], 73(1058), 83-92.
- Ameys, L. G., & Chee, W. S. S. (2006). Osteoarthritis and nutrition. From nutraceuticals to functional foods: A systematic review of the scientific evidence. *Arthritis Research and Therapy*, 8(4), R127. <https://doi.org/10.1186/ar2016>
- Da Silva Araújo, I. B., Bezerra, T. K. A., do Nascimento, E. S., de Almeida Gadelha, C. A., Santi-Gadelha, T., & Madruga, M. S. (2018). Optimal conditions for obtaining collagen from chicken feet and its characterization. *The Journal of Food Science and Technology*, 38(1), 167-173. <https://doi.org/10.1590/fst.27517>
- Hakima, T. R., Pratiwia, A., Jamharia, J., Fitriyanto, N. A., Rusman, R., Abidin, M. Z., Matulessya, D. N., & Erwanto, Y. (2021). Extraction of Collagen from the Skin of Kacang Goat and Production of its Hydrolysate as an Inhibitor of Angiotensin Converting Enzyme. *Tropical Animal Science Journal*, 44(2), 222-228. <https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.2.222>
- Hashim, P., Mohd Ridzwan, M. S., Bakar, J., & Mat Hashim, D. (2015). Collagen in food and beverage industries. *International Food Research Journal*, 22(1), 1-8.
- Kumar Pal, G. K., & Suresh, P. V. (2016). Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, 201-215. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.03.015>
- Lutfee, T., Alwan, N. F., Alsaffar, M. A., Rahman Abdel Ghany, M. A., Mageed, A. K., & AbdulRazak, A. A. (2021). An overview of the prospects of extracting collagens from waste sources and its applications. *Chemical Papers*, 75, 6025-6033. <https://doi.org/10.1007/s11696-021-01768-8>
- Noorzai, S., Reinhard Verbeek, C. J., Lay, M. C., & Swan, J. (2020). Collagen Extraction from Various Waste Bovine Hide Sources. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 5687-5698. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00843-2>

Исследование физико-химического состава и технологических свойств овечьего и козьего молока в летний период лактации

Оспанов Асан Бекешович

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»
Адрес: 050060, г. Алматы, пр. Гагарина, д. 238 «Г»
E-mail: a.ospanov@rpf.kz

Құлжанова Ботагөз Ондасынқызы

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»
Адрес: 050060, г. Алматы, пр. Гагарина, д. 238 «Г»
E-mail: botagoz-89@mail.ru

Щетинина Елена Михайловна

ФГБОУ ВО Московский государственный университет пищевых производств
Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11
E-mail: schetininina2014@bk.ru

Велямов Шухрат Масимжанович

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»
Адрес: 050060, г. Алматы, пр. Гагарина, 238 «Г»
E-mail: sh.velyamov@rpf.kz

Макеева Раушан Кыдырхановна

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»
Адрес: 050060, г. Алматы, пр. Гагарина, д. 238 «Г»
E-mail: r.makeyeva@rpf.kz

Бектурсунова Мая Джумадиловна

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»
Адрес: 050060, г. Алматы, пр. Гагарина, д. 238 «Г»
E-mail: m.bektursunova@rpf.kz

В статье представлены результаты исследования физико-химического состава и технологических свойств овечьего и козьего молока в летний период лактации (с июня по август 2021 года) по 4 породам овец (Казахский тонкорунный, Южноказахский меринос, Едильбай и Иль Де Франц) и 4 породам коз (Зааненская, Нубийская, Альпийская и Бурская) из различных регионов Казахстана. Изучен содержание жира и белка в молоке. Разница в содержании белка в летний период не превышает от 0,1 до 0,5 %, высокое содержание жира отмечалось в августе месяце (5,4% для овец и 3,6% для коз), а самое низкое в июле месяце (4,9 % для овец и 3,2 % для коз), это связано с климатическими условиями, в июле стоит жаркая погода и животные пьют больше воды и испытывают стрессы погодных аномалий а также летом основа рациона - пастбищный

травостой, животные потребляют зеленый корм, содержащий много влаги. В августе значения показателей повышаются, так как многие кормовые культуры к этому времени созревают и питательная ценность, соответственно, возрастает.

Ключевые слова: молоко, овечье молоко, козье молоко, летний период лактации

Введение

Казахстан является импортозависимой страной в отношении молочной продукции, особенно по творогам и йогуртам, по сырам и по сухому молоку. Ассортимент отечественного производства небольшой, недостаточно производятся молоко-продукты функционального назначения по возрастным категориям. В Казахстане промышленно освоено только коровье молоко, в регионах начали перерабатывать козье молоко, а овечье молоко вовсе не является источником молочных продуктов, хотя овец насчитывает более 18 млн. голов. По статистическим данным за 2020 год поголовье коз достигло более 2,2 млн.

В мире идет неуклонный рост потребления продуктов из овечьего и козьего молока¹, как всех видов молочных продуктов, так и продуктов детского и лечебного питания, что обуславливается высокой питательной ценностью, гипоаллергенными свойствами овечьего и козьего молока (Оспанов, Алимарданова, & Токсанбаева, 2017; Оспанов, Алимарданова, & Токсанбаева, 2018; Щетинина, Гаврилова, Чернопольская, & Соловьева, 2021).

Продукты из козьего молока более подходят для здоровья человека, с меньшей частотой аллергических реакций (Zeman & Ney, 1982; Saini & Gill, 1991; Haenlein, 1993) и полезны для лечения других заболеваний, таких как желудочно-кишечные, сердечно-сосудистые и связанные со стрессом заболевания (Babayan, 1981). При использовании молока в качестве сырья для производства йогурта наиболее важными показателями являются содержание белков, липидов, лактозы и минералов (Walstra, Geurts, Noomen, Jellema, & van Boekel, 1999). Некоторые исследователи указывают, что состав молока овец и коз различается не только содержанием вышеотмеченных ключевых веществ (Jandal, 1996; Pandya & Ghodke, 2007; Park, Juárez, Ramos, & Haenlein, 2007; Park, 2007) но и их типом, таких как казеины или мицеллярные структуры (Grandison, 1986).

Исследования зарубежных ученых и наши поиски подтверждают высокотехнологичность и эффективность использования овечьего и козьего молока для производства кисломолочных продуктов и сыров (Jandal, 1996; Myrkalykov, Tulekbaeva, Shingisov, Ospanov, & Simov, 2016; Dimitrov, D., Simov, Ospanov, & Dimitrov, Z., 2015; Мыркалыков, Оспанов, Симов, & Шингисов, 2016; Park, 2007).

Мицеллы казеина козьего молока содержат больше кальция и неорганического фосфора. Липиды в овечьем и козьем молоке представлены жировыми глобулами меньшего размера, что способствует лучшей усвояемости организмом человека (Ospanov, Zhakupova, & Toxanbayeva, 2018; Muldasheva, Toxanbayeva, Ospanov, & Zhakupova, 2019; Kasapidou et al., 2021), тем самым усиливается функциональность молочной продукции.

Состав и свойства овечьего молока в первую очередь зависят от ряда физиологических факторов – породы, изменчивости между отдельными животными, стадии лактации, сезонных колебаний, способа выращивания и кормления животных, возраста, различных заболеваний и др. (Tamime, Wszolek, Božanić, & Ozer, 2011; Claeys et al., 2014; Sajko-Matutinović, et al., 2012; Milewski, Ząbek, Antoszkiewicz, Tański, & Sobczak, 2018).

Таким образом, для Казахстана овечье и козье молоко представляет большой потенциал для расширения ассортимента и повышения экспорта молочной продукции, ведь только рынки соседних стран, как России и Китая, имеют огромную емкость кисломолочных продуктов (Ospanov & Toxanbayeva, 2020).

В связи с вышеизложенными, нами поставлена цель – исследовать физико-химические и технологические свойства молока некоторых казахстанских пород овец и коз из различных регионов в летний период лактации, что позволит описать общую картину районированного сырья и оценить технологическую пригодность его переработки.

¹ Программа всемирной сельскохозяйственной переписи 2020 года. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. (2016). Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. URL: <http://www.fao.org/3/a-i4913r.pdf> (дата обращения: 10.04.2021).

Материалы и методы

Объекты исследования

Для экспериментальных исследований подобрано молоко-сырье из различных фермерских хозяйств и частных подворий. На юге Казахстана наибольшее распространение нашли породы овец как, южно-казахстанский меринос, Еділбай, Ильде Франц, а также коз породы - Зааненская, Нубийская, Альпийская и Бурская.

Методы исследования

Экспериментальные исследования по определению физико-химического состава и технологических свойств овечьего и козьего молока проведены в соответствии с национальными стандартами.

Органолептическую оценку молока проводили согласно стандартам СТ РК 1732-2007² и ГОСТу 32940-2014³ комиссионно профильным методом по 5-балльной шкале (0,3 и 5 баллов) в соответствии с регламентом проведения дегустаций. Под органолептическими свойствами молока понимают свойства, воспринимаемые органами чувств: внешний вид, цвет, вкус и запах, консистенция, которые зависят от содержания всех составных компонентов молока и его физико-химических показателей

Физико-химические показатели молока (содержания жира, белка и точки замерзания) определяли на приборе «Лактан - 600 Ультрамакс» откалиброванного под овечье и козье молоко.

Вязкость определяли на вискозиметре Brookfield DV2T.

Влажность определяли согласно ГОСТ 3626-73⁴ на анализаторе влажности «Элекс-7».

Содержание сухих веществ выводили расчетным путем.

Термоустойчивость - пригодность молока для высокотемпературной обработки (стерилизации,

ультрапастеризации) устанавливали по алкогольной пробе, основанной на воздействии разных концентраций этилового спирта на молоко. Термоустойчивость молока определяли согласно ГОСТ 25228-82⁵.

Титруемую кислотность определяли согласно ГОСТ 3624-92⁶, активную кислотность (Ph) согласно ГОСТ 32892-2014⁷.

Процедура исследования

В крестьянском хозяйстве «Акша» Жамбылской области был проведен хозяйственный опыт на четырех группах лактирующих овец и на четырех группах лактирующих коз.

В первую группу лактирующих овец входили овцы Казахской тонкорунной породы, во вторую - Южноказахский меринос, в третью - Еділбай, в четвертую - ИДФ, а также в первую группу лактирующих коз входили козы породы Бурская, во вторую - Зааненская, в третью - Нубийская, в четвертую - Альпийская. На начало опыта все животные были на 30...40-ом дне лактации, исследование молочной продуктивности проводили на всем периоде лактации.

Для экспериментов молоко отбирали с июня месяца по август 2021 года из 10 овец и коз каждой породы. Забор молока проводили в утреннюю дойку. Показатели молока исследовали с использованием стандартных методов в лаборатории «Биотехнология, качество и безопасность пищевых продуктов» Казахского научно-исследовательского института перерабатывающей и пищевой промышленности.

В пастбищный период принято содержать овец на выпасах и дополнительно подкармливать концентратами. При недостатке травы на пастбище, подкармливали сеном и другими доступными кормами. Доступ к воде и соли был без ограничения. Рацион питания у овец и коз несколько отличается, а по видам животных рацион практически был одинаковым. По предварительным исследованиям установлено, что у овец и коз, содержащихся

² СТ РК 1732-2007. (2015). Молоко и молочные продукты. Органолептический метод определения показателей качества. Астана: Мемстандарт.

³ ГОСТ 32940-2014. (2018). Молоко козье сырое. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ 3626-73 (2009). Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 25228-82. Молоко и сливки. Метод определения термоустойчивости по алкогольной пробе. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 3624-92. (2009). Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ 32892-2014. Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности. М.: Стандартинформ.

на пастбище, содержание жира и белка в молоке выше, чем на полном рационе в стойлах.

Статистический анализ данных проводили с использованием статистической программы SPSS версии 13 (SPSS Inc., Чикаго, Иллинойс, США). Дисперсионный анализ (ANOVA) и критерий множественных диапазонов Дункана использовали для определения значительных различий между результатами. 95% доверительной вероятности результатов выборки достигали при повторности экспериментов $n=5$.

Результаты исследования

Результаты органолептической оценки молока приведены в Таблице 1.

Органолептические исследования проб молока, взятых с КХ «Акша», дали хорошие результаты, соответствующие ГОСТам.

Продуктивность овец и коз во многом зависит от породы животного и условий их содержания (Таблица 2).

Из данных таблицы видно, что суточный удой овцематок составляет 0,55 кг у овец породы ИДФ, 1,78 кг у Едилбайской породы, у Южноказахского меринуса - 1,13 кг и у Казахской тонкорунной породы - 0,93 кг. Наибольшая молочность за всю лактацию отмечена у маток породы ИДФ (169 кг), минимальную молочность имеют матки породы Казахская тонкорунная (112 кг) и Едилбай (98 кг).

Таблица 2

Продуктивность овец и коз в зависимости от породы

Название породы	Лактация, дней	Удой за сутки, кг	Удой за период лактации, кг
Порода овец			
1	2	3	4
Казахская тонкорунная	120	0,93±0,001	112,13±2,5
Южноказахский меринос	124	1,13±0,12	140±3,7
Едилбай	95	1,78±0,23	98±1,6
Иль де Франс (ИДФ)	178	0,55±0,01	169±3,4
Порода коз			
Зааненская	300	3,08±0,20	630,14±30,86
Нубийская	300	2,80±0,10	608,70±83,64
Альпийская	300	2,63±0,4	534,17±43,64
Бурская	300	2,33±0,4	424,12±43,64

Таблица 1

Органолептические показатели овечьего и козьего молока

Показатель	Фактический результат
Овечье молоко	
Цвет	Белый, со слегка желтоватым оттенком
Запах	Чистый, без постороннего запаха
Внешний вид и консистенция	Густая однородная жидкость без хлопьев
Вкус	Приятный, сладковатый
Козье молоко	
Цвет	Белый
Запах	Чистый, без посторонних запахов
Внешний вид и консистенция	Однородная жидкость, без осадка и хлопьев
Вкус	Слабый специфический привкус свойственный козьему молоку

Анализ молочной продуктивности коз разных пород показал, что козы Зааненской породы превосходили сверстниц Альпийской, Нубийской и Бурской пород по удою за 300 дней лактации и имели по сравнению с ними более высокие среднесуточные удои. При этом достоверное преимущество по удою коз Зааненской породы было лишь по сравнению с животными Альпийской породы.

В молочной промышленности при производстве кисломолочных продуктов используется высокотемпературная обработка. Поэтому оценка молока

овец и коз по термоустойчивости и свертываемости имеет важное практическое значение.

Свежее молоко выдерживает высокотемпературную обработку без явных признаков коагуляции казеина. Низкую стойкость к нагреванию имеет молоко в начале лактации. К концу лактации термоустойчивость опять ухудшается. Таким образом, термоустойчивость белковых компонентов молока определяют в совокупности множество факторов – это белковый состав, его кислотность и солевой баланс, которое к тому же зависит от стадии лактации, индивидуальных особенностей животного, времени года, составляющих рациона и т.д., под влиянием которых нарушаются во первых органолептические свойства молока, а потом уже и физико-химические и технологические свойства.

Проведённые нами исследования по оценке термоустойчивости по алкогольной пробе козьего и овечьего молока указали нам на выдерживание 75-80% раствора этилового спирта, что подтверждает их термоустойчивость.

Содержание белка в молоке является одним из основных показателей, учитываемых при оценке биологической ценности молока.

Молочный жир - энергетический компонент молока и особенно подвержен изменениям под воздей-

ствием различных факторов и может повышаться или снижаться в зависимости от типа кормления, периода лактации и т.д.

Средние показатели количественного содержания физико-химического состава овечьего и козьего молока представлены в Таблице 3.

Анализ проведенных исследований физико-химических свойств овечьего и козьего молока (Таблице 3) показал, что содержание сухих веществ (СВ) в молоке изменяется в летний период лактации, но незначительно. Следует отметить, что наибольшее содержание СВ как в овечьем, так и в козьем молоке отмечается в августе. Также, незначительно меняется содержание белка и жира в молоке овец и коз, в рассмотренные месяцы лактации и не превышает 0,1-0,5%. Самое высокое содержание жира отмечалось в августе месяце (5,4% у овец и 3,6% у коз), а низкое в середине лета - в июле месяце (4,9% у овец и 3,2% у коз).

Значения перечисленных показателей у всех исследуемых пород овец и коз снижаются в июле месяце. Считаем, что это связано с климатическими условиями. В июле текущего года в южных регионах Казахстана стояла сильная жаркая погода (до +38 °C) и животные испытывали стрессы погодных аномалий. В августе значения показателей повышаются, так как многие кормовые культуры к это-

Таблица 3

Физико-химические показатели овечьего и козьего молока

Показатели, %	Летний период					
	Овечье молоко			Козье молоко		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
1	2	3	4	5	6	7
Массовая доля влаги	85,5±0,80	86,1±0,30	85,14±0,27	89,24±0,30	89,58±0,27	89,04±0,2
Массовая доля сухих веществ	14,5±0,40	13,9±0,25	14,86±0,18	10,76±0,25	10,42±0,75	10,96±0,86
Жир	5,2±0,2	4,9±0,5	5,4±0,3	3,5±0,05	3,2±0,04	3,6±0,05
Белок	4,1±0,5	3,9±0,1	4,36±0,3	3,11±0,01	3,10±0,01	3,20±0,02
Активная кислотность, pH	6,61±0,01	6,61±0,03	6,61±0,01	6,54±0,03	6,56±0,01	6,57±0,02
Титруемая кислотность, °T	22±0,516	22±0,513	22±0,509	16,37±0,403	16,07±0,410	16,02±0,420
Плотность г/см ³	1,036	1,034	1,034	1,027	1,027	1,027
Точка замерзания, °T	0,529 ±1,5	0,529±1,5	0,529±1,5	0,500 ±1,2	0,510±1,2	0,510±1,2
Вязкость, Па·С	2,05·10 ⁻³	2,1·10 ⁻³	2,25·10 ⁻³	1,5·10 ⁻³	1,7·10 ⁻³	1,8·10 ⁻³

му времени созрели, и их питательная ценность возросла.

Плотность молока у овец летом снижается от $1,036\text{г/см}^3$ до $1,034\text{г/см}^3$, а у козьего молока показатель стабильный – $1,027\text{г/см}^3$. Титруемая кислотность у молока овец остается на уровне 22°T , а у молока коз снижается от $16,37^\circ\text{T}$ до $16,02^\circ\text{T}$.

Вязкость молока и у овец, и у коз к концу лета повышается от $2,05 \cdot 10^{-3}\text{Па}\cdot\text{С}$ до $2,25 \cdot 10^{-3}\text{Па}\cdot\text{С}$ и от $1,5 \cdot 10^{-3}\text{Па}\cdot\text{С}$ до $1,8 \cdot 10^{-3}\text{Па}\cdot\text{С}$, соответственно. Это объясняется повышением массовой доли жира и казеина, а также степени его дисперсности.

Изучено содержание жира и белка, а результаты представлены в Таблицах 4, 5, 6 и 7.

Таблица 4
Содержание жира в летний период лактации, (%)

Породы овец	Летний период лактации			В среднем
	июнь	июль	август	
Казахская тонкорунная	5,2	4,9	5,4	5,16
Южноказахский мерин	4,1	4,0	4,15	4,08
Еділбай	3,1	2,9	3,3	3,1
ИДФ	3,5	3,6	3,8	3,63

Из Таблицы 4 видно, что за летний период лактации самый высокий показатель жирности (в среднем – 5,16 %) наблюдается у Казахской тонкорунной, а самый низкий у породы Еділбай – 3,1 %.

Белки молока – это высокомолекулярные соединения, состоящие из аминокислот, связанных между собой характерной для белков пептидной связью и являющиеся самой ценной составной частью молока. Ценность белков состоит в наличии в них незаменимых аминокислот как – валин, лизин, лейцин, изолейцин, метионин, тирозин, триптофан, фенилаланин. По содержанию незаменимых аминокислот и соотношению между ними белки овечьего и козьего молока относят к биологически полноценным белкам.

Различие в содержании белка в молоке по месяцам лактации объясняется изменением рациона питания коз. Бедный энергией рацион приводит к уменьшению содержания белка, а богатый – к его увеличению. При дефиците протеина в пита-

нии животных, соответственно снижается содержание белка в молоке.

Из Таблицы 5 видно, что содержание белка у разных пород варьируется, к концу летнего сезона у трех пород содержание белка незначительно увеличивается по сравнению с началом летнего сезона, снижение наблюдается в молоке породы Еділбай от 3,9% до 3,84 %.

Таблица 5
Содержание белка овечьего молока, (%)

Породы овец	Летний период лактации			В среднем
	июнь	июль	август	
Южноказахский мерин	4,2	4,05	4,36	4,20
Казахская тонкорунная	4,1	3,96	4,34	4,13
Еділбай	3,9	3,7	3,84	3,81
ИДФ	3,5	3,6	3,8	3,63

Содержание жира в козьем молоке зависит от многих причин, например, от сезона года. В умеренном климате в конце осени в козьем молоке зарегистрированы самые низкие показатели жира и белка (Таблицы 6 и 7).

Таблица 6
Содержание белка козьего молока, (%)

Породы коз	Летний период лактации			В среднем
	июнь	июль	август	
Бурская	3,3	3,5	3,6	3,46
Зааненская	3,11	3,10	3,2	3,13
Нубийская	3,09	3,15	3,3	3,18
Альпийская	2,9	3	3,2	3,03

Массовая доля белка в летний период повышается у всех пород, самый высокий показатель белка в молоке породы Бурская – 3,6 %, затем Нубийская – 3,3 %, Зааненская и Альпийская – 3,2%. В среднем за лето самый низкий показатель белка в молоке наблюдали у Альпийской породы – 3,03 %.

В зависимости от месяца рассматриваемого сезона на года, содержание жира в молоке может меняться на 2 %, а содержание белка на 1 %.

Анализ данных показал, что содержание жира в молоке растет по сравнению с началом сезона у всех пород коз, к концу сезона наибольшее коли-

Таблица 7
Содержание жира козьего молока, (%)

Породы коз	Летний период лактации			В среднем
	июнь	июль	август	
Бурская	4,0	4,2	4,3	4,16
Зааненская	3,5	3,2	3,6	3,43
Альпийская	3,0	3,2	3,4	3,23
Нубийская	2,9	3,1	3,3	3,1

чество массовой доли жира в молоке наблюдается у Бурской породы – 4,3%, самый низкий показатель у породы Нубийская – 3,3%.

Выводы

Резюмируя вышеотмеченные, можно сделать вывод о том, что химический состав и соотношение компонентов молока между собой практически не меняются или меняется незначительно.

- наибольшее содержание сухого вещества овечьего и козьего молока отмечено в августе месяце 9,46% и 7,36% соответственно, а наименьшее - в июле (9,0% и 7,22 %);
- разница в содержании белка в летний период не превышает от 0,1% до 0,5%. Бедный энергией рацион приводит к уменьшению содержания белка, а богатый - к его увеличению. При дефиците протеина в питании животных, соответственно снижается содержание белка в молоке;
- высокое содержание жира отмечалось в августе месяце (5,4% в молоке овец и 3,6% в молоке коз), а самое низкое в середине лета - в июле месяце (4,9% в овечьем молоке и 3,2% в козьем молоке);
- проведённые нами исследования по оценке термоустойчивости по алкогольной пробе козьего и овечьего молока указали нам на выдерживание 75-80% раствора этилового спирта, что подтверждает их термоустойчивость.

Благодарности

Статья была подготовлена в рамках исследований по научному проекту «Разработка технологии живого йогурта на основе молока мелкого рогатого скота с капсулированным плодово-ягодным концентратом» по грантовому финансированию Комитета науки Министерства

образования и науки Республики Казахстан на 2020-2022 годы.

Литература

- Мыркалыков, Б. С., Оспанов, А. Б., Симов, Ж. И., & Шингисов, А. У. (2016). Разработка потребительских критериев для оценки качества маркировки овечьего молока и продуктов его переработки. *Исследования, результаты*, 4, 120-131.
- Оспанов, А. Б., Алимарданова, М. К., & Токсанбаева, Б. О. (2017). Потенциал молочной отрасли Казахстана. В *Техника и технология пищевых производств: Материалы XI международной научно-технической конференции* (с. 13-15). Могилев: Могилевский государственный университет продовольствия.
- Оспанов, А. Б., Алимарданова, М. К., & Токсанбаева, Б. О. (2018). Состав овечьего и козьего молока в Казахстане. В *Техника и технология пищевых производств: Материалы XII международной научно-технической конференции* (т. 1, с. 373-374). Могилев: Могилевский государственный университет продовольствия.
- Щетинина, Е. М., Гаврилова, Н. Б., Чернопольская, Н. Л. & Соловьева, Н. И. (2021). Инновационная технология полутвёрдого сыра из козьего молока для специализированного питания. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 1, 93-104. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.193>
- Babayan, V. K. (1981). Medium chain length fatty acid esters and their medical and nutritional application. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 58(1), 49A-51A. <https://doi.org/10.1007/BF02666072>
- Claeys, W. L., Verraes, C., Cardoen, S., De Block, J., Huyghebaert, A., Raes, K., Dewettinck, L., & Herman, L. (2014). Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control*, 42, 188-201. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.045>
- Dimitrov, D., Simov, Zh., Ospanov, A., & Dimitrov, Z. P. (2015). Improving of the Microbiological and Proteolytic profile of Kashkaval Cheese by Modification in heat Treatments of cow's Milk and Cheddared Curd. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 4(6), 546-549. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.6.546-549>
- Grandison, A. (1986). Causes of variation in milk composition and their effects on coagulation and cheese making. *Dairy Industries International*, 51(3), 21-24.
- Haenlein, G. F. W. (1993). Producing quality goat milk. *International Journal Animal Science*, 8, 79-84.

- Jandal, J. M. (1996). Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 22(2), 177-185. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(96\)00880-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(96)00880-2)
- Kasapidou, E., Basdagianni, Z., Papadopoulos, V., Karaïskou, C., Kesidis, A., & Tsiotsias, A. (2021). Effects of Intensive and Semi-Intensive Production on Sheep Milk Chemical Composition, Physicochemical Characteristics, Fatty Acid Profile, and Nutritional Indices. *Animals*, 11(9), 2578. <https://doi.org/10.3390/ani11092578>
- Milewski, S., Ząbek, K., Antoszkiewicz, Z., Tański, Z., & Sobczak, A. (2018). Impact of production season on the chemical composition and health properties of goat milk and rennet cheese. *Journal of Food and Agriculture*, 30(2), 107-114. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i2.1602>
- Muldasheva, A. Kh., Toxanbayeva, B. O., Ospanov, A. B., & Zhakupova, G. N. (2019). Study of the composition and properties of sheep milk in Northern Kazakhstan. *Eurasian Journal of Biosciences*, 13(2), 1997-2000. URL: <http://www.ejobios.org/article/study-of-the-composition-and-properties-of-sheep-milk-in-northern-kazakhstan-7364> (дата обращения: 07.04.2021)
- Myrkalykov, B., Tulekbaeva, A., Shingisov, A., Ospanov, A., & Simov, Zh. (2016). The Development of Organization Standards on Sheep Milk. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 6, 17-25.
- Ospanov, A., Toxanbayeva, B. (2020). Switching to sheep's milk industry: Problems and prospective. *Eurasian Journal of Biosciences*, 14(1), 1263-1271. URL: <http://www.ejobios.org/article/switching-to-sheeps-milk-industry-problems-and-prospective-7625> (дата обращения: 07.04.2021)
- Ospanov, A., Zhakupova, G., & Toxanbayeva, B. (2018). Solving the Problem of Serum Utilization in Kazakhstan. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.19), 200-205. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.19.17337>
- Pandya, A. J., & Ghodke, K. M. (2007). Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 193-206. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.007>
- Park, Y. W. (2007). Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 73-87. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.015>
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2) 88-113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>
- Saini, A. L., & Gill, R. S. (1991). Goat milk: An attractive alternate. *Indian Dairyman*, 42, 562-564.
- Sajko-Matutinović, L., Pavić, V., Mioč, B., Antunac, N., Prpić, Z., Matutinović, S., & Vrdoljak, J. (2012). Sezonske promjene nekih fizikalno-kemijskih odlika mlijeka ovaca dalmatinske pramenke. *Journal Mljekarstvo*, 62(2), 136-142. URL: <https://hrcak.srce.hr/83363> (дата обращения: 07.04.2021)
- Tamime, A. Y., Wszolek, M., Božanić, R., & Ozer, B. (2011). Popular ovine and caprine fermented milks. *Small Ruminant Research*, 101(1-3), 2-16. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.021>
- Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & van Boekel, M. A. J. S. (1999). *Dairy Technology: Principles of milk properties and processes*. New York: Marcel Dekker.
- Zeman, F. J., & Ney, D. (1982). *Clinical nutrition and dietetics*. (3rd ed.). Lexington, Massachusetts: Callamore Press.

The Research of the Physical-Chemical Composition and Technological Properties of Sheep and Goat Milk During the Summer Lactation Period

Assan B. Ospanov

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

Botagoz O. Kulzhanova

*Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP
238 "G" Gagarin Ave., Almaty, 050060, Republic of Kazakhstan
E-mail: botagoz-89@mail.ru*

Elena M. Shchetinina

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamsk Highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: schetinina2014@bk.ru*

Shukhrat M. Velyamov

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

Raushan K. Makeeva

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

Maya D. Bektursunova

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

The article presents the results of the research of the physical-chemical composition and technological properties of sheep and goat milk during the summer lactation period (from June to August 2021) on 4 breeds of sheep (Kazakh fine-fleeced, South Kazakh merino, Yedilbay and Ile De Franz) and 4 breeds of goats (Zaanen, Nubian, Alpine and Boer) from various regions of Kazakhstan. Due to the fact that the quantity and quality of milk largely depend on the feed and, accordingly, the season of the year, changes in the fat and protein content were studied. The difference in the protein content in the summer period does not exceed from 0.1 to 0.5 %, the high fat content was noted in August (5.4% for sheep and 3.6% for goats), and the lowest in July (4.9 % for sheep and 3.2 % for goats)/ This is due to climatic conditions, in July there is hot weather and animals drink more water and experience the stresses of weather anomalies, and in summer the basis of the ration is pasture herbage, animals consume green fodder containing a lot of moisture. In August, the values of the indicators increase, since many forage crops are maturing by this time and the nutritional value increases accordingly.

Keywords: milk, sheep's milk, goat's milk, summer lactation period

References

- Chetinina, E. M., Gavrilova N. B., Shernopolzki N. L. & Solovieva N. I. (2021). Innovatsionnaya tekhnologiya polutverdoga syra iz koziego moloka dla spetsializirovannogo pitaniya. [Storage and processing of farm products], 1, pp. 93-104.
- Myrkalykov, B. S., Ospanov, A. B., Simov, Zh. I., & Shingisov, A. U. (2016). Razrabotka potrebitel'skikh kriteriev dlya otsenki kachestva markirovki ovech'ego moloko i produktov ego pererabotki [Development of consumer criteria for assessing the quality of labeling of sheep milk and products of its processing]. *Issledovaniya, rezul'taty [Research, results]*, 4, 120-131.
- Ospanov, A. B., Alimardanova, M. K., & Toksanbaeva, B. O. (2017). Potentsial molochnoi otrasli Kazakhstana [Dairy industry potential in Kazakhstan]. In *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: Materialy XI mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii [Technique and technology of food production: Proceedings of the XI international scientific and technical conference]* (pp. 13-15). Mogilev: Mogilevskii gosudarstvennyi universitet prodovol'stviya.
- Ospanov, A. B., Alimardanova, M. K., & Toksanbaeva, B. O. (2018). Sostav ovech'ego i koz'ego moloka v Kazakhstane [The composition of sheep and goat milk in Kazakhstan]. In *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: Materialy XII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii [Technique and technology of food production: Proceedings of the XII international scientific and technical conference]* (vol. 1, pp. 373-374). Mogilev: Mogilevskii gosudarstvennyi universitet prodovol'stviya.
- Shchetinina, E. M., Gavrilova, N. B., Chernopol'skaya, N. L. & Solov'eva, N. I. (2021). Innovatsionnaya tekhnologiya polutverdoga syra iz koz'ego moloka dlya spetsializirovannogo pitaniya [Innovative technology of semi-hard cheese made from goat's milk for specialized nutrition]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and Processing of Farm Products]*, 1, 93-104. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.193>
- Babayan, V. K. (1981). Medium chain length fatty acid esters and their medical and nutritional application. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 59, 49-51. <https://doi.org/10.1007/BF02666072>
- Claeys, W. L., Verraes, C., Cardoen, S., De Block, J., Huyghebaert, A., Raes, K., Dewettinck, L., & Herman, L. (2014). Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control*, 42, 188-201. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.045>
- Dimitrov, D., Simov, Zh., Ospanov, A., & Dimitrov, Z. P. (2015). Improving of the Microbiological and Proteolytic profile of Kashkaval Cheese by Modification in heat Treatments of cow's Milk and Cheddared Curd. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 4(6), 546-549. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.6.546-549>
- Grandison, A. (1986). Causes of variation in milk composition and their effects on coagulation and cheese making. *Dairy Industries International*, 51(3), 21-24.
- Haenlein, G. F. W. (1993). Producing quality goat milk. *International Journal Animal Science*, 8, 79-84.
- Jandal, J. M. (1996). Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 22(2), 177-185. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(96\)00880-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(96)00880-2)
- Kasapidou, E., Basdagianni, Z., Papadopoulos, V., Karaskou, C., Kesidis, A., & Tsiotsias, A. (2021). Effects of Intensive and Semi-Intensive Production on Sheep Milk Chemical Composition, Physicochemical Characteristics, Fatty Acid Profile, and Nutritional Indices. *Animals*, 11(9), 2578. <https://doi.org/10.3390/ani11092578>
- Milewski, S., Ząbek, K., Antoszkiewicz, Z., Tański, Z., & Sobczak, A. (2018). Impact of production season on the chemical composition and health properties of goat milk and rennet cheese. *Journal of Food and Agriculture*, 30(2), 107-114. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i2.1602>
- Muldashaeva, A. Kh., Toxanbayeva, B. O., Ospanov, A. B., & Zhakupova, G. N. (2019). Study of the composition and properties of sheep milk in Northern Kazakhstan. *Eurasian Journal of Biosciences*, 13, 1997-2000. URL: <http://www.ejobios.org/article/study-of-the-composition-and-properties-of-sheep-milk-in-northern-kazakhstan-7364> (accessed: 07.04.2021)
- Myrkalykov, B., Tulekbaeva, A., Shingisov, A., Ospanov, A., & Simov, Zh. (2016). The Development of Organization Standarts on Sheep Milk. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 6, 17-25.
- Ospanov, A., Toxanbayeva, B. (2020). Switching to sheep's milk industry: Problems and prospective. *Eurasian Journal of Biosciences*, 14(1), 1263-1271. URL: <http://www.ejobios.org/article/switching-to-sheeps-milk-industry-problems-and-prospective-7625> (accessed: 07.04.2021)
- Ospanov, A., Zhakupova, G., & Toxanbayeva, B. (2018). Solving the Problem of Serum Utilization in Kazakhstan. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.19), 200-205. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.19.17337>
- Pandya, A. J., & Ghodke, K. M. (2007). Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt.

- Small Ruminant Research*, 68(1-2), 193-206. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.007>
- Park, Y. W. (2007). Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 73-87. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.015>
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2) 88-113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>
- Saini, A. L., & Gill, R. S. (1991). Goat milk: An attractive alternate. *Indian Dairyman*, 42, 562-564.
- Sajko-Matutinović, L., Pavić, V., Mioč, B., Antunac, N., Prpić, Z., Matutinović, S., & Vrdoljak, J. (2012). Sezonske promjene nekih fizikalno-kemijskih odlika mlijeka ovaca dalmatinske pramenke [Seasonal changes in some physical and chemical qualities of the milk of Dalmatian sheep strands]. *Journal Mljekarstvo [Journal of Dairy Farming]*, 62(2), 136-142. URL: <https://hrcak.srce.hr/83363> (accessed: 07.04.2021)
- Tamime, A. Y., Wszolek, M., Božanić, R., & Ozer, B. (2011). Popular ovine and caprine fermented milks. *Small Ruminant Research*, 101(1-3), 2-16. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.021>
- Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, A., & van Boekel, M. A. J. S. (1999). *Dairy Technology: Principles of milk properties and processes*. New York: Marcel Dekker.
- Zeman, F. J., & Ney, D. (1982). *Clinical nutrition and dietetics*. (3rd ed.). Lexington, Massachusetts: Callamore Press.

Ингибирование липолитической активности в модельных пищевых системах

Лаврухин Михаил Александрович

ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
Адрес: 107023, г. Москва, ул. Электrozаводская, д. 20, стр. 3
E-mail: mikh.lavrukhin@gmail.com

Руденко Оксана Сергеевна

ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
Адрес: 107023, г. Москва, ул. Электrozаводская, д. 20, стр. 3
E-mail: oxana0910@mail.ru

Кондратьев Николай Борисович

ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
Адрес: 107023, г. Москва, ул. Электrozаводская, д. 20, стр. 3
E-mail: conditerpromnbk@mail.ru

Баженова Алла Евгеньевна

ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
Адрес: 107023, г. Москва, ул. Электrozаводская, д. 20, стр. 3
E-mail: bajenova.a@mail.ru

Осипов Максим Владимирович

ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
Адрес: 107023, г. Москва, ул. Электrozаводская, д. 20, стр. 3
E-mail: maxvosipov@yandex.ru

Липолитическая порча пищевых изделий часто становится причиной брака готовых кондитерских изделий. Это связано с несколькими основными факторами - использованием глазурей с заменителями масла какао лауринового типа и требованиями к пищевой продукции по увеличению сроков годности. При использовании заменителей масла какао лауринового типа может возникать органолептическая порча в процессе хранения кондитерских изделий, которая выражается в возникновении постороннего запаха, мыльного привкуса, прогорклого вкуса и т.д. Данные явления обусловлены гидролитическими процессами разложения жира, входящего в состав глазированных кондитерских изделий, под воздействием липолитических ферментов. Такие ферменты (КФ 3.1.1.3) обладают субстратной специфичностью по отношению к жирам. Целью работы было исследование возможных путей ингибирования липазы в модельных пищевых системах. Изучено влияние широко используемых в пищевой промышленности органических кислот, студнеобразователей и ионов металлов на липолитическую активность в модельных пищевых системах. Изменение активности липазы из поджелудочной железы свиньи в модельных образцах определяли методом, основанным на окислении индоксилацетата. Подтверждено, что при концентрации лимонной кислоты 0,5 моль/л и более происходит практически полное ингибирование липолитической активности. При использовании концентрации лимонной кислоты 0,15 моль/л выявлено подавление липолитической активности на 10% относительно контрольного образца. Установлено, что агар-агар, а также ионы кальция значительным образом увеличивают липолитическую активность. Полученные результаты способствуют разработке рецептур глазированных кондитерских изделий, содержащих жиры лауринового типа, с пониженным риском липолитической порчи и увеличенным сроком годности.

Ключевые слова: кондитерские изделия, липаза, липолитическая активность, индоксилацетат, колориметрия, консерванты, студнеобразователи, ионы кальция

Введение

Липолитическая порча пищевых изделий часто становится причиной брака готовых кондитерских изделий. Это связано с несколькими основными факторами - использованием глазури с заменителями масла какао лауринового типа и требованиями к пищевой продукции по увеличению сроков годности. При использовании заменителей масла какао лауринового типа могут возникать органолептические изменения в процессе хранения кондитерских изделий, которые выражаются в возникновении постороннего запаха, мыльного привкуса, прогорклого вкуса и т.д. Данные явления обусловлены гидролитическими процессами разложения жира, входящего в состав изделий, под воздействием фермента липазы. Это относится, прежде всего, к глазированным кондитерским изделиям, не подвергаемым термообработке при их изготовлении, либо в которых при хранении возникают благоприятные условия для роста микробиоты.

Липазы представляют собой группу водорастворимых ферментов, которые обладают способностью действовать на граничном межфазном слое. В первую очередь, они катализируют гидролиз сложноэфирных связей в водонерастворимых липидных субстратах.

Различают липазы (КФ 3.1.1.3) животного, растительного и микробного происхождения, которые обладают субстратной специфичностью по отношению к жирам. Большая часть липаз действует в определенном положении на глицерин основной цепи липидного субстрата, расщепляя жирную молекулу на свободные жирные кислоты и моно- и диглицериды. Бактериальные липазы в определенных условиях также способны катализировать процессы этерификации, переэтерификации, трансэтерификации, ацидолиза, аминолиза и могут проявлять энантиоселективные свойства (Hasan, Shah, & Nameed, 2009). Среди прочего, липолитические ферменты способны сохранять активность в широком температурном диапазоне (Shamel, Ramachandran, & Hasan, 2005; Almeida et al., 2006; Kumar et al., 2020). Благодаря обширному спектру таких свойств липазы активно применяются в самых различных видах промышленности (Houde, Kademi, & Leblanc, 2004; Hasan, Shah, & Nameed, 2006; Contesini et al., 2017).

Среди доступных микроорганизмов потенциально наиболее пригодными для промышленного производства липаз являются грибы, принадлежащие

к различным видам рода *Aspergillus* (Contesini et al., 2017), *Rhizopus* (Yu, Xu, & Xiao, 2016), *Penicillium* (Chahinian et al., 2000; Vardanega et al., 2010; Ferreira et al., 2017) и *Trichoderma* (Kashmiri, Adnan, & Butt, 2006; Wang et al., 2018).

Вместе с этим ведутся работы и по поиску путей ингибирования липолитических ферментов в пищевых изделиях. Липолитические ферменты в изделиях могут появляться в результате роста обладающей липолитической активностью микробиоты, инициируемой процессами влагопереноса и появлением свободной влаги в процессе хранения многослойных кондитерских изделий, таких как торты, глазированные конфеты, глазированные мармеладо-пастильные изделия и др. Показатели микробиологической безопасности при этом соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»¹. Зачастую при производстве глазированных кондитерских изделий используется глазурь на основе заменителей масла какао лауринового типа. Такие глазури подвергаются воздействию липаз в процессе хранения, что может привести к последующему ухудшению качества кондитерского полуфабриката (глазури) и готовой продукции.

В случае с многослойными кондитерскими изделиями происходит миграция влаги к верхнему слою с глазурью. Наличие липазы в одном из сырьевых компонентов кондитерских изделий, изготовленных с использованием жиров лауринового типа, с высокими значениями активности воды в полуфабрикатах в условиях хранения при комнатных температурах приводит к появлению неприятного мыльного вкуса в изделии.

В отличие от инвертазы, активно применяемой в кондитерской промышленности, липаза может оказывать негативное влияние на вкусовые качества кондитерских изделий (Printseva, Sharova, & Vybornova, 2018). Повышение липолитической активности в процессе хранения различных групп кондитерских изделий, в том числе состоящих из двух и более полуфабрикатов, может приводить к накоплению свободных жирных кислот. При высоком содержании в жировой фракции радикалов жирных кислот со средней длиной цепи, в частности лауриновой и миристиновой кислот, такой процесс может привести к необратимому изменению вкуса и запаха в процессе хранения. Появление такой продукции в торговой сети способно нанести непоправимый вред репутации производителя данного изделия.

¹ ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. (2019). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>.

Жирные кислоты со средней длиной цепи (лауриновая, миристиновая), отщепляясь от триглицеридов под действием липазы, в свободном виде обладают характерным неприятным «мылким» привкусом, который ощущается в кондитерских изделиях при очень низких концентрациях, например, для свободной лауриновой кислоты – уже при концентрации 0,1 % (Guerrand, 2017; Talbot, 2017).

Высокое содержание таких кислот (до 55%) характерно для жировой фракции глазурей и кондитерских изделий, изготовленных с использованием кокосового и пальмоядрового масел (Скокан, Руденко, Осипов, Кондратьев, & Парашина, 2015; Руденко, Кондратьев, Пестерев, Баженова, & Линовская, 2019; Пестерев, Баженова, & Руденко, 2019).

С целью ингибирования активности липолитических ферментов проводятся исследования свойств различных пищевых материалов и растений. Исследована возможность использования биологически активных соединений растительного и микробного происхождения для ингибирования липолитической активности в пищевых продуктах (Ado, Abas, Mohammed, & Ghazali, 2013; Toma, Makonnen, Mekonnen, Debell, & Addisakwattana, 2014; Bustanji et al., 2011; Birari & Bhutani, 2007).

Исследование сырьевых компонентов пищевых изделий, таких как сухое молоко, яичный белок, какао порошок, мука пшеничная и т.д., представляет собой особый интерес. Наличие липолитической активности в любом из сырьевых компонентов многослойного кондитерского изделия, изготовленного с использованием жиров лауринового типа, может привести к его органолептической порче.

Таким образом, целью работы стало изучение влияния широко используемых рецептурных компонентов в пищевой промышленности: органических кислот, студнеобразователей и ионов металлов на липолитическую активность в модельных пищевых системах. Полученные результаты могут быть использованы для снижения риска липолитической порчи в процессе хранения сырья, полуфабрикатов и готовых изделий и увеличения их срока годности.

Материалы и методы

Материалы

В работе использовали растворители отечественного производства, липазу из поджелудочной железы свиньи, тип II (КФ 3.1.1.3, производство

Sigma Aldrich, 100-650 единиц активности/мг белка при использовании оливкового масла в качестве субстрата) и индоксилацетат (производство Sigma Aldrich).

В качестве модельной пищевой системы использовали эмульсию оливкового масла в фосфатном буферном растворе, в качестве эмульгатора использовался гуммиарабик.

Оборудование

Термостатирование исследуемых образцов производили в эксикаторе в термостате MIR-262, Sanyo, Япония. Измерение интенсивности цветовой окраски индикаторных дисков проводили с помощью колориметра Chroma Meter CR-410.

Методы исследования

Для определения липолитической активности использовали метод с использованием индоксилацетата в качестве субстрата липазы. Индоксилацетат под воздействием липолитических ферментов гидролизует и окрашивается в синий цвет. При этом индоксилацетат расщепляется до индоксильной и ацетатной группировок с последующим самопроизвольным образованием красителя синий индиго (Рисунок 1).

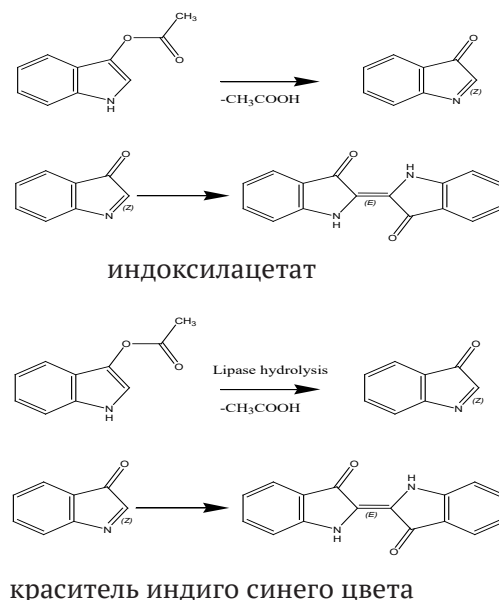


Рисунок 1. Процесс расщепления индоксилацетата с дальнейшим образованием красителя синий индиго

Обработку полученных данных и графическую интерпретацию производили с помощью программы MS Excel.

Процедура исследования

Для приготовления буферного раствора растворяли 2,49 г фосфорнокислого натрия и 0,82 г фосфорнокислого калия в 100 мл дистиллированной воды, перемешивали до полного растворения (рН буферного раствора 7,2).

Для определения влияния органических кислот, студнеобразующих веществ и солей металлов в модельную пищевую систему вносили заданное количество определяемого вещества до достижения необходимой концентрации и раствор липазы с активностью 250 единиц, после чего помещали исследуемый образец на индикаторный диск, обработанный раствором индоксилацетата. Одна единица активности соответствует 1 мкмоль жирной кислоты, высвобождаемой из эмульсии оливкового масла за 1 час при 37 °С и рН 8,0.

Липолитическая активность оценивалась по интенсивности окрашивания индикаторных дисков, измерение цветовой окраски индикаторных дисков проводили после термостатирования в эксикаторе.

Результаты и их обсуждение

В рамках исследования путей ингибирования липолитической активности модельной пищевой системы был рассмотрен ряд соединений. Оценку степени ингибирования липолитической активности проводили с помощью метода с использованием индоксилацетата в качестве субстрата липазы. Несмотря на разный аминокислотный состав (остатки, молекулярные массы, трехмерные структуры и т.д.) липаз из различных источников, благодаря биологической гомологии их каталитические центры имеют схожие или идентичные области (Winkler, D'Arcy, & Hunziker, 1990). Поэтому в качестве контрольного эталонного образца, принимаемого за 100% активности, выступал раствор липазы из поджелудочной железы свиньи с активностью 250 единиц.

Известно, что ряд органических кислот используются в качестве консервантов для предохранения от микробиологической порчи пищевых продуктов. Кроме этого, кислая среда способствует замедлению роста микробиоты. Некоторые органические кислоты, такие как лимонная, молочная и т.д., входят в состав рецептур в качестве вкусовых компонентов. Использование органических кислот и для создания вкуса изделия, и для ингибирования липазы являлось бы оптимальным

решением для производителя глазированных кондитерских изделий.

Одним из факторов, влияющих на активность липолитических ферментов, является значение рН среды. Поэтому, в первую очередь, было изучено влияние широко используемых органических кислот в пищевой промышленности на липолитическую активность. Концентрации органических кислот обоснованы в соответствии с классическими рецептурами на мармелад, пастилу и зефир (Иванушко, Круглова, Морозова, Серик, & Якубовича, 1974). Результаты оценки подавления липолитической активности представлены на Рисунке 2.

Установлено, что липолитическая активность снижалась в разной степени для разных кислот при повышении их концентрации. При одинаковой концентрации кислот (одинаковой кислотности) именно лимонная кислота обладает наибольшим ингибирующим воздействием по отношению к исследуемой липазе (90%). Возможно, это связано со связыванием активного центра липазы, однако механизм влияния лимонной кислоты на липолитическую активность требует дальнейших исследований (Khan et al., 2017).

При использовании высокой концентрации лимонной кислоты (0,5 моль/л) выявлено практически полное ингибирование липолитических ферментов. Однако при уменьшении концентрации растворов лимонной кислоты до 0,25 и 0,15 моль/л установлено подавление липолитической активности на 20% и 10%, соответственно, по сравнению с контрольным образцом. При использовании разбавленных растворов с концентрацией 0,10 моль/л подавление активности липолитических ферментов не наблюдалось.

Раствор молочной кислоты с высокой концентрацией (0,5 моль/л) обладает слабыми свойствами ингибитора липолитической активности. При использовании раствора молочной кислоты с концентрацией 0,25 моль/л происходило подавление липолитической активности относительно контроля на 5%, при использовании разбавленных растворов с концентрациями 0,15 моль/л и 0,10 моль/л подавления активности не наблюдалось.

Аскорбиновая кислота при использовании раствора с высокой концентрацией (0,5 моль/л) обладала слабым ингибирующим действием. При использовании раствора аскорбиновой кислоты с концентрацией 0,25 моль/л происходило подавление липолитической активности относительно

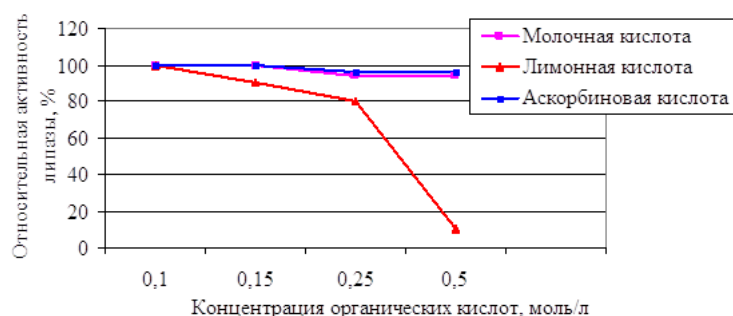


Рисунок 2. Влияние различных кислот на липолитическую активность

контроля на 5%. При использовании разбавленных растворов с концентрациями 0,15 моль/л и 0,10 моль/л подавления липолитической активности не наблюдалось.

Сорбиновая кислота, используемая при изготовлении кондитерских изделий в качестве консерванта, обладает плохой растворимостью в воде. При максимально возможной концентрации сорбиновой кислоты 0,014 моль/л не наблюдалось подавления липолитической активности в модельной пищевой системе.

Согласно рецептурам различных пастильно-мармеладных изделий, концентрация лимонной кислоты в пересчете на свободную влагу находится в диапазоне 0,05-0,12 моль/л, что обуславливает ее незначительное влияние на ингибирование липолитических ферментов.

Полученные результаты способствуют созданию кондитерских изделий, изготовленных с использованием жиров лауринового типа, с повышенным сроком годности за счет увеличения стойкости к гидролизу жирных кислот, и соответствуют литературным данным (Guerrand, 2017; Talbot, 2017).

Различные виды студнеобразователей, такие как агар-агар, желатин и пектин, широко используются в производстве различных кондитерских изделий, поэтому мы изучили их влияние на липолитическую активность.

Концентрации студнеобразователей в образцах модельной пищевой системы обоснованы в соответствии с классическими рецептурами различных пастило-мармеладных изделий (Иванушко, Круглова, Морозова, Серик, & Якубович, 1974). Для исследования ингибирования липолитических ферментов исследованы растворы агар-агара с концентрациями 0,5% и 1%, растворы желатина с концентрациями 2%, 4% и 6%, растворы пектина с концентрациями 1% и 2% пектина в реакционной смеси. Результаты представлены на Рисунке 3.

Установлено, что при использовании 1%-го раствора агар-агара липолитическая активность увеличилась, приблизительно, на 10%. Изучение 0,5%-го раствора показало увеличение активности, приблизительно, на 4%. Это может быть связано с тем, что конформационные изменения активного центра липазы происходят с определенными субстратами, однако изучение закономерности влияния раствора агар-агара на липолитическую

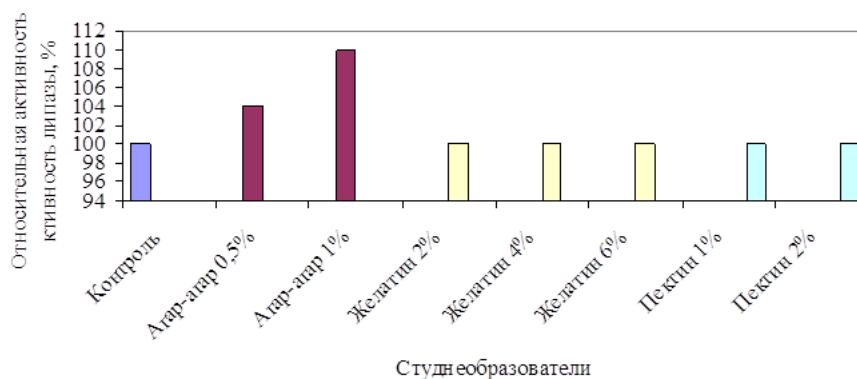


Рисунок 3. Влияние студнеобразователей на липолитическую активность эмульсии оливкового масла с добавленной липазой

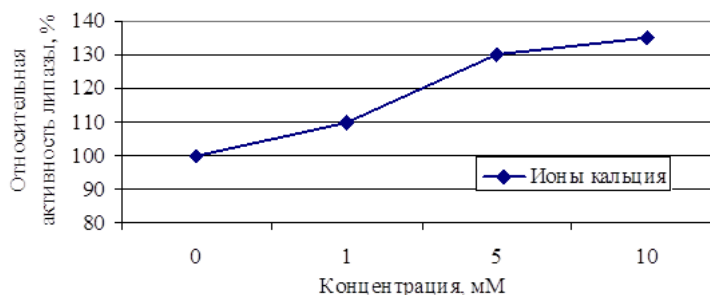


Рисунок 4. Влияние ионов кальция на липолитическую активность в модельной пищевой системе

активность требует дальнейшего исследования (Khan et al., 2017).

Использование растворов пектина и желатина не оказывало значительного влияния на липолитическую активность.

Полученные результаты согласуются с литературными данными, в которых также были обнаружены как вещества-ингибиторы, так и вещества, увеличивающие липолитическую активность (Ado, Abas, Mohammed, & Ghazali, 2013; Toma, Makonnen, Mekonnen, Debella, & Addisakwattana, 2014; Bustanji et al., 2011; Birari & Bhutani, 2007).

На следующем этапе исследования изучили влияние ионов кальция на липолитическую активность, поскольку высокое содержание кальция характерно для молочных продуктов, которые являются одним из основных сырьевых компонентов для кондитерских изделий. Содержание кальция в молоке находится в диапазоне от 120 до 136 мг/100 г². Результаты представлены на Рисунке 4.

Установлено, что ионы кальция обладают сильным активирующим действием на липолитическую активность пищевой модельной системы. При увеличении концентрации ионов кальция от 0 до 10 mM (40 мг/100 г) липолитическая активность увеличивается, приблизительно, на 35%.

Таким образом, показано, что добавление лимонной кислоты в модельной пищевой системе приводит к снижению липолитической активности, а наличие ионов кальция увеличивают активность липолитических ферментов. Использование пектина и желатина не оказывало влияния на липолитическую активность, а применение агар-агара, наоборот, увеличивало активность липолитических ферментов в модельной пищевой системе.

Выводы

Исследовано влияние различных кислот, студнеобразователей и ионов кальция на липолитическую активность в модельной пищевой системе. Установлено, что максимальным влиянием на липолитическую активность среди исследованных кислот обладает лимонная кислота, которая подавляет активность липолитических ферментов в широком диапазоне концентраций.

Подтверждено, что при использовании высокой концентрации (0,5 моль/л и более) происходит практически полное ингибирование липолитической активности. При использовании разбавленных растворов лимонной кислоты (0,15 моль/л) выявлено подавление липолитической активности на 10% относительно контрольного образца.

Установлено, что агар-агар, а также ионы кальция увеличивают липолитическую активность, поэтому использование таких рецептурных компонентов для продукции с длительным сроком годности (более 2–3 месяцев) требует тщательного контроля.

Полученные на модельных пищевых системах результаты можно распространить на глазированные кондитерские изделия, в которых возможно существенное повышение активности липолитических ферментов на граничном межфазном слое, приводящее к ухудшению их органолептических характеристик и уменьшению срока годности. В наибольшей степени это относится к различным группам кондитерским изделиям, состоящих из нескольких полуфабрикатов, глазированных глазурью, изготовленной с использованием жиров лауринового типа, таких как кокосовый или пальмоядровый. Поэтому необходимо проведение дальнейших исследований ингибирования активности липазы в таких кондитерских изделиях.

² Скурихина, И. М., & Тутельяна, В. А. (Ред.) (2007). Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справочник. М.: ДеЛи принт.

Полученные результаты способствуют разработке рецептур кондитерских изделий с пониженным риском липолитической порчи и увеличенным сроком годности.

Литература

- Пестерев, М. А., Баженова, А. Е., & Руденко, О. С. (2019). Влияние скорости влагопереноса на изменение активности липазы в глазированных мучных кондитерских изделиях. В Сборник научных трудов XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов организаций в сфере сельскохозяйственных наук (с. 256-262). Углич: ВНИИМС – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.
- Иванушко, Л. С., Кругловой, Г. И., Морозовой, И. И., Серика, А. П., & Якубовича, Е. И. (Ред.) (1974). Рецептуры на мармелад, пастилу и зефир. М.: Пищевая Промышленность.
- Руденко, О. С., Кондратьев, Н. Б., Пестерев, М. А., Баженова, А. Е., & Линовская, Н. В. (2019). Взаимосвязь активности липазы и скорости влагопереноса в пряниках, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа. Вестник ВГУИТ, 81(4), 62-70. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-62-70>
- Скокан, Л. Е., Руденко, О. С., Осипов, М. В., Кондратьев, Н. Б., & Парашина, Ф. И. (2015). Липаза как один из факторов конкурентоспособности кондитерских изделий. Кондитерское производство, 4, 19-21.
- Ado, M. A., Abas, F., Mohammed, A. S., & Ghazali, H. M. (2013). Anti- and pro-lipase activity of selected medicinal, herbal and aquatic plants, and structure elucidation of an anti-lipase compound. *Molecules*, 18(12), 14651-14669. <https://doi.org/10.3390/molecules181214651>
- Almeida, R. V., Alquéres, S. M. C., Larentis, A. L., Rössle, S. C., Cardoso, A. M., Almeida, W. I., Bisch, P. M., Alves, T. L. M., & Martins, O. B. (2006). Cloning, expression, partial characterization and structural modeling of a novel esterase from *Pyrococcus furiosus*. *Enzyme and Microbial Technology*, 39(5), 1128-1136. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2006.02.021>
- Birari, R. B., & Bhutani, K. K. (2007). Pancreatic lipase inhibitors from natural sources: unexplored potential. *Drug Discovery Today*, 12(19-20), 879-889. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2007.07.024>
- Bustanji, Y., Mohammad, M., Hudaib, M., Tawaha, K. A., Almasri, I. M., Alkhatib, H. S., Issa, A., & Alali, F. (2011). Screening of some medicinal plants for their pancreatic lipase inhibitory potential. *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 81-88.
- Chahinian, H., Vanot, G., Ibrik, A., Rugani, N., Sarda, L., & Comeau, L.-C. (2000). Production of extracellular lipases by *Penicillium cyclopium* purification and characterization of a partial acylglycerol lipase. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 64(2), 215-222. <https://doi.org/10.1271/bbb.64.215>
- Contesini, F. J., Calzado, F., Madeira Jr., J. V., Rubio, M. V., Zubietta, M. P., de Melo, R. R., & Gonçalves, T. A. (2017). *Aspergillus* lipases: Biotechnological and industrial application. In: J. M. Mérillon, K. G. Ramawat (Eds.) *Fungal Metabolites. Reference Series in Phytochemistry* (pp. 639-666). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25001-4_17
- Ferreira, A. N., Ribeiro, D. D. S., Santana, R. A., Felix, A. C. S., Alvarez, L. D. G., de Oliveira Lima, E., de Freitas, J. S., Valasques Junior, G. L., Franco, M., & do Nascimento Junior, B. B. (2017). Production of lipase from *Penicillium* sp. using waste oils and *Nopalea cochenillifera*. *Chemical Engineering Communications*, 204(10), 1167-1173. <https://doi.org/10.1080/00986445.2017.1347567>
- Guerrand, D. (2017). Lipases industrial applications: focus on food and agroindustries. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 24(4), 1-7. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017031>
- Hasan, F., Shah, A., & Hameed, A. (2006). Industrial applications of microbial lipases. *Enzyme and Microbial Technology*, 39(2), 235-251. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.10.016>
- Hasan, F., Shah, A. A., & Hameed, A. (2009). Methods for detection and characterization of lipases: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*, 27(6), 782-798. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.06.001>
- Houde, A., Kademi, A., & Leblanc, D. (2004). Lipases and their industrial applications. An overview. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 118, 155-170. <https://doi.org/10.1385/ABAB:118:1-3:155>
- Kashmiri, M. A., Adnan, A., & Butt, B.W. (2006). Production, purification and partial characterization of lipase from *Trichoderma viride*. *African Journal of Biotechnology*, 5(10), 878-882. <https://doi.org/10.4314/ajb.v5i10.42916>
- Khan, F. I., Lan, D., Durrani, R., Huan, W., Zhao, Z., & Wang, Y. (2017). The lid domain in lipases: Structural and functional determinant of enzymatic properties. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 5(16), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2017.00016>
- Kumar, A., Mukhia, S., Kumar, N., Acharya, V., Kumar, S., & Kumar, R. (2020). A broad temperature active lipase purified from a psychrotrophic

- bacterium of sikkim himalaya with potential application in detergent formulation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8(642), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00642>
- Printseva, A. A., Sharova, N. Yu., & Vybornova, T. V. (2018). Research of invertase activity when changing the parameters of the fermentation process sugar-mineral medium and hydrolysate of starch by the micromycete *Aspergillus Niger*. *Food systems*, 1(1), 19-23. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-1-19-23>
- Shamel, M. M., Ramachandran, K. B., & Hasan, M. (2005). Operational stability of lipase enzyme: Effect of temperature and shear. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 13(5-6), 599-604. <https://doi.org/10.1002/apj.5500130509>
- Talbot, G. (2014). Fats for chocolate and sugar confectionery. In: K. K. Rajah (Ed.) *Fats in food technology* (pp. 153-184, 2nd ed.). Wiley Blackwell, West Sussex. <https://doi.org/10.1002/9781118788745.ch5>
- Toma, A., Makonnen, E., Mekonnen, Y., Debella, A., & Addisakwattana, S. (2014). Intestinal alpha-glucosidase and some pancreatic enzymes inhibitory effect of hydroalcoholic extract of *Moringa stenopetala* leaves. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14(180), 5. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-180>
- Vardanega, R., Remonatto, D., Arbter, F., Polloni, A., Rigo, E., Ninow, J. L., Treichel, H., de Oliveira D., & di Luccio, M. (2010). A systematic study on extraction of lipase obtained by solid-state fermentation of soybean meal by a newly isolated strain of *Penicillium* sp. *Food and Bioprocess Technology*, 3(3), 461-465. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0224-9>
- Wang, Y., Ma, R., Li, S., Gong, M., Yao, B., Bai, Y., & Gu, J. (2018). An alkaline and surfactant-tolerant lipase from *Trichoderma lentiforme* ACCC30425 with high application potential in the detergent industry. *AMB Express*, 8(95), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0618-z>
- Winkler, F. K., D'Arcy, A., & Hunziker, W. (1990). Structure of human pancreatic lipase. *Nature*, 343, 771-774. <https://doi.org/10.1038/343771a0>
- Yu, X.-W., Xu, Y., & Xiao, R. (2016). Lipases from the genus *Rhizopus*: Characteristics, expression, protein engineering and application. *Progress in Lipid Research*, 64, 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2016.08.001>

Inhibition of Lipolytic Activity in Model Food Systems

Mikhail A. Lavrukhin

*All-Russian Scientific Institute of Confectionery Industry -
Branch of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food System of RAS
20, build. 3, Electrozavodskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation
E-mail: mikh.lavrukhin@gmail.com*

Oksana S. Rudenko

*All-Russian Scientific Institute of Confectionery Industry -
Branch of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food System of RAS
20, build. 3, Electrozavodskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation
E-mail: oxana0910@mail.ru*

Nikolay B. Kondratyev

*All-Russian Scientific Institute of Confectionery Industry -
Branch of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food System of RAS
20, build. 3, Electrozavodskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation
E-mail: conditerpromnbk@mail.ru*

Alla E. Bazhenova

*All-Russian Scientific Institute of Confectionery Industry -
Branch of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food System of RAS
20, build. 3, Electrozavodskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation
E-mail: bajenova.a@mail.ru*

Maxim V. Osipov

*All-Russian Scientific Institute of Confectionery Industry -
Branch of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food System of RAS
20, build. 3, Electrozavodskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation
E-mail: maxvosipov@yandex.ru*

Lipolytic spoilage of food products is increasingly becoming the reason for the rejection of confectionery products. This is due to several major factors - the use of lauric-type cocoa butter substitutes and food requirements of increasing shelf life. The use of lauric-type cocoa butter substitutes may lead to organoleptic during the storage of confectionery products, which is expressed in the appearance of an off-odor, soapy taste, rancid taste, etc. These phenomena are caused by the hydrolytic processes of decomposition of products fats, which occurs under the influence of the lipase enzyme. These enzymes (EC 3.1.1.3) have substrate specificity for fats. The aim of this work was to study possible ways of lipase inhibition in model food systems. The effect on lipolytic activity in model food systems of widely used in the food industry organic acids, gelling agents and metal ions has been studied. The change in lipase activity from porcine pancreas in model samples was determined by a method based on the oxidation of indoxyl acetate. It was confirmed that an almost complete inhibition of lipolytic activity occurs at a citric acid concentration of 0.5 mol/l or more. When using a citric acid concentration of 0.15 mol / l, a suppression of lipolytic activity by 10% relative to the control sample was revealed. It was found that agar-agar, as well as calcium ions, significantly increase lipolytic activity. The results obtained contribute to the development of glazed confectionery formulations containing lauric fats, with a reduced risk of lipolytic spoilage and an increased shelf life.

Keywords: confectionery, lipase, lipolytic activity, indoxyl acetate, colorimetry, preservatives, gelling agents, calcium ions

References

- Ivanushko, L. S., Kruglovoi, G. I., Morozovoi, I. I., Serika, A. P., & Yakubovicha, E. I. (Red.) (1974). *Retseptury na marmelad, pastilu i zefir* [Recipes for marmalade, marshmallow and marshmallow]. Moscow: Pishchevaya Promyshlennost'.
- Pesterev, M. A., Bazhenova, A. E., & Rudenko, O. S. (2019). Vliyanie skorosti vlagoperenosa na izmenenie aktivnosti lipazy v glazirovannykh

- muchnykh konditerskikh izdelii [Influence of the rate of moisture transfer on the change in lipase activity in glazed flour confectionery products]. In *Sbornik nauchnykh trudov XIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov organizatsii v sfere sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Collection of scientific papers of the XIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists of Organizations in the Field of Agricultural Sciences] (pp. 256-262). Uglich: VNIIMS – filial FGBNU «Federal'nyi nauchnyi tsentr pishchevykh sistem im. V.M. Gorbatova» RAN.
- Rudenko, O. S., Kondrat'ev, N. B., Pesterev, M. A., Bazhenova, A. E., & Linovskaya, N. V. (2019). Vzaimosvyaz' aktivnosti lipazy i skorosti vlagoperenosa v pryanikakh, glazirovannykh konditerskoi glazur'yu na osnove zhirov laurinovogo tipa [Relationship between lipase activity and moisture transfer rate in gingerbread glazed with confectionery glaze based on lauric-type fats]. *Vestnik VGUIT* [Bulletin Voronezh State University of Engineering Technologies], 81(4), 62-70. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-62-70>
- Skokan, L. E., Rudenko, O. S., Osipov, M. V., Kondrat'ev, N. B., & Parashina, F. I. (2015). Lipaza kak odin iz faktorov konkurentosposobnosti konditerskikh izdelii [Lipase as one of the factors of the competitiveness of confectionery]. *Konditerskoe proizvodstvo* [Confectionery production], 4, 19-21.
- Ado, M. A., Abas, F., Mohammed, A. S., & Ghazali, H. M. (2013). Anti- and pro-lipase activity of selected medicinal, herbal and aquatic plants, and structure elucidation of an anti-lipase compound. *Molecules*, 18(12), 14651-14669. <https://doi.org/10.3390/molecules181214651>
- Almeida, R. V., Alquéres, S. M. C., Larentis, A. L., Rösle, S. C., Cardoso, A. M., Almeida, W. I., Bisch, P. M., Alves, T. L. M., & Martins, O. B. (2006). Cloning, expression, partial characterization and structural modeling of a novel esterase from *Pyrococcus furiosus*. *Enzyme and Microbial Technology*, 39(5), 1128-1136. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2006.02.021>
- Birari, R. B., & Bhutani, K. K. (2007). Pancreatic lipase inhibitors from natural sources: unexplored potential. *Drug Discovery Today*, 12(19-20), 879-889. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2007.07.024>
- Bustanji, Y., Mohammad, M., Hudaib, M., Tawaha, K. A., Almasri, I. M., Alkhatib, H. S., Issa, A., & Alali, F. (2011). Screening of some medicinal plants for their pancreatic lipase inhibitory potential. *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 81-88.
- Chahinian, H., Vanot, G., Ibrik, A., Rugani, N., Sarda, L., & Comeau, L.-C. (2000). Production of extracellular lipases by *Penicillium cyclopium* purification and characterization of a partial acylglycerol lipase. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 64(2), 215-222. <https://doi.org/10.1271/bbb.64.215>
- Contesini, F. J., Calzado, F., Madeira Jr., J. V., Rubio, M. V., Zubieta, M. P., de Melo, R. R., & Gonçalves, T. A. (2017). Aspergillus lipases: Biotechnological and industrial application. In: J. M. Mérillon, K. G. Ramawat (Eds.) *Fungal Metabolites. Reference Series in Phytochemistry* (pp. 639-666). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25001-4_17
- Ferreira, A. N., Ribeiro, D. D. S., Santana, R. A., Felix, A. C. S., Alvarez, L. D. G., de Oliveira Lima, E., de Freitas, J. S., Valasques Junior, G. L., Franco, M., & do Nascimento Junior, B. B. (2017). Production of lipase from *Penicillium* sp. using waste oils and *Nopalea cochenillifera*. *Chemical Engineering Communications*, 204(10), 1167-1173. <https://doi.org/10.1080/00986445.2017.1347567>
- Guerrand, D. (2017). Lipases industrial applications: focus on food and agroindustries. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 24(4), 1-7. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017031>
- Hasan, F., Shah, A., & Hameed, A. (2006). Industrial applications of microbial lipases. *Enzyme and Microbial Technology*, 39(2), 235-251. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.10.016>
- Hasan, F., Shah, A. A., & Hameed, A. (2009). Methods for detection and characterization of lipases: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*, 27(6), 782-798. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.06.001>
- Houde, A., Kademi, A., & Leblanc, D. (2004). Lipases and their industrial applications. An overview. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 118, 155-170. <https://doi.org/10.1385/ABAB:118:1-3:155>
- Kashmiri, M. A., Adnan, A., & Butt, B.W. (2006). Production, purification and partial characterization of lipase from *Trichoderma viride*. *African Journal of Biotechnology*, 5(10), 878-882. <https://doi.org/10.4314/ajb.v5i10.42916>
- Khan, F. I., Lan, D., Durrani, R., Huan, W., Zhao, Z., & Wang, Y. (2017). The lid domain in lipases: Structural and functional determinant of enzymatic properties. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 5(16), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2017.00016>
- Kumar, A., Mukhia, S., Kumar, N., Acharya, V., Kumar, S., & Kumar, R. (2020). A broad temperature active lipase purified from a psychrotrophic bacterium of sikkim himalaya with potential application in detergent formulation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8(642), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00642>
- Printseva, A. A., Sharova, N. Yu., & Vybornova, T. V. (2018). Research of invertase activity when chang-

- ing the parameters of the fermentation process sugar-mineral medium and hydrolysate of starch by the micromycete *Aspergillus Niger*. *Food systems*, 1(1), 19-23. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-1-19-23>
- Shamel, M. M., Ramachandran, K. B., & Hasan, M. (2005). Operational stability of lipase enzyme: Effect of temperature and shear. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 13(5-6), 599-604. <https://doi.org/10.1002/apj.5500130509>
- Talbot, G. (2014). Fats for chocolate and sugar confectionery. In: K. K. Rajah (Ed.) *Fats in food technology* (pp. 153-184, 2nd ed.). Wiley Blackwell, West Sussex. <https://doi.org/10.1002/9781118788745.ch5>
- Toma, A., Makonnen, E., Mekonnen, Y., Debell, A., & Addisakwattana, S. (2014). Intestinal alpha-glucosidase and some pancreatic enzymes inhibitory effect of hydroalcoholic extract of *Moringa stenopetala* leaves. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14(180), 5. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-180>
- Vardanega, R., Remonatto, D., Arbter, F., Polloni, A., Rigo, E., Ninow, J. L., Treichel, H., de Oliveira D., & di Luccio, M. (2010). A systematic study on extraction of lipase obtained by solid-state fermentation of soybean meal by a newly isolated strain of *Penicillium* sp. *Food and Bioprocess Technology*, 3(3), 461-465. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0224-9>
- Wang, Y., Ma, R., Li, S., Gong, M., Yao, B., Bai, Y., & Gu, J. (2018). An alkaline and surfactant-tolerant lipase from *Trichoderma lentiforme* ACCC30425 with high application potential in the detergent industry. *AMB Express*, 8(95), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0618-z>
- Winkler, F. K., D'Arcy, A., & Hunziker, W. (1990). Structure of human pancreatic lipase. *Nature*, 343, 771-774. <https://doi.org/10.1038/343771a0>
- Yu, X.-W., Xu, Y., & Xiao, R. (2016). Lipases from the genus *Rhizopus*: Characteristics, expression, protein engineering and application. *Progress in Lipid Research*, 64, 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2016.08.001>

Оптимизация технологии получения вкусароматического препарата с ароматом сливочного сыра

Борисова Анна Викторовна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Адрес: 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244

E-mail: anna_borisova_63@mail.ru

Чалдаев Павел Александрович

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Адрес: 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244

E-mail: pal-sanych@mail.ru

Целью настоящего исследования явилось определение технологических параметров получения вкусароматического препарата с ароматом сливочного сыра путем ферментной модификации молочного сырья. Ферментно-модифицированный сыр (ФМС) широко применяют в молочной промышленности для производства ускоренно созревающего сыра, аналогов сыра и сырных продуктов, снековой продукции и др. При получении ФМС важно получить аромат соответствующего сыра. Аромат ФМС образуется целой группой веществ, включающих альдегиды, кетоны, летучие жирные кислоты, аминокислоты, лактаты и проч. На образование этих вкусароматических компонентов влияют условия и глубина процесса ферментации. В данной работе проведена математическая оптимизация технологии получения ферментно-модифицированного сыра со сливочным ароматом. Планирование и анализ результатов эксперимента осуществляли с помощью системы статистического анализа – Statistica 10.0. В качестве плана эксперимента выбран трехуровневый полный факторный эксперимент, позволяющий оценить совместное влияние нескольких факторов при минимальном числе опытов. В качестве факторов, способных повлиять на качество сырного ароматизатора, выбраны дозировка ферментного препарата (0,2-1,0%), pH (4,5-6,5), температура (28-48 °C) и продолжительность процесса ферментации (24-72 ч). Откликом служила органолептическая оценка получаемых в ходе эксперимента проб сырного ароматизатора, выраженная в баллах. В результате обработки экспериментальных данных получена математическая зависимость интенсивности запаха сырного ароматизатора (Y) от температуры (X1), pH среды (X2), продолжительности ферментации (X3) и дозировки фермента (X4). Получены графические интерпретации зависимости органолептической оценки от условий ферментации, профили предсказанных значений и функция желательности. С достаточной долей уверенности можно утверждать, что наиболее оптимальными параметрами процесса ферментации, позволяющими получить сырный ароматизатор наилучшего качества, являются следующие значения: температура ферментации – 48°C, pH – на уровне 4,5, продолжительность ферментации – 48 часов, дозировка фермента – 1 %.

Ключевые слова: ферментно-модифицированный сыр, оптимизация, полный факторный эксперимент, сырный аромат, натуральный ароматизатор, коровье молоко, липаза

Введение

Производство и применение в продуктах питания натуральных ароматизаторов является актуальной проблемой в пищевой промышленности. Следование тенденциям здорового образа жизни заставляет многих людей отдавать предпочтение продукции, не содержащей в своем составе искусственных добавок. Сырный ароматизатор является достаточно востребованным и применяется при производстве многих продуктов. К натуральным ароматизаторам сырного профиля относят вкусароматические препараты, получаемые фермент-

ной обработкой сырной массы, называемые за рубежом ферментно-модифицированным сыром (enzyme-modified cheese). В результате кратковременной ферментации получается масса, напоминающая по вкусу сыр, созревающий в течение 2-3 месяцев. Такую добавку можно использовать в технологии различных пищевых продуктов: плавленых сыров и имитированных сырных продуктов, соусах, крекерах, хлебобулочных, макаронных изделий и прочих (Azarnia, Lee, Yaylayan, & Kilcawley, 2010; Noronha, Cronin, O’Riordan, & O’Sullivan, 2008a; Noronha, Cronin, O’Riordan, & O’Sullivan, 2008b; Januszkiewicz, Sabik, Azarina, & Lee, 2008;

Moskowitz & Noelck, 1987; Hannon, Kilcawley, Wilkinson, Delahunty, & Beresford, 2006; McSweeney, 2004). Благодаря глубокому расщеплению белков и жиров в ферментно-модифицированном сыре (ФМС) содержится большое количество вкусоароматических компонентов, соответствующих профилю сыра, поэтому при использовании приемов ускоренной ферментации сырной массы в технологии сыроделия можно сокращать сроки созревания традиционных сыров. Использование ФМС в имитированных сырных продуктах и низкожирных сырах маскирует отсутствие в них характерного запаха и вкуса.

При изготовлении ФМС важными параметрами являются состав бактериальной закваски, состав исходного молока, вид и активность используемых ферментов, условия и продолжительность ферментации (Ali et al., 2017; Ali et al., 2019; Amighi, Emam-Djomeh, & Madadlou, 2015; Azarnia, Lee, Yaylayan, & Kilcawley, 2010; Bas, Kendirci, Salum, Govce, & Erbay, 2019; Haileselassie, Lee, & Gibbs, 1999; Noronha et al., 2008a; Noronha et al., 2008b; Januszkiewicz et al., 2008; Moskowitz & Noelck, 1987; Hannon et al., 2006; McSweeney, 2004; Kilcawley, Wilkinson, & Fox, 2006; Mohebbi et al., 2008; Moosavi-Nasab, Radi, & Jouybari, 2010; Kendirci, Salum, Bas, & Erbay, 2020; Seo, Son, & Kim, 1995). Как известно, аромат сыра образуется из смеси соединений. Нет конкретного вещества, полностью повторяющего аромат сыра. В образовании аромата принимают участие продукты метаболизма лактозы и лактатов, жирных кислот и молочных белков (Рисунок 1) (Hannon

et al., 2006). Например, в образовании аромата сыра Чеддер принимают участие свыше 180 компонентов, среди которых спирты, альдегиды, кетоны, эфиры, лактоны, сульфиды, свободные жирные кислоты и пиразины (Januszkiewicz et al., 2008). Важнейшими соединениями вкуса и аромата сыра Чеддер являются свободные жирные кислоты, диметилсульфид, диацетил, бутанон, 2-пентанон, молочная кислота, уксусная кислота и продукты протеолиза белков. Для сыра с голубой плесенью характерно наличие уксусной, бутановой кислот, ацетона, метилкетона, 2-пентанола, метилгексаната, этилбутаноата, 2-нонанола и свободных жирных кислот (Caron, LePiver, Péron, Lieben, Lavigne, Brunel, Roueyre, Place, Bonnarme, Giraud, Branca, Landaud, & Chassard, 2021; Varming, Andersen, Petersen, & Ardö, 2013). Пролин и пропионовая кислота – важнейшие составляющие вкуса и аромата Швейцарского сыра (Moskowitz & Noelck, 1987).

Механизм образования аромата в ФМС можно считать аналогичным как для натурального сыра. Разница лишь во времени протекания процесса. При выработке ФМС все биохимические реакции протекают в контролируемых условиях быстрее. Во многом вкус и аромат получаемого вкусоароматического препарата зависят от используемых ферментных систем (Moskowitz & Noelck, 1987). Существует много схем и технологий получения ФМС, одна из популярных в последнее время – двухстадийная. На первой стадии контролируемо проводят протеолиз, а на второй липолиз. Авторами (Bas et al., 2019; Kilcawley et al., 2006) показано,

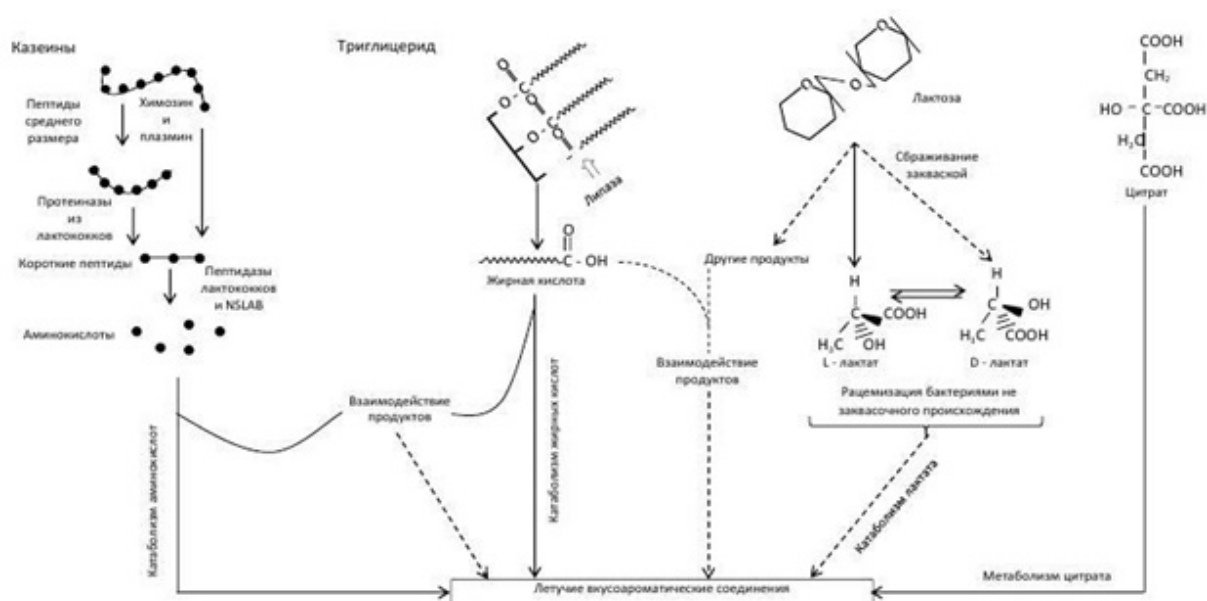


Рисунок 1. Схема образования ароматических соединений в сыре (Hannon et al., 2006)

что выход вкусоароматических компонентов при таком способе выше.

Некоторые исследователи отмечают, что на формирование вкуса большее влияние оказывают продукты протеолиза (Azarnia et al., 2010; Haileselassie et al., 1999; Mohebbi, et al., 2008; Kilcawley et al., 2006; Ali, et al., 2017; Bas, et al., 2019). Ведение протеолиза в контролируемых условиях позволяет добиться максимальной концентрации вкуса и снижения горечи. Горечь обуславливается короткими пептидами, являющимися промежуточной стадией гидролиза белков. Выход горьких соединений зависит во многом от используемых протеолитических ферментов. Также в работах отмечается зависимость от стартовых культур, от дозы фермента, дозы соли, температуры, pH и продолжительности протеолиза.

С другой стороны, существует устойчивое мнение, что на формирование аромата сыра большее влияние оказывают продукты липолиза – свободные жирные кислоты (Noronha, et al., 2008a; Noronha et al., 2008b; Kilcawley, Wilkinson, & Fox, 2001). Например, среднецепочечные жирные кислоты (C_4C_{12}) могут модифицировать аромат сыра от «протухшего» (бутановая кислота) до «острого» (гексановая кислота). Зависимость интенсивности аромата определяется теми же факторами, что и при протеолизе – вид и доза ферментов, условия ферментации. Температура ферментации может варьироваться на уровне 35-50°C (Azarnia, Lee, Yaylayan, & Kilcawley, 2010; Haileselassie et al., 1999; Mohebbi et al., 2008; Ali et al., 2017). Концентрацию используемого протеолитического фермента в различных работах устанавливают на уровне 0,026-0,3% (Mohebbi et al., 2008; Kilcawley et al., 2006; Bas et al., 2019), а липолитического от 0,5-5,0% (Kilcawley et al., 2006). Кислотность сырной массы при ферментации могут поддерживать на уровне 4,5-4,6 (Kilcawley et al., 2006), на уровне 5,0-5,5 (Noronha, et al. 2008a), а также выше 5,5 (Noronha et al., 2008a; Noronha et al., 2008b; Ali, et al., 2017). При этом в большинстве работ отмечается, что кислотность ниже 5,5 ед. pH лучше влияет на ароматообразование ФМС. Что касается времени ферментации, то этот показатель варьируется от 24 до 96 часов (Azarnia et al., 2010; Haileselassie et al., 1999; Mohebbi et al., 2008; Bas

et al., 2019). Время ферментации чаще всего зависит от силы фермента и температуры ферментации.

В России начиная с 1950-х годов также ведутся работы по созданию вкусоароматических препаратов из сыра с целью ускорения созревания традиционных сыров и производства сырных продуктов (Абдурахманова, 2006; Гинак, Герасимов, Успенская, & Долматов, 2000; Гудков, 2004; Долматов, Герасимов, & Гинак, 2001). Так, известны способы получения вкусоароматических препаратов с ароматом сыра Чеддер, сыра с благородной плесенью.^{1,2,3} Однако работ по разработке ФМС с ароматом сливочного сыра методом ферментации практически не встречается.

Целью данной работы являлась разработка оптимальной рецептуры и технологии приготовления ферментно-модифицированного сыра с ароматом сливочного сыра.

Материалы и методы исследования

Объекты исследования

В качестве основных материалов исследования были использованы: 1) молоко коровье жирностью 3,2%, с содержанием белка 3,0% от коров черно-пестрой породы Самарского типа; 2) закваска мезофильных молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий «Бифилакт-У» следующего видового состава: *Lactococcus lactis subsp. lactis* (Л), *Lactococcus lactis subsp. cremoris* (К), *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* (Д), *Streptococcus thermophilus* (невязкий) (Тс), *Bifidobacterium bifidum* и/или *B. longum*, и/или *B. adolescentis* (БФ), ФГУП «Экспериментальная биофабрика», г. Углич, Россия; 3) фермент Caglio Polvere Linea E (химозин 96%, пепсин 4%) Caglifacio Clerici SpA, Cadorago Co, Италия, свертывающая активность 300000 у.е; 4) соль-плавитель «ФОНАКОН®-В» (Е451i – трифосфат натрия (5-замещенный), Е450i – дигидропирофосфат натрия, Е450iii – пирофосфат тринатрия, Е339i – ортофосфат натрия 1-замещенный, Е339ii – ортофосфат натрия 2-замещенный) ТУ-2148-021-00203677-06 изм. 1,2, ОАО «РЕАТЭК», Россия; 5) липаза козья (Casa fondata nel 1872)

¹ Свириденко, Ю. Я., Перфильев, Г. Д., Козлова, В. М., & Свириденко Г. М. (1996). РФ Патент № 95104567. Способ производства препарата для ускорения сыров.

² Глобал Брэндс, К. Ф., Диас, Б. Е., Галер, Ч. Д., Моран, Д. В., Кока Р., Емельянов, Е. И. (2009). РФ Патент № 2374857. Ферментированный сырный концентрат для ароматизации пищевых продуктов и использующие его пищевые продукты, ароматизаторы и способы получения ароматизированного сыра (варианты).

³ Абрамов, Д. В., Мягконосов, Д. С., Свириденко, Ю. Я., Коновалова, Т. М., Дунаев, А. В., Козлова, В. М., & Кокарева, Н. В. (2012). РФ Патент № 2459433. Способ производства вкусоароматической добавки со вкусом и ароматом сыра типа «Чеддер».

Caglificio Clerici spa, Cadorago Co, Италия, активность 10000 у.е.

Методы исследования

Приготовление сырного сгустка

Из молока коровьего изготавливали сырный сгусток по следующей схеме: пастеризация (70°C, 10 мин), охлаждение (34°C), внесение бактериальной закваски, внесение молокосвертывающего фермента, образование сгустка, разрезание его на кубики, отделение сыворотки.

Приготовление вкусоароматического препарата – ФМС

В подготовленный сырный сгусток кислотностью pH 6,5 вносили соль-плавитель 0,2% и ферменты липазу и химозин в одинаковых дозировках в зависимости от номера эксперимента. Массу гомогенизировали в диспергаторе IKA T 18 DIGITAL ULTRA-TURRAX® при 6500 об/мин. Полученную однородную массу помещали в закрытые емкости и выдерживали в термостате при температуре, указанной в таблице 1, соответствующее номеру опыта количество времени. После ферментации ФМС пастеризовали при температуре 80°C в течение 10 мин, охлаждали до 34±2 °C и проводили органолептический анализ. Корректировку значе-

ния pH в ФМС проводили с помощью 50% раствора лимонной кислоты.

Математическая обработка результатов эксперимента

Изучение совместного влияния технологических параметров приготовления ФМС на его органолептические показатели проводили методами математического моделирования. Планирование и анализ результатов эксперимента осуществляли с помощью системы статистического анализа – Statistica 10.0. В качестве плана эксперимента выбран трехуровневый полный факторный эксперимент, позволяющий оценить совместное влияние нескольких факторов при минимальном числе опытов.

В качестве факторов, способных повлиять на качество ФМС, выбраны дозировка ферментного препарата (0,2-1,0 % с шагом 0,4 %), pH (4,5-6,5 с шагом 1,0), температура (28-48°C с шагом 10°C) и продолжительность процесса ферментации (24-72 ч с шагом 24 ч). Реальные значения факторов планирования эксперимента представлены в Таблице 1.

Откликом служила органолептическая оценка получаемых в ходе эксперимента проб ФМС, выраженная в баллах.

Таблица 1
Значения факторов планирования эксперимента

№ опыта	Температура, °C	pH	Продолжительность ферментации, ч	Дозировка фермента, %	№ опыта	Температура, °C	pH	Продолжительность ферментации, ч	Дозировка фермента, %
1	28	4,5	24	0,2	15	38	5,5	72	1
2	28	4,5	48	1	16	38	6,5	24	0,2
3	28	4,5	72	0,6	17	38	6,5	48	1
4	28	5,5	24	1	18	38	6,5	72	0,6
5	28	5,5	48	0,6	19	48	4,5	24	0,6
6	28	5,5	72	0,2	20	48	4,5	48	0,2
7	28	6,5	24	0,6	21	48	4,5	72	1
8	28	6,5	48	0,2	22	48	5,5	24	0,2
9	28	6,5	72	1	23	48	5,5	48	1
10	38	4,5	24	1	24	48	5,5	72	0,6
11	38	4,5	48	0,6	25	48	6,5	24	1
12	38	4,5	72	0,2	26	48	6,5	48	0,6
13	38	5,5	24	0,6	27	48	6,5	72	0,2
14	38	5,5	48	0,2					

Проведение органолептического анализа

Процедуру определения органолептической оценки ФМС проводили по ГОСТ 33630. Для количественной оценки органолептических показателей разработали шкалу оценки с коэффициентами значимости. Для этого определяли консистенцию, наличие и интенсивность

сырного сливочного аромата. Органолептическая оценка вкуса проб ФМС не проводилась по причине сильной их горечи, обусловленной образованием большого количества горьких пептидов при протеолизе. Каждому из показателей соответствовал коэффициент значимости и диапазон измеряемых баллов. Эти параметры приведены в Таблице 2.

Таблица 2

Органолептическая оценка проб ФМС

Показатель	Выставляемая оценка	Описание образца	Коэффициент значимости
Консистенция	1	Неоднородная, с расслоением массы	1
	2	Неоднородная, творожистая	
	3	Однородная, пастообразная	
Интенсивность аромата	1	Очень слабый	2
	2	Умеренный	
	3	Выраженный	
	4	Ярко выраженный	
Сырный сливочный аромат	0	Отсутствует	3
	1	Присутствует	

Общая органолептическая оценка рассчитывалась по формуле:

$$\sum O = (O_k \cdot K_k + O_i \cdot K_i + O_{c.a.} \cdot K_{c.a.}) / (K_k + K_i + K_{c.a.}), \quad (1)$$

где O_k , O_i , $O_{c.a.}$ – выставленная оценка за консистенцию, интенсивность аромата и наличие сливочного сырного аромата соответственно;
 K_k , K_i , $K_{c.a.}$ – коэффициент значимости консистенции, интенсивности аромата и наличия сливочного сырного аромата соответственно.

Все опыты проводили в трехкратной последовательности.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведения экспериментов были получены следующие органолептические характеристики образцов (Рисунок 2).

Как видно по Рисунку 2 наиболее высокая органолептическая оценка была выставлена образцам

19, 22, 23, 25. Образцы под этими номерами отличались характерным выраженным сырным сливочным ароматом, однородной пастообразной консистенцией. Ферментация данных образцов протекала при температуре 48 °С от 24 до 48 часов в зависимости от эксперимента.

В результате обработки экспериментальных данных получена математическая зависимость интенсивности запаха сырного ароматизатора (Y) от температуры (X_1), pH среды (X_2), продолжительности ферментации (X_3) и дозировки фермента (X_4), выраженная следующим уравнением:

$$Y = 1,296 + 0,397X_1 - 0,192X_2 + 0,092X_3 + 0,084X_4 - 0,224X_1^2 + 0,048X_2^2 + 0,176X_3^2, \quad (2)$$

Для проверки адекватности регрессионного уравнения воспользовались нормальным вероятностным графиком распределения остатков регрессии (Рисунок 3). Нормальное распределение остатков на графике подтверждает адекватность полученной модели.

⁴ ГОСТ 33630-2015. Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей. М.: Стандартинформ, 2016. <https://docs.cntd.ru/document/1200127756>

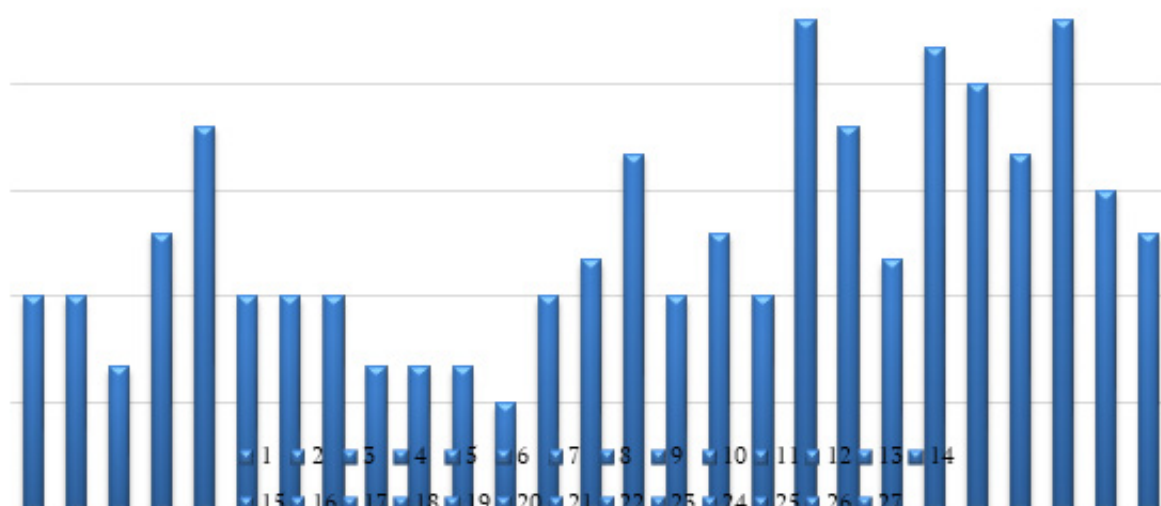


Рисунок 2. Результаты органолептической оценки образцов ФМС

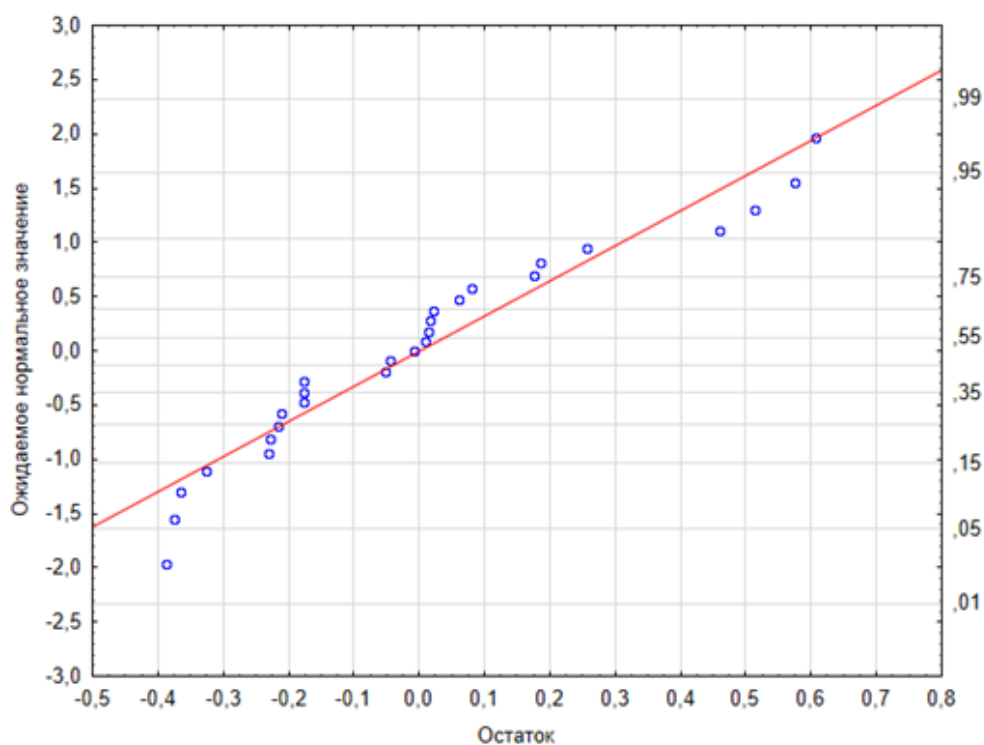


Рисунок 3. Нормальные вероятностный график распределения остатков регрессии

Графическая интерпретация полученной математической модели представлена на Рисунке 4.

С увеличением температуры ферментации и снижением pH среды интенсивность запаха ароматизатора возрастает (Рисунок 4А). Это связано с тем, что оптимальные условия для большинства ферментов протеолитического и липолитического действия лежат в области pH ниже 5,5 и при температуре выше 40°C (Noronha et al., 2008a; Noronha et al., 2008b; Ali et al., 2017; Kilcawley et. al., 2001).

Если сравнивать совместное влияние температуры и продолжительности процесса (Рисунок 4В), то можно заметить, что наилучшее качество достигается при продолжительности процесса около 40–60 ч. При более длительном ведении процесса ароматика несколько ухудшается, что может быть связано с более глубоким процессом протеолиза и образованием аминокислот и коротких пептидов с менее выраженным ароматом или нехарактерным для сливочного сыра аммиачным, пряным ароматом. Оценка совместного влияния дозировки

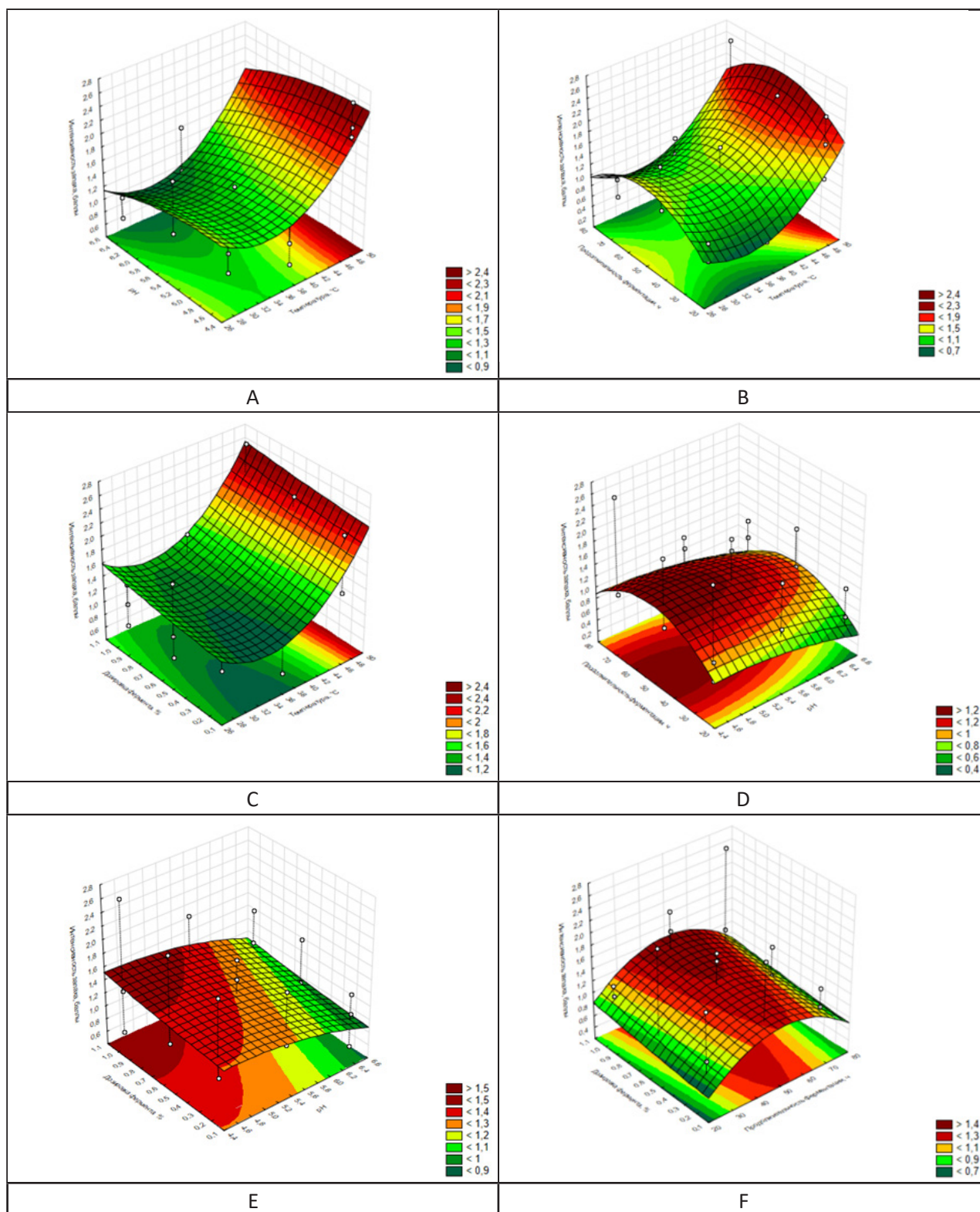


Рисунок 4. Поверхности отклика полученной модели: А – зависимость интенсивности аромата от pH и температуры; В – зависимость интенсивности аромата от продолжительности ферментирования и температуры; С – зависимость интенсивности аромата от дозировки фермента и температуры; D – зависимость интенсивности аромата от продолжительности ферментирования и величины pH; Е – зависимость интенсивности аромата от дозировки фермента и величины pH; F – зависимость интенсивности аромата от дозировки фермента и продолжительности ферментирования

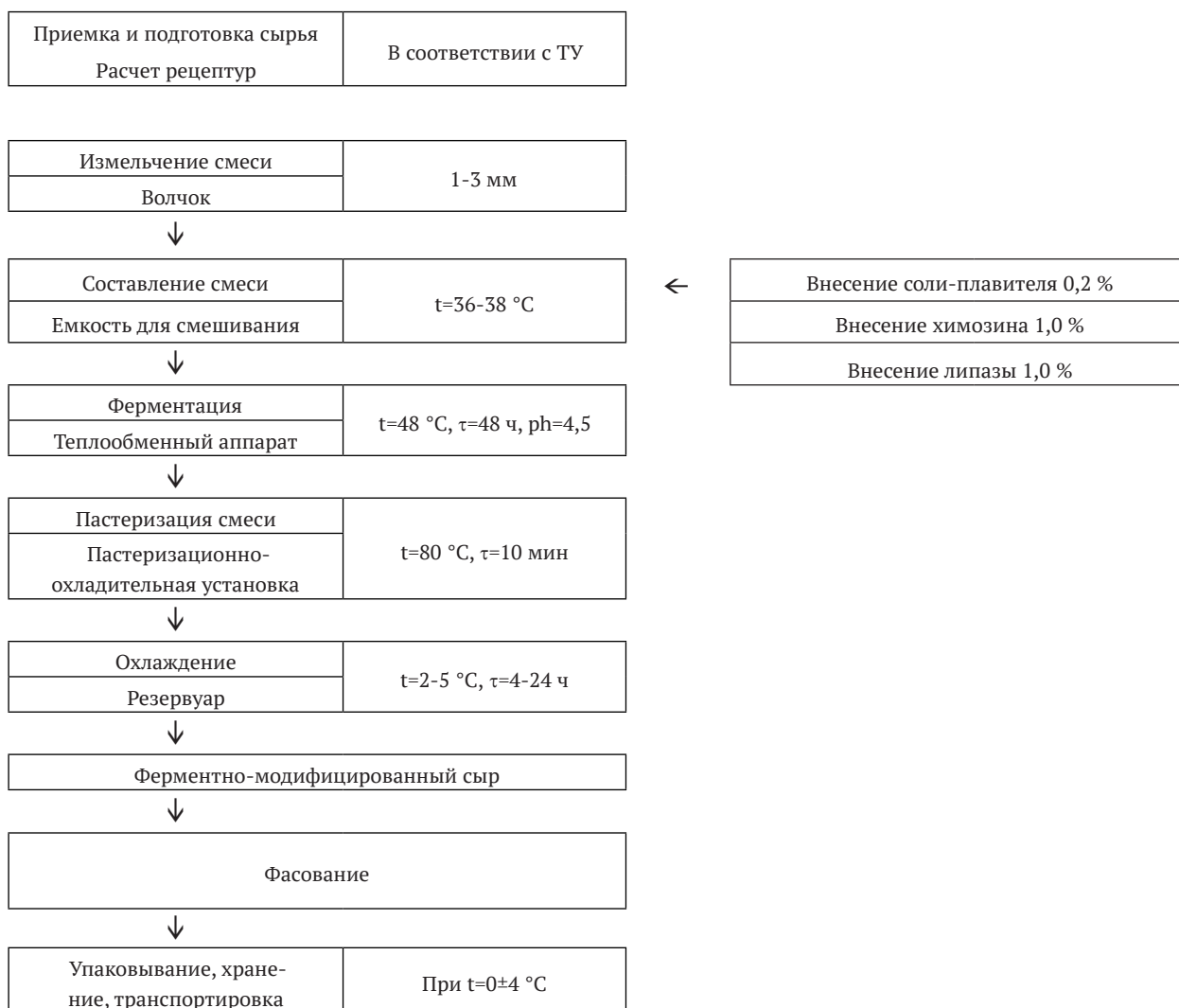


Рисунок 6. Технологическая схема получения ФМС с ароматом сливочного сыра

Таблица 4
Органолептические показатели

Наименование показателя	Характеристика
Вкус и запах	Сырный, сливочный, допускается кисловатый, характерный для кисломолочного продукта
Консистенция	Пастообразная
Структура	Однородная, без ощутимых комочков жира, частичек белка и лактозы
Цвет	Характерный для сырного продукта, равномерный по всей массе пасты

Таблица 5
Физико-химические показатели

Продукт	Массовая доля, %, не менее			Температура, °C, не выше
	молочного жира	влаги и летучих веществ	поваренной соли	
ФМС с ароматом сливочного сыра	20-30	35-70	0,2-0,4	0±4

Выводы

Производство ферментно-модифицированного сыра является перспективным с точки зрения расширения ассортимента натуральных ароматизаторов. Использование биотехнологических методов дает преимущество в направленной модификации вкуса и аромата получаемого продукта. При производстве ФМС наиболее важным фактором является pH среды, который влияет на консистенцию выраженность аромата. Количество вносимого фермента протеолитического и липолитического действия, температура и время ферментации также влияют на качество ФМС: чем выше значения используемых параметров, тем глубже протекает протеолиз, соответственно интенсивнее аромат ФМС. В работе получены данные по оптимизации технологии получения ФМС в качестве сырного ароматизатора, имеющего наивысшие значения дегустационной оценки. Для этого необходимо использовать протеолитический фермент химозин 1% к массе, pH на уровне 4,5, температуру 48°C и время ферментации 48 часов.

Литература

- Абдурахманова, Р. Г. (2006). Натуральные вкусоароматические ингредиенты «Баттер Грейнс» для спредов и сырных продуктов. *Сыроделие и маслоделие*, 6, 33.
- Гинак, А. И., Герасимов, А. В., Успенская, Д. А., & Долматов, В. А. (2000). Продуцирование ароматических веществ сырного направления плесневыми грибами на сырном сгустке. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 6, 38-39.
- Гудков, С. А. (2004). Энзим-модифицированный сыр. *Переработка молока*, 10, 28-29.
- Долматов, В. А., Герасимов, А. В., & Гинак, А. И. (2001). Получение сырного аромата путем культивирования плесневого гриба *Aspergillus niger* на кисломолочном сгустке. *Известия вузов. Пищевая технология*, 2-3, 17-18.
- Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Abid, M., Xu, L., Wu, F., & Xu, X. (2017). Soymilk-Cow's milk ACE-inhibiting enzyme modified cheese. *Food Chemistry*, 237, 1083-1091. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.068>
- Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Xu, L., Bakry, A. M., Raza, H., Shoaib, M., Wu, F., & Xu, X. (2019). Production of ingredient type flavoured white enzyme modified cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 1683-1695. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-018-3526-y>
- Amighi, F., Emam-Djomeh, Z., & Madadlou, A. (2015). Optimised production and spray drying of ACE-inhibitory enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Research*, 1, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022029915000424>
- Azarnia, S., Lee, B. H., Yaylayan, V., & Kilcawley, K. N. (2010). Proteolysis development in enzyme-modified Cheddar cheese using natural and recombinant enzymes of *Lactobacillus rhamnosus* S93. *Food Chemistry*, 120(1), 174-178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.003>
- Bas, D., Kendirci, P., Salum, P., Govce, G., Erbay, Z. (2019). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavor: I-effects of proteolytic enzymes and determination of their appropriate combination. *Food and Bioproducts Processing*, 117, 287-301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2019.07.016>
- Caron, T., Le Piver, M., Péron, A.-C., Lieben, P., Lavigne, R., Brunel, S., Roueyre, D., Place, M., Bonnarme, P., Giraud, T., Branca, A., Landaud, S., & Chassard, C. (In press). Strong effect of *Penicillium roqueforti* populations on volatile and metabolic compounds responsible for aromas, flavor and texture in blue cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 109174. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109174>
- Haileselassie, S. S., Lee, B. H., & Gibbs, B. F. (1999). Purification and identification of potentially bioactive peptides from enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science*, 82(8), 1612-1617.
- Hannon, J. A., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., Delahunty, C. M., & Beresford, T. P. (2006). Production of ingredient-type Cheddar cheese with accelerated flavor development by addition of enzyme-modified cheese powder. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 3749-3762. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72416-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72416-X)
- Januszkiewicz, J., Sabik, H., Azarina, S., & Lee, B. (2008). Optimization of headspace solid-phase microextraction for the analysis of specific flavors in enzyme modified and natural Cheddar cheese using factorial design and response surface methodology. *Journal of Chromatography A*, 1195(1-2), 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.04.067>
- Kendirci, P., Salum, P., Bas, D., & Erbay, Z. (2020). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavour: II- effects of lipases. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 230-244. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.05.010>
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Fox, P. F. (2001). A survey of lipolytic and glycolytic end-products in commercial Cheddar enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 66-73. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74453-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74453-0)
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Fox, P. F. (2006). A novel two-stage process for the production of enzyme-modified cheese. *Food*

- Research International*, 39(5), 619-627. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.12.006>
- McSweeney, P. L. H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
- Mohebbi, M., Barouei, J., Akbarzadeh-T, M. R., Rowhanimanesh, A. R., Habibi-Najafi, M. B., & Yavarmanesh, M. (2008). Modeling and optimization of viscosity in enzyme-modified cheese by fuzzy logic and genetic algorithm. *Computers and electronics in Agriculture*, 62(2), 260-265. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.01.010>
- Moosavi-Nasab, M., Radi, M., & Jouybari, H. A. (2010). Investigation of enzyme modified cheese production by two species of *Aspergillus*. *African Journal of Biotechnology*, 9(4), 508-511.
- Moskowitz, G. J., & Noelck, S. S. (1987). Enzyme-Modified Cheese Technology. *Journal of Dairy Science*, 70, 1761-1769. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80208-4](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80208-4)
- Noronha, N., Cronin, D. A., O'Riordan, E. D., & O'Sullivan, M. (2008a). Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry*, 106(3), 905-913. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.059>
- Noronha, N., Cronin, D., O'Riordan, D., & O'Sullivan, M. (2008b). Flavouring reduced fat high fibre cheese products with enzyme modified cheeses (EMCs). *Food Chemistry*, 110(4), 973-978. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.011>
- Seo, H.-J., Son, J.-Y., & Kim, Y.-S. (1995). Production of Enzyme Modified cheese. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 8(3), 192-198.
- Varming, C., Andersen, L. T., Petersen, M. A., & Ardö, Y. (2013). Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. *International Dairy Journal*, 30(1), 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.11.002>

Optimization of technology of enzyme-modified cheese with ripened cream cheese flavour

Anna V. Borisova

Samara state technical University
Russia, Samara, 443010, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: anna_borisova_63@mail.ru

Pavel A. Chaldaev

Samara state technical University
Russia, Samara, 443010, Molodogvardeyskaya str., 244
E-mail: pal-sanych@mail.ru

The purpose of this study was to determine the technological parameters for obtaining a flavoring preparation with the aroma of cream cheese by enzymatic modification of dairy raw materials. Enzyme-modified cheese (EMC) is widely used in the dairy industry for the production of rapidly maturing cheese, analogs of cheese and cheese products, snack products, etc. It is important to obtain the required aroma and taste during the enzymatic modification of cheese. The flavor of enzyme-modified cheese is formed by a whole group of substances, including aldehydes, ketones, volatile fatty acids, amino acids, lactates, etc. The formation of these flavoring components depends on the conditions and depth of the fermentation process. In this work, a mathematical optimization of the technology for producing enzyme-modified cheese with ripened cream cheese flavor. The planning and analysis of the results of the experiment was carried out using the statistical analysis system - Statistica 10.0. A three-level full factorial experiment was chosen as an experimental design that allows one to evaluate the joint effect of several factors with a minimum number of experiments. The dosage of the enzyme preparation (0,2-1,0%), pH (4,5-6,5), temperature (28-48 °C) and duration of the fermentation process (24-72 hours) are selected as factors that can affect the quality of the cheese flavor. The response was an organoleptic assessment of the cheese flavor samples obtained during the experiment, expressed in points. The mathematical dependence of the intensity of the smell of cheese flavor (Y) on temperature (X1), pH of the medium (X2), duration of fermentation (X3) and dosage of the enzyme (X4) was obtained as a result of processing experimental data. Graphical interpretations of the dependence of sensory evaluation on fermentation conditions, profiles of predicted values and the desirability function are obtained. It can be argued that the most optimal parameters of the fermentation process, allowing to obtain the best quality cheese flavor, are the following values: fermentation temperature – 48 °C, pH – at 4.5, fermentation duration – 48 hours, enzyme dosage – 1%.

Keywords: enzyme-modified cheese, optimization, full factorial experiment, cheese flavor, natural flavor, cow's milk, lipase

References

- Abdurakhmanova, R. G. (2006). Natural'nye vkusoaromaticheskie ingredienty «Batter Greins» dlya spreadov i syrnykh produktov [Natural flavoring ingredients "Butter Grains" for spreads and cheese products]. *Syrodellie i maslodellie [Cheese Making and Butter Making]*, 6, 33.
- Ginak, A. I., Gerasimov, A. V., Uspenskaya, D. A., & Dolmatov, V. A. (2000). Proizvodstvo aromatisirovannykh veshchestv syrnykh napravleniya plesnevymi gribami na syrnom sgustke [Production of aromatic substances of the cheese direction by molds on the cheese curd]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and Processing of Farm Products]*, 6, 38-39.
- Gudkov, S. A. (2004). Enzim-modifitsirovannyi syr [Enzyme-modified cheese]. *Pererabotka moloka [Milk Processing]*, 10, 28-29.
- Dolmatov, V. A., Gerasimov, A. V., & Ginak, A. I. (2001). Poluchenie syrnykh aromatov putem kul'tivirovaniya plesnynogo griba *Aspergillus niger* na kislomolochnom sgustke [Obtaining a cheese flavor by cultivating the *Aspergillus niger* mold on a fermented milk clot]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya [University News. Food Technology]*, 2-3, 17-18.
- Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Abid, M., Xu, L., Wu, F., & Xu, X. (2017). Soymilk-Cow's milk ACE-inhibiting enzyme modified cheese. *Food Chemistry*, 237, 1083-1091. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.068>

- Ali, B., Khan, K. Y., Majeed, H., Xu, L., Bakry, A. M., Raza, H., Shoaib, M., Wu, F., & Xu, X. (2019). Production of ingredient type flavoured white enzyme modified cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 1683-1695. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-018-3526-y>
- Amighi, F., Emam-Djomeh, Z., & Madadlou, A. (2015). Optimised production and spray drying of ACE-inhibitory enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Research*, 1, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022029915000424>
- Azarnia, S., Lee, B. H., Yaylayan, V., & Kilcawley, K. N. (2010). Proteolysis development in enzyme-modified Cheddar cheese using natural and recombinant enzymes of *Lactobacillus rhamnosus* S93. *Food Chemistry*, 120(1), 174-178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.003>
- Bas, D., Kendirici, P., Salum, P., Govce, G., Erbay, Z. (2019). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavor: I-effects of proteolytic enzymes and determination of their appropriate combination. *Food and Bioproducts Processing*, 117, 287-301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2019.07.016>
- Caron, T., Le Piver, M., Péron, A.-C., Lieben, P., Lavigne, R., Brunel, S., Roueyre, D., Place, M., Bonnarme, P., Giraud, T., Branca, A., Landaud, S., & Chassard, C. (In press). Strong effect of *Penicillium roqueforti* populations on volatile and metabolic compounds responsible for aromas, flavor and texture in blue cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 109174. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109174>
- Haileselassie, S. S., Lee, B. H., & Gibbs, B. F. (1999). Purification and identification of potentially bioactive peptides from enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science*, 82(8), 1612-1617.
- Hannon, J. A., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., Delahunty, C. M., & Beresford, T. P. (2006). Production of ingredient-type Cheddar cheese with accelerated flavor development by addition of enzyme-modified cheese powder. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 3749-3762. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72416-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72416-X)
- Januszkiewicz, J., Sabik, H., Azarina, S., & Lee, B. (2008). Optimization of headspace solid-phase microextraction for the analysis of specific flavors in enzyme modified and natural Cheddar cheese using factorial design and response surface methodology. *Journal of Chromatography A*, 1195(1-2), 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.04.067>
- Kendirici, P., Salum, P., Bas, D., & Erbay, Z. (2020). Production of enzyme-modified cheese (EMC) with ripened white cheese flavour: II- effects of lipases. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 230-244. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.05.010>
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Fox, P. F. (2001). A survey of lipolytic and glycolytic end-products in commercial Cheddar enzyme-modified cheese. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 66-73. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74453-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74453-0)
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Fox, P. F. (2006). A novel two-stage process for the production of enzyme-modified cheese. *Food Research International*, 39(5), 619-627. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.12.006>
- McSweeney, P. L. H. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
- Mohebbi, M., Barouei, J., Akbarzadeh-T, M. R., Rowhanimanesh, A. R., Habibi-Najafi, M. B., & Yavarmanesh, M. (2008). Modeling and optimization of viscosity in enzyme-modified cheese by fuzzy logic and genetic algorithm. *Computers and electronics in Agriculture*, 62(2), 260-265. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.01.010>
- Moosavi-Nasab, M., Radi, M., & Jouybari, H. A. (2010). Investigation of enzyme modified cheese production by two species of *Aspergillus*. *African Journal of Biotechnology*, 9(4), 508-511.
- Moskowitz, G. J., & Noelck, S. S. (1987). Enzyme-Modified Cheese Technology. *Journal of Dairy Science*, 70, 1761-1769. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80208-4](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80208-4)
- Noronha, N., Cronin, D. A., O'Riordan, E. D., & O'Sullivan, M. (2008). Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry*, 106(3), 905-913. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.059>
- Noronha, N., Cronin, D., O'Riordan, D., & O'Sullivan, M. (2008). Flavouring reduced fat high fibre cheese products with enzyme modified cheeses (EMCs). *Food Chemistry*, 110(4), 973-978. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.011>
- Seo, H.-J., Son, J.-Y., & Kim, Y.-S. (1995). Production of Enzyme Modified cheese. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 8(3), 192-198.
- Varming, C., Andersen, L. T., Petersen, M. A., & Ardö, Y. (2013). Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. *International Dairy Journal*, 30(1), 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.11.002>

Кексы с инулином для здорового питания

Рубан Наталья Викторовна

ФГОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

E-mail: rubannv@mgupr.ru

Туманова Алла Евгеньевна

ФГОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

E-mail: TumanovaAE@mgupr.ru

Рысева Лариса Ивановна

ФГОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

E-mail: rysevali@mail.ru

Цель исследования – разработка рецептурного состава кекса с нетрадиционным сырьем для здорового питания. Работа выполнена в Московском государственном университете пищевых производств на кафедре кондитерских, сахаристых, субтропических и пищевкусных технологий. Перспективными сырьевыми источниками для мучных кондитерских изделий являются пищевые волокна, натуральные заменители сахарозы, в частности инулин. Определяли органолептически внешний вид, вкус, цвет, запах, форму, поверхность, вид в изломе изделий, массовую долю сухих веществ (СВ) в сырье, полуфабрикатах и изделиях высушиванием при температуре 130 °С в сушильном шкафу в течение 40 мин; щелочность, плотность. Проведено снижение сахара белого в рецептуре (на 5, 10, 15% и 20%). Инулин вносили дополнительно в количестве 4, 8, 12 и 16% к СВ муки. Рациональной признана рецептура кекса с содержанием сахара 85% от его начального количества и добавлением 12% инулина от массы муки на сухое вещество. По органолептическим показателям разработанные изделия отличаются более выраженным вкусом и ароматом, ровной поверхностью, с небольшими разрывами на верхней корке, правильной формой, развитая равномерная пористость и нежность мякиша при одновременном увеличении удельного объема изделий. Расширен ассортимент мучных кондитерских изделий для здорового питания.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, кексы, инулин, пищевые волокна, здоровое питание

Введение

Питание является одним из основных факторов, определяющих здоровье населения (Иванова, Могильный, & Шленская, 2014). Структура питания в России характеризуется низким потреблением биологически ценных ингредиентов, отмечается дефицит полноценных белков, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон при чрезмерном употреблении продуктов богатых углеводами (Бабенко, 2008).

Для изменения структуры в направлении здорового питания необходимо расширять ассортимент изделий, химический состав которых максимально приближен к требованиям нутрициологии

(Боташева, Лукина, & Пономарева, 2015), гарантированно обогащенных функциональными нутриентами, с обязательным сохранением высоких органолептических показателей и потребительских свойств (Тутельян и др., 2010).

В нашей стране, традиционно большим спросом у населения пользуются мучные кондитерские изделия (МКИ). Анализ рынка России свидетельствует о том, что люди разных возрастных групп употребляют большое количество МКИ (Григорьева, 2015).

Кексы, рулеты, занимают особое место в огромном ассортименте МКИ. Кексы представляют собой высокосахароёмкие, высококалорийные продукты, с небольшим количеством балластных веществ и не

отвечают требованиям теории сбалансированного питания (Корячкина, 2006).

В настоящее время сформулированы научные принципы создания технологий производства кондитерских изделий повышенной пищевой ценности функциональной направленности (Савенкова, 2007). В соответствие с научными принципами установлены требования, которым должны соответствовать МКИ нового поколения (Матвеева & Корячкина, 2016). Разработку МКИ для здорового питания целесообразно вести в направлении снижения калорийности и сахароемкости изделий обогащая их функциональными ингредиентами (Magomedov, Zhuravlev, Lobosova, & Zhurakhova, 2018).

Перспективным является сокращение в рецептуре МКИ высокоэнергетического сырья – жира, сахара, пшеничной муки и частичной заменой его нетрадиционным сырьем, содержащим пищевые волокна и природные заменители сахара (Лобосова, Малютина, Магомедов, & Барсукова, 2013).

Разработка продуктов питания, с природными подсластителями и сахароснижающими добавками растительного происхождения является актуальным и перспективным направлением технологии производства продукции (Резниченко & Щеглов, 2020).

Коррекция состава МКИ достигается путем замены муки пшеничной на сырье с более богатым составом, содержащим пищевые волокна, например тритикалиевой (Тертычная, 2010), полбовой (Магомедов, Лобосова, Малютина, & Рожков, 2020), ржаной (Кузнецова & Сурмач, 2014), гречневой (Шумилова, Анисимова, & Гаватских, 2018) мукой.

Разработаны кексы повышенной пищевой ценности функционального назначения с добавлением плодово-ягодного сырья (Корячкина, 2006), овощного сырья: измельченной мякоти тыквы (Пономарева, Лукина, & Скворцова, 2017), порошка из капусты брокколи и плодов боярышника (Мажулина, Тертычная, Андрианов, & Кривцова, 2017).

Для производства МКИ с пониженным содержанием сахара производители используют различные подсластители: мальтит, изомальт, маннит, лактулозу, стевииозид. Стевиозид – подсластитель, выделенный из листьев растения стевии, не токсичен и не вызывает побочных эффектов в организме человека, обладает уникальными лечебными свойствами, слаще сахара в 300–400 раз (Пономарева, Алехина, & Бакаева, 2016). Известно применение

стевииозита в производстве МКИ (Харченко & Могильный, 2021).

Особый интерес вызывает использование различных пребиотиков – инулин, пектин, камеди, олигофруктоза (Ревенко, 2015; Milner, Kerry, O'Sullivan, & Gallagher, 2019; Amorim et al., 2021). Предлагается рецептура кексов с пониженным содержанием жира и добавлением яблочного пектина (Рубан, Графчикова, Ботянова, & Горбова, 2020). Научно подтверждена возможность сокращения сахара на 50% в рецептуре кексов с включением пектина в количестве 10% к массе муки.

Известно применение инулиносоодержащего сырья – продуктов переработки топинамбура. Установлено, что при внесении в рецептуру кекса клетчатки из топинамбура, взамен изюма, удельный объем изделий увеличивался по сравнению с контролем на 5,4–11% (Поснова, Семенкина, Никитин, & Труфанова, 2017).

Установлена возможность использования инулина и стевии для производства изделий из пряничного, бисквитного и кексового теста. Наилучшим по органолептическим и реологическим свойствам соответствовал образец пряничного теста с дозировкой инулина в количестве 4% к массе муки (Ладнова & Меркулова, 2008).

Способность инулина образовывать гель при взаимодействии с жидкостью, имитирующий жир, позволяют использовать данное вещество как заменитель жировых компонентов в составе продуктов питания (Труфанова & Вострикова, 2017). Применение инулина в производстве кексов при одновременном сокращении жира в рецептуре приводит к повышению влажности и плотности изделий (Денисенко, Замышляева, & Пожар, 2020; Ansari, Pourjafar, & Pimentel, 2021). Инулин и гидроксипропилметилцеллюлоза в концентрации 0,2 и 8% были оценены как заменители жира в кексах (Ren, Song, & Kim, 2020).

Инулин – натуральный полисахарид растительного происхождения, природный полимер D-фруктозы ($C_6H_{10}O_5$)_n, относящийся к пребиотикам. представляет собой растворимое пищевое волокно, выделяется из состава растений в виде нейтрального или сладковатого на вкус порошка или кристаллов. Природными источниками инулина являются: цикорий (корни – более 30%), лопух большой (сухие корни – 37–45%), топинамбур или земляная груша (корни – до 35%), одуванчик лекарственный (корень – 40%), девясил высокий (корень – 44%). Получают инулин в основном из цикория. Калорийность инулина не большая,

всего 152 ккал (Сербяева, Якунова, & Магасумова, 2020).

Инулин, после выделения и переработки полностью сохраняет присущую ему биологическую активность и может служить эффективной и функциональной добавкой к пище (Титова & Алексанян, 2016).

Благодаря своим гепатопротекторным и иммуномодулирующим свойствам, инулин способствует снижению риска возникновения онкозаболеваний. Инулин показан к применению для профилактических целей и в составе комплексного лечения при: сахарном диабете 1 и 2 типа; гипертонии; ожирении; аллергических реакций; холециститах, гепатитах, холангитах и др. его производные выводят из организма соли тяжелых металлов, яды, радионуклиды (Архипов, 2014).

Целью исследования является разработка технологии и рецептуры кексов для здорового питания с добавлением пребиотического волокна и подсластителя - инулина и сниженным содержанием сахара.

В соответствии с целью решались следующие задачи:

- обоснование выбора инулина и определение влияния его различных дозировок, в условиях сниженного содержания сахара в рецептуре на качество кексов;
- разработка технологии и рецептуры кексов с использованием инулина.

Материалы и методы исследования

Материалы

Объектами исследования в работе служили: мука пшеничная высшего сорта (ГОСТ 26574-2017¹); сахар белый (ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия»²); сливочное масло (ГОСТ

32261-2013 «Масло сливочное. Технические условия»³); инулин (ТУ 9164-030-00493534-07 «Инулин пищевой. Технические условия»⁴); меланж (ГОСТ 30363-2013 «Продукты яичные жидкие и сухие пищевые»⁵); соль (ГОСТ 13830-97 «Соль поваренная пищевая. Общие технические условия»⁶); разрыхлитель - аммоний углекислый (ГОСТ Р 55580-2013 «Добавки пищевые. Общие технические условия»⁷); эссенция нильная (ГОСТ 32049-2013 «Ароматизаторы пищевые. Общие технические условия»⁸).

Для исследований были изготовлены 16 экспериментальных образцов кексов, полученных с добавлением инулина в количестве 4, 8, 12, и 16% к рецептурной массе муки на сухое вещество, по четыре образца с одинаковой долей инулина. В каждом из четырех образцов снижена доля сахара на 5, 10, 15 и 20%.

Контролем служил образец кекса не содержащий инулина, без снижения сахара в рецептуре.

Оборудование

Тесто для кексов замешивали в миксере KitchenAid марки 5KSM7591XEER, кексы выпекали в конвекционной печи марки UNOX XB 693.

Методы исследования

В работе использовали общепринятые органолептические, физико-химические методы исследования сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.

В изделиях определяли вкус, цвет, запах, форму, поверхность, вид в изломе изделий в соответствии с (ГОСТ 15052-2019⁹) определяли органолептически (ГОСТ 9010-5897), массовую долю сухих веществ в сырье, полуфабрикатах и изделиях – высушиванием при температуре 130 °С, в сушильном шкафу в течение 40 мин (ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ»¹¹, ГОСТ 9404-88 Мука и отруби.

¹ ГОСТ 26574-2017. (2018). Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. М.: Стандартинформ.

² ГОСТ 33222-2015. (2019). Сахар белый. Технические условия. М.: Стандартинформ.

³ ГОСТ 32261-2013. (2019). Масло сливочное. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴ ТУ 9164-030-00493534-07. (2009). Фрукты и ягоды сушеные резаные. URL: <https://docs.cntd.ru/document/471895014> (дата обращения: 12.03.2021).

⁵ ГОСТ 30363-2013. (2014). Продукты яичные жидкие и сухие пищевые. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 13830-97. (1997). Соль поваренная пищевая. Общие технические условия. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации.

⁷ ГОСТ Р 55580-2013. (2014). Добавки пищевые. Аммония карбонаты Е503. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ 32049-2013. (2014). Ароматизаторы пищевые. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ 15052-2019. (2019). Кексы. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ГОСТ 5897-90. (2012). Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ 5900-2014. (2019). Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ.

Метод определения влажности¹²); щелочность – согласно ГОСТ 5898-87¹³, плотность по ГОСТ 15810-2014¹⁴, объем изделий по ГОСТ 27669-88¹⁵. Пищевую и энергетическую ценность изделий определяли расчетным путем.

Процедура исследований

В качестве обогатителя для придания кексам функциональной направленности выбран инулин, как источник пищевых волокон и натуральный подсластитель (Труфанова & Вострикова, 2017).

Основные технологические параметры при производстве кексов, такие как продолжительность замеса, температура и продолжительность выпечки оставались постоянными.

Изучено влияние различных дозировок инулина на качество кексов, в условиях сниженного содержания сахара в рецептуре.

Критерием оценки качества служили органолептические показатели (определяли визуально), массовая доля влаги, щелочность, плотность и удельный объем готовых изделий.

Результаты и их обсуждение

Инулин представлял собой белый порошок, без запаха, имеющий сладковатый вкус, без посторонних привкусов и послевкусия. Сладость используемого продукта составляет 10% от сладости сахара; Содержание сухих веществ (СВ) инулина 95%. Состав порошка на СВ: 92% -инулин, 8% -сахара.

В качестве базовой, выбрана рецептура кекса «Студенческий» (Лапшина, Фонарева, Ахиба, 2000). Кексы изготавливали из следующего сырья: мука пшеничная высшего сорта, сахар белый, меланж, масло сливочное, разрыхлитель – аммоний углекислый, соль поваренная пищевая, эссенция ванильная.

Тесто для кексов в соответствии с базовой рецептурой готовили следующим образом: пластифицированное сливочное масло сбивали с сахаром в месильной машине 7-10 мин, затем постепенно добавляли меланж, и продолжали сбивать еще

5-7 мин. Отдельно просеивали пшеничную муку высшего сорта с разрыхлителем и добавляли в масляно-яичную смесь, тщательно перемешивали 5-8 мин до образования однородной массы. Влажность готового теста составляла 18 + 2%. Тесто массой 50 г раскладывали в силиконовые формы для выпечки. Кексы выпекали в пекарной камере в течение – 20 мин, при температуре 180°C¹⁶.

Изготовление кексов с пищевой добавкой проводили аналогично, инулин вносили вместе с мукой. Выпеченные изделия хранили при комнатной температуре. Показатели качества изделий определяли через 24 ч после выпечки. Определяли влияние различных дозировок инулина на качество изделий. Долю инулина варьировали от 4% до 16% к массе муки в рецептуре на СВ.

Дегустационная оценка образцов показала улучшение органолептических показателей качества с увеличением доли добавки, что подтверждается другими авторами (Пономарева, Лукина, & Скворцова, 2017).

Дегустаторы отмечали более выраженный вкус и аромат, ровную поверхность, на верхней корке небольшие разрывы, правильную форму, развитую равномерную пористость и нежность мякиша при одновременном увеличении удельного объема изделий на 1,5-3,5 %. При внесении инулиносодержащего сырья в рецептуру кексов также наблюдается увеличение объема изделий (Поснова, Семенкина, Никитин, & Труфанова, 2017).

Наивысшую оценку, по совокупности показателей, получили образцы с добавлением 8% и 12% инулина.

Исследование массовой доли влаги в процессе хранения кексов позволили отметить замедление процесса черствения изделий с инулином по сравнению с контрольным образцом. Массовая доля влаги в изделиях с 12% инулина, через 24 ч и через 7 дней после выпечки снижалась на 1,8 %, тогда как в образце кекса без инулина массовая доля влаги снижалась быстрее и составила 3,3%.

С целью снижения калорийности и сахароемкости и одновременным наполнением кексов пищевыми волокнами изготовили изделия со сниженным содержанием сахара и добавлением инулина. Со-

¹² ГОСТ 9404-88. (2007). Мука и отруби. Метод определения влажности. М.: Стандартинформ.

¹³ ГОСТ 5898-87. (2012). Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности. М.: Стандартинформ.

¹⁴ ГОСТ 15810-2014. (2019). Изделия кондитерские. Изделия пряничные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁵ ГОСТ 27669-88. (2007). Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба. М.: Стандартинформ.

¹⁶ Технологические инструкции по производству мучных кондитерских изделий (1992). М.: ВНИИХП.

держание сахара составляло, 95, 90, 85 и 80% от его рецептурного значения, инулин добавляли в количестве 4, 8, 12 и 16% к СВ муки в рецептуре.

В результате исследования образцов (Таблица 1), полученных с добавлением инулина, в количестве 4% к массе муки и снижением доли сахара в рецептуре на 5 - 20% (образец № 1,2,3,4) установлено: образец №1 по физико-химическим характеристикам приближен к контрольному образцу, при незначительном росте влажности изделия; в образцах № 2,3,4 заметно нарастает влажность (18,2 – 22,0%), увеличивается плотность (0,43-0,55%) и на 6,6% снижается удельный объем изделий. Снижение доли сахара в рецептуре кекса приводит к снижению потребительских достоинств изделий.

Исследование образцов (Таблица 2) с содержанием сахара 85% от рецептурного и разной долей инулина (образец № 5,6,7,8) показало, что увеличение количества инулина приводит к снижению влажности (19,7 – 18,5%), плотности (0,52 – 0,40%) и росту удельного объема изделий на 6,2%. В данном случае, снижение сахара в рецептуре кексов компенсируется добавлением пребиотических волокон и уже при доли инулина 12% (образец №7) все физико-химические показатели изделий приближаются к контролю.

Исследования по применению инулина в производстве кексов при одновременном сокращении жира в рецептуре приводят к повышению влажности и плотности изделий (Денисенко, Замышляева, & Пожар, 2020).

Наиболее рациональной признана рецептура кекса с содержанием сахара 85% от рецептурного значения и добавлением 12% инулина от массы муки на СВ.

Аналогичные исследования других авторов по изучению влияния инулина на качество пряников выявили наилучшие характеристики у образца с дозировкой инулина в количестве 4% к массе муки (Ладнова & Меркулова, 2008).

Калорийность разработанного изделия снизилась на 13,4% и составила 389,5 ккал, по сравнению с 441,6 ккал кекса произведенного по традиционной рецептуре. Содержание пищевых волокон в новом изделии выросло в 3,5 раза по сравнению с контрольным образцом (0,9г) и составило 3,2 г на 100 г продукта.

В результате разработана рецептура кекса, содержащая пребиотические волокна - инулин, с пониженным содержанием сахара.

Таблица 1

Влияние дозировки сахара на физико-химические показатели кексов (инулин внесен в количестве 4% к массе муки на СВ)

Наименование показателя	Содержание сахара,% к его рецептурному значению, № образца				
	контроль	95, №1	90, №2	85, №3	80, №4
Массовая доля влаги,%	18,2	18,7	19,3	19,7	21,1
Щелочность,%	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
Плотность, %	0,43	0,44	0,47	0,52	0,55
Удельный объем, см ³ /г	2,53	2,51	2,46	2,40	2,37

Таблица 2

Влияние дозировки инулина на физико-химические показатели кексов (сахар снижен на 15%)

Наименование показателя	Содержание инулина в рецептуре к массе муки на СВ, %				
	контроль	4, № 5	8, № 6	12, № 7	16, № 8
Массовая доля влаги,%	18,2	19,7	19,3	18,6	18,5
Щелочность,%	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
Плотность, %	0,43	0,52	0,47	0,42	0,40
Удельный объем, см ³ /г	2,53	2,40	2,45	2,52	2,55

Выводы

В результате проведенных исследований изучена возможность применения инулина как обогащающего ингредиента в производстве мучных кондитерских изделий, а именно кексов.

Исследованы органолептические и физико-химические показатели качества кексов с использованием инулина в различных дозировках при условии снижения доли сахара в рецептуре.

Установлена рациональная дозировка инулина (12%) в рецептуре кекса, позволяющая сохранить высокие потребительские достоинства готовых изделий при сокращении в них доли сахара.

Установлен возможный диапазон содержания сахара в рецептуре при использовании рациональной дозировки инулина (99-85% от рецептурного значения).

Разработана рецептура кекса на основе применения инулина, с повышенным содержанием пищевых волокон, сниженным содержанием сахара и сокращенной калорийностью.

Показано, что инулин может быть использован в качестве обогащающего ингредиента в производстве мучных кондитерских изделий.

Разработанная рецептура может быть рекомендована для здорового питания.

Литература

- Архипов, В. Ю. (2014). Инулин и олигофруктоза: Эффективность в качестве пребиотического волокна для кондитерской промышленности. *Фундаментальные исследования*, 9(6), 1216-1219.
- Бабенко, О. А. (2008). Качество товаров и услуг. *Качество и жизнь*, 12, 14-15.
- Боташева, Х. Ю., Лукина, С. И., & Пономарева, Е. И. (2015). Повышение биотехнологического потенциала мучных кондитерских изделий. *Фундаментальные исследования*, 5(1), 32-36.
- Григорьева, В. Е. (2015). Анализ рынка кондитерских изделий. *Сельскохозяйственные науки*, 33(1), 14-18.
- Денисенко, Т. А., Замышляева, В. В., & Пожар, А. Н. (2020). Разработка технологии обогащенных кексов с использованием растворимых пищевых волокон. *Молодой ученый*, 22, 107-110.
- Иванова, В.Н, Могильный, М. П., & Шленская, Т. В. (2014). Пропаганда принципов здорового питания. *Вопросы питания*, 83(S3), 18.
- Корячкина, С. Я. (2006). Новые виды мучных и кондитерских изделий: Научные основы, технологии, рецептуры (3-е изд.). Орел: Изд-во «Труд».
- Кузнецова, Л. И., & Сурмач, Э. М. (2014). Совершенствование технологии кексов на основе ржаной муки. *Научный журнал НИУ ИТМО. Процессы и аппараты пищевых производств*, 2, 51-55.
- Ладнова, О. Л., & Меркулова, Е. Г. (2008). Применение инулина и стевии при разработке рецептур продуктов нового поколения. *Успехи современного естествознания*, 2, 46-47.
- Лапшина, В. Т., Фонарева, Г. С., & Ахиба, С. Л. (2000). Сборник рецептур на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия (ч. 3). М.: Хлебпродинформ.
- Лобосова, Л. А., Малютина, Т. Н., Магомедов, М. Г., & Барсукова, И. Г. (2013). Функциональные кондитерские изделия с нетрадиционным сырьем. *Современная наука: Актуальные проблемы и пути их решения*, 3, 25-26.
- Магомедов, Г. О., Лобосова, Л. А., Милютина, Т. Н., & Рожков, С. А. (2020). Кексы с полбяной мукой для питания детей младшего школьного возраста. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2, 112-122. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.249>
- Мажулина, И. В., Тертычная, Т. Н., Андрианов, Е. А., & Кривцова, С. Н. (2017). Разработка рецептуры кекса функционального назначения с шиповником и брокколи. *Хлебпродукты*, 6, 40-42.
- Матвеева, Т. В., & Корячкина, С. Я. (2016). Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры. СПб.: ГИОРД.
- Пономарева, Е. И., Алехина, Н. Н., & Бакаева, И. Л. (2016). Новые пищевые продукты: технологии, составы, эффективность. *Вопросы питания*, 2, 116-121.
- Пономарева, Е. И., Лукина, С. И., & Скворцова, О. Б. (2017). Разработка новой рецептуры кексов повышенной пищевой ценности. *Вестник ВГУИТ*, 79(4), 114-119. <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-114-118>
- Поснова, Г. Н., Семенкина, Н. Г., Никитин, И. А., & Труфанова, Ю. Н. (2017). Разработка технологии кекса функциональной направленности на основе продуктов переработки топинамбура. *Вестник ВГУИТ*, 79(1), 152-157. <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-152-157>
- Ревенко, Л. С. (2015). Мировые товарные рынки: Тенденции XXI века. *Вестник Санкт-*

- Петербургского университета. Экономика, 3, 27-45.
- Резниченко, И. В., & Щеглов, М. С. (2020). Сахарозаменители и подсластители в технологии кондитерских изделий. *Техника и технология пищевых производств*, 50(4), 576-587. <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-576-587>
- Рубан, Н. В., Графчикова, А. В., Ботянова, А. В., & Горбова, М. В. (2020). Разработка рецептуры мучного кондитерского изделия с пониженным содержанием жира для здорового питания. *Молодой ученый*, 22, 142.
- Савенкова, Т. В. (2007). Научные принципы создания технологий производства функциональных кондитерских изделий. *Кондитерское производство*, 6, 28.
- Сербаева, Э. Р., Якунова, А. Б., & Магасумова, Ю. Р. (2020). Инулин: Природные источники, особенности метаболизма в растениях и практическое применение. *Биомика*, 12(1), 57-79. <http://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2020-5>
- Тертычная, Т. Н. (2010). Теоретические и практические аспекты использования тритикале в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности [Докторская диссертация, ФГОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет им. К. Д. Глинки». М., Россия.
- Титова, Л. М., & Алексанян, И. Ю. (2016). Технология инулина: основные тенденции развития отрасли и спорные вопросы. *Пищевая промышленность*, 1, 46-51.
- Труфанова, Ю. Н., & Вострикова, Е. М. (2017). Инулин как сырье для производства мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности. В *Сборник научных статей Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых «Молодежь и наука: Шаг к успеху»* (т. 2, с. 329-331). Воронеж: ВГУИТ.
- Тутельян, В. А., Разумов, А. Н., Вялков, А. И., Михайлов, В. И., Москаленко, К. А., Одинец, А. Г., Сбежнева, В. Г., & Сергеев, В. Н. (2010). Научные основы здорового питания. М.: Панорама.
- Харченко, В. Ю., & Могильный, М. П. (2021). Стевия в мучных кондитерских изделиях. *Кондитерское и хлебопекарное производство*. URL: <https://www.breadbranch.com/publ/view/285.html> (дата обращения: 12.04.2021).
- Шумилова, И. Ш., Анисимова, К. В., & Гаватских, Н. Г. (2018). Изучение влияния добавок гречневой муки на показатели качества кексов. *Хлебопечение России*, 4, 44-47.
- Amorim, C., Cardoso, B. B., Silvério, S. C., Silva, J. C., Alves, J. I., Pereira, M. A., Moreira, R., & Rodrigues, L. R. (2021). Designing a functional rice muffin formulated with prebiotic oligosaccharides and sugar reduction. *Food Science*, 40, 100858. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100858>
- Ansari, F., Pourjafar, H., & Pimentel, T. C. (2021). Effect of Inulin, Polydextrose, or Resistant Starch on the Quality Parameters of Prebiotic Bread. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(6), 14889-14897. <https://doi.org/10.33263/BRIAC116.1488914897>
- Magomedov, G. O., Zhuravlev, A. A., Lobosova, L. A., & Zhurakhova, S. N. (2018). Optimization of prescription composition of jelly masses using the scheffe's simplex plan. *Foods and Raw Materials*, 6(1), 71-78.
- Milner, L., Kerry, J. P., O'Sullivan, M. G., & Gallagher, E. (2019). Physical, textural and sensory characteristics of reduced sucrose cakes, incorporated with clean-label sugar replacing alternative ingredients. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59, 102235. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102235>
- Ren, Y., Song, K-Y., & Kim, Y. (2020). Physicochemical and retrogradation properties of low-fat muffins with inulin and hydroxypropyl methylcellulose as fat replacers. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10), e14816. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14816>

Cupcakes With Inulin for a Healthy Diet

Natalia V. Ruban

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

Alla E. Tumanova

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

Larisa I. Ryseva

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

The purpose of the study is to develop a recipe composition of a cake with non-traditional raw materials for a healthy diet. The work was performed at the Moscow State University of Food Production at the Department of Confectionery, Sugar, Subtropical and Food-flavoring Technologies. Promising raw materials for flour confectionery products are dietary fiber, natural substitutes for sucrose, in particular inulin. We determined organoleptically the appearance, taste, color, smell, shape, surface, appearance in the fracture of products, the mass fraction of dry substances (CB) in raw materials, semi-finished products and products by drying at a temperature of 130 °C in a drying cabinet for 40 minutes; alkalinity, density. The reduction of white sugar in the recipe was carried out (by 5, 10, 15% and 20%). Inulin was added in an additional amount of 4, 8, 12 and 16% to the flour mixture. The recipe of a cake with a sugar content of 85% of its initial amount and the addition of 12% inulin from the mass of flour to the dry substance is considered rational. According to organoleptic characteristics, the developed products are distinguished by a more pronounced taste and aroma, a flat surface, with small gaps on the upper crust, a regular shape, a developed uniform porosity and tenderness of the crumb, while increasing the specific volume of the products. The range of flour confectionery products for healthy food has been expanded.

Keywords: flour confectionery, cupcakes, inulin, dietary fiber, healthy food

References

- Arkhipov, V. Yu. (2014). Inulin i oligofruktoza: Effektivnost' v kachestve prebioticheskogo volokna dlya konditerskoi promyshlennosti [Inulin and oligofructose: effectiveness as a prebiotic fiber for the confectionery industry]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 9(6), 1216-1219.
- Babenko, O. A. (2008). Kachestvo tovarov i uslug [Quality of goods and services]. *Kachestvo i zhizn'* [Quality and Life], 12, 14-15.
- Botasheva, Kh. Yu., Lukina, S. I., & Ponomareva, E. I. (2015). Povyshenie biotekhnologicheskogo potentsiala muchnykh konditerskikh izdelii [Increasing the biotechnological potential of flour confectionery products]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Study], 5(1), 32-36.
- Denisenko, T. A., Zamyshlyayeva, V. V., & Pozhar, A. N. (2020). Razrabotka tekhnologii obogashchennykh keksov s ispol'zovaniem rastvorimyykh pishchevykh volokon [Development of technology for enriched cupcakes using soluble food fibers]. *Molodoi uchenyi* [Young Scientist], 22, 107-110.
- Grigor'eva, V. E. (2015). Analiz rynka konditerskikh izdelii [Analysis of the confectionery market]. *Sel'skokhozyaistvennye nauki* [Agricultural Sciences], 33(1), 14-18.
- Ivanova, V.N, Mogil'nyi, M. P, & Shlenskaya, T. V. (2014). Propaganda printsipov zdorovogo pitaniya [Promotion of healthy nutrition principles]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 83(S3), 18.
- Kharchenko, V. Yu., & Mogil'nyi, M. P. (2021). Steviya v muchnykh konditerskikh izdeliyakh [Stevia in flour confectionery products]. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and Bakery Production]. URL: <https://www.breadbranch.com/publ/view/285.html> (accessed: 12.04.2021).

- Koryachkina, S. Ya. (2006). *Novye vidy muchnykh i konditerskikh izdelii: Nauchnye osnovy, tekhnologii, retseptury* [New types of flour and confectionery products: Scientific bases, technologies, recipes] (3rd ed.). Orel: Trud.
- Kuznetsova, L. I., & Surmach, E. M. (2014). Sovershenstvovanie tekhnologii keksov na osnove rzhanoi muki [Improving the technology of cakes based on rye flour]. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Scientific Journal of the National Research University ITMO. Processes and Devices of Food Production], 2, 51-55.
- Ladnova, O. L., & Merkulova, E. G. (2008). Primenenie inulina i stevii pri razrabotke retseptur produktov novogo pokoleniya [The use of inulin and stevia in the development of recipes for new generation products]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of Modern Natural Science], 2, 46-47.
- Lapshina, V. T., Fonareva, G. S., & Akhiba, S. L. (2000). *Sbornik retseptur na torty, pirozhnye, keksy, rulety, pechen'ya, pryaniki, kovrizhki i sдобnye bu-lochnye izdeliya* [Collection of recipes for cakes, pastries, cupcakes, rolls, cookies, gingerbread, gingerbread and pastry products] (vol. 3). Moscow: Khlebprouinform.
- Lobosova, L. A., Malyutina, T. N., Magomedov, M. G., & Barsukova, I. G. (2013). Funktsional'nye konditerskie izdeliya s netraditsionnym syr'em [Functional confectionery products with non-traditional raw materials]. *Sovremennaya nauka: Aktual'nye problemy i puti ikh resheniya* [Modern Science: Current Problems and ways to Solve them], 3, 25-26.
- Magomedov, G. O., Lobosova, L. A., Milyutina, T. N., & Rozhkov, S. A. (2020). Keksy s polbyanoi mukoi dlya pitaniya detei mladshego shkol'nogo vozrasta [Cupcakes with spelt flour for feeding children of primary school age]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of Farm Products], 2, 112-122. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.249>
- Matveeva, T. V., & Koryachkina, S. Ya. (2016). *Muchnye konditerskie izdeliya funktsional'nogo naznacheniya. Nauchnye osnovy, tekhnologii, retseptury* [Flour confectionery products of functional purpose. Scientific bases, technologies, recipes]. S-Petersburg: GIOR.
- Mazhulina, I. V., Tertychnaya, T. N., Andrianov, E. A., & Krivtsova, S. N. (2017). Razrabotka retseptury kekso funktsional'nogo naznacheniya s shipovnikom i brokkoli [Development of a recipe for a functional purpose cupcake with rosehip and broccoli]. *Khlebobrodukty* [Bread Products], 6, 40-42.
- Ponomareva, E. I., Alekhina, N. N., & Bakaeva, I. L. (2016). Novye pishchevye produkty: tekhnologii, sostavy, effektivnost' [Development of a new recipe for cupcakes of increased nutritional value]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 2, 116-121.
- Ponomareva, E. I., Lukina, S. I., & Skvortsova, O. B. (2017). Razrabotka novoi retseptury keksov povyshennoi pishchevoi tsennosti [New food products: technologies, compositions, efficiency]. *Vestnik VGUIT* [Voronezh State University of Engineering Technologies Bulletin], 79(4), 114-119. <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-114-118>
- Posnova, G. N., Semenkina, N. G., Nikitin, I. A., & Trufanova, Yu. N. (2017). Razrabotka tekhnologii kekso funktsional'noi napravlenosti na osnove produktov pererabotki topinambura [Development of technology for functional cupcake based on Jerusalem artichoke processing products]. *Vestnik VGUIT* [Voronezh State University of Engineering Technologies Bulletin], 79(1), 152-157. <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-152-157>
- Revenko, L. S. (2015). Mirovye tovarnye rynki: Tendentsii KhKhI veka [World commodity markets: trends of the XXI century]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika* [Bulletin of the Saint Petersburg University], 3, 27-45.
- Reznichenko, I. V., & Shcheglov, M. S. (2020). Sakharozameniteli i podslastiteli v tekhnologii konditerskikh izdelii [Sugar substitutes and sweeteners in the technology of confectionery products]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 50(4), 576-587. <http://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-576-587>
- Ruban, N. V., Grafchikova, A. V., Botyanova, A. V., & Gorbova, M. V. (2020). Razrabotka retseptury muchnogo konditerskogo izdeliya s ponizhennym soderzhaniem zhira dlya zdorovogo pitaniya [Development of a recipe for flour confectionery with a reduced fat content for a healthy diet]. *Molodoi uchenyi* [Young Scientist], 22, 142.
- Savenkova, T. V. (2007). Nauchnye printsipy sozdaniya tekhnologii proizvodstva funktsional'nykh konditerskikh izdelii [Scientific principles of the technology for the production of functional confectionery]. *Konditerskoe proizvodstvo* [Pastry production], 6, 28.
- Serbaeva, E. R., Yakunova, A. B., & Magasumova, Yu. R. (2020). Inulin: Prirodnye istochniki, osobennosti metabolizma v rasteniyakh i prakticheskoe primeneniye [Inulin: natural sources, especially metabolism in plants and the practical application]. *Biomika* [Biomeka], 12(1), 57-79. <http://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2020-5>
- Shumilova, I. Sh., Anisimova, K. V., & Gavatskikh, N. G. (2018). Izuchenie vliyaniya dobavok grechnevoi muki na pokazateli kachestva keksov [Study of the effect of buckwheat flour additives on the

- quality indicators of cupcakes]. *Khlebopechenie Rossii* [Bread Making in Russia], 4, 44-47.
- Tertychnaya, T. N. (2010). *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty ispol'zovaniya tritikale v proizvodstve khlebobulochnykh i muchnykh konditerskikh izdelii povyshennoi pishchevoi tsennosti* [Theoretical and practical aspects of the use of triticale in the production of bakery and flour confectionery products of increased nutritional value] [Doctoral Dissertation, FGOU VPO "Voronezhskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. K. D. Glinki"]. Moscow, Russia.
- Titova, L. M., & Aleksanyan, I. Yu. (2016). Tekhnologiya inulina: osnovnye tendentsii razvitiya otrasli i spornye voprosy [Inulin technology: the main trends in the development of the industry and controversial issues]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 1, 46-51.
- Trufanova, Yu. N., & Vostrikova, E. M. (2017). Inulin kak syr'e dlya proizvodstva muchnykh konditerskikh izdelii povyshennoi pishchevoi tsennosti [Inulin as a raw material for the production of flour confectionery products of increased food value]. In *Sbornik nauchnykh statei Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii perspektivnykh razrabotok molodykh uchenykh "Molodezh' i nauka: Shag k uspekh"* [Collection of scientific articles of the All-Russian scientific conference of promising developments of young scientists "Youth and Science: Step to Success"] (vol. 2, pp. 329-331). Voronezh: VGUIT.
- Tutel'yan, V. A., Razumov, A. N., Vyalkov, A. I., Mikhailov, V. I., Moskalenko, K. A., Odinets, A. G., Sbezheva, V. G., & Sergeev, V. N. (2010). *Nauchnye osnovy zdorovogo pitaniya* [Scientific bases of healthy nutrition]. Moscow: Panorama.
- Amorim, C., Cardoso, B. B., Silvério, S. C., Silva, J. C., Alves, J. I., Pereira, M. A., Moreira, R., & Rodrigues, L. R. (2021). Designing a functional rice muffin formulated with prebiotic oligosaccharides and sugar reduction. *Food Science*, 40, 100858. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100858>
- Ansari, F., Pourjafar, H., & Pimentel, T. C. (2021). Effect of Inulin, Polydextrose, or Resistant Starch on the Quality Parameters of Prebiotic Bread. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(6), 14889-14897. <https://doi.org/10.33263/BRIAC116.1488914897>
- Magomedov, G. O., Zhuravlev, A. A., Lobosova, L. A., & Zhurakhova, S. N. (2018). Optimization of prescription composition of jelly masses using the scheffe's simplex plan. *Foods and Raw Materials*, 6(1), 71-78.
- Milner, L., Kerry, J. P., O'Sullivan, M. G., & Gallagher, E. (2019). Physical, textural and sensory characteristics of reduced sucrose cakes, incorporated with clean-label sugar replacing alternative ingredients. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59, 102235. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102235>
- Ren, Y., Song, K-Y., & Kim, Y. (2020). Physicochemical and retrogradation properties of low-fat muffins with inulin and hydroxypropyl methylcellulose as fat replacers. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10), e14816. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14816>

Функциональный кисломолочный напиток на основе пахты

Серова Ольга Петровна

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Адрес: 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28

E-mail: s_vyatka@mail.ru

Чернавина Сабина Васильевна

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Адрес: 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28

E-mail: sab.chernavina@yandex.ru

Горлов Иван Фёдорович

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Адрес: 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28

ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»

Адрес: 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6

E-mail: niimtr@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Адрес: 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28

ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»

Адрес: 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6

E-mail: slozhenkina@mail.ru

Брехова Светлана Андреевна

ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»

Адрес: 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6

E-mail: sveta511518@mail.ru

Исследование посвящено созданию функционального кисломолочного напитка на основе пахты путём коррекции минерально-витаминного состава с помощью введения смеси фруктово-овощного пюре. Экспериментальная работа осуществлялась в лаборатории кафедры технологии пищевых производств Волгоградского государственного технического университета. Были произведены опытные образцы кисломолочных напитков: контрольный – кисломолочный напиток из пахты без добавок, опытный 1 – содержит 10% смеси фруктово-овощного пюре, опытный 2 – 25% смеси и опытный 3 – 40% смеси. Оценка пищевой ценности образцов показала, что у опытных образцов повысилось содержание пищевых волокон, углеводов, незначительно жиров, в отличие от контрольного образца. На основании данных проведённой физико-химической и органолептической оценке оптимальным для производства пробиотического напитка является образец 3. Этот образец содержал пахту и 40% смеси фруктово-овощного пюре. Для данного кисломолочного напитка произведена оценка витаминного и минерального состава. Установлено, что в разработанном кисломолочном напитке повышено содержание нутриентов: Fe в 46 раз, Mg в 9 раз, K в 6 раз, Na в 4 раза, Zn в 3 раза, Ca в 2 раза; β-каротина в 16 раз, витамина B₆ в 13 раз, витамина B₁ в 11 раз, витаминов B₂ и C в 5 раз, витамина B₅ в 2,6 раза, витамина A в 1,8 раз по сравнению с контрольным образцом. Полученные данные обосновывают жизнеспособность создания новой линейки функциональных кисломолочных продуктов на основе пахты, кефирной закваски и смеси фруктово-овощного пюре. Данный подход расширяет возможности переработки пахты при минимальных капиталовложениях и без применения высокотехнологичных процессов.

Ключевые слова: функциональное питание, пробиотики, технология, аминокислоты, пищевые волокна

Введение

В условиях снижения общего объема заготовок в молочной промышленности чрезвычайно важной становится проблема использования вторичных ресурсов, в частности пахты. Разнообразный химический состав по группам нутриентов, высокая пищевая и биологическая ценность обуславливают собой лечебно-профилактические свойства напитков из пахты (Оносовская, Иванова, & Черныгина, 2019; Седых & Шайахметов, 2019). Наличие факторов отрицательного влияния, как субъективных, так и объективных, на здоровье населения доказывают важность работы в направлении создания продуктов функциональной направленности (Корнен, Викторова, & Евдокимова, 2015; Макеева, Пряничникова, & Богатырев, 2016). К вышеупомянутым факторам относятся снижение защитных сил организма на фоне эндогенного загрязнения (Козлова, Тухтарова, & Илинбаева, 2017). Ведущими отрицательными факторами в плане здоровья остаются ведение физически неактивного образа жизни в купе с равнодушным отношением к режиму питания, что неминуемо способствует ухудшению ситуации в плане здоровья населения¹. Получить положительную динамику в данном вопросе может производство функциональных кисломолочных напитков, в качестве которых 'принято понимать такие продукты, ежедневное употребление которых способствует сохранению и улучшению здоровья' (Дорошенко, 2016).

Необходимо повышать объёмы производства качественных и безопасных сельскохозяйственных продуктов за счёт ресурсов собственной страны² (Воронин, Чупина, Воронина, & Чупин, 2019). Это позволит улучшить ситуацию в области продовольственной безопасности (Ломакин, 2017; Санникова, 2018), снижая потребность в возимом из-за границы пищевом сырье и продукции на его основе, которые имеют несоответствия стандартам качества безопасности, принятым в нашей стране. Закрытие данной потребности является отличным решением в условиях экономических санкций (Асон, 2017). Также, рассматривается достаточно глобальная проблема создания безотходных технологий в молочной промышленности, которые представляют собой мембранные техно-

логии (Неменушая & Коноваленко 2017; Трухачев, Молочников, Орлова, & Храмцов, 2017; Храмцов, 2017; Храмцов, 2018) и производство функциональных продуктов на основе вторичного сырья, включая пахту^{3, 4} (Ковалев, 2016; Мгебришвили, Храмова, & Короткова, 2015; Ребезов, Зинина, Нурымхан, Нургазезова, & Смольникова, 2016). Немаловажным аспектом создания безотходных технологий является экологическая целесообразность предотвращения загрязнения окружающей среды отходами производства.

В связи с этим расширение использования продуктов вторичной переработки молока, в том числе пахты для производства продуктов функциональной направленности, является актуальной проблемой. Производство функциональной продукции с применением в качестве сырья-основы пахты позволяет закрыть многие потребности производства. Решается вопрос утилизации пахты, закрывается экологический аспект утилизации вторичного сырья, что совместно оказывает положительный экономический эффект. Расширяется ассортиментная линейка отечественных полезных продуктов.

Основная доля как зарубежных исследований (AbdulAlim, Zayan, Campelo, & Barkry, 2018; Chavan, Shraddha, Kumar, & Nalawade, 2015), так и российских (Мельникова & Станиславская, 2019; Захарова, Пушмина, Пушмина, Кудрявцев, & Ситничук, 2019; Мансуров, Бочаров, Пальчиков, & Ратушный, 2019, Пак & Сучкова, 2018) направлены на изучение молочной сыворотки и получению функциональных продуктов на её основе. Изучению пахты и разработке функциональных продуктов на основе данного вида вторичного сырья в молочном деле посвящено гораздо меньше исследований. Об этом косвенно свидетельствует российский электронный научный портал eLIBRARY.RU. Среди свыше 35 миллионов научных трудов по запросу «молочная сыворотка» сайт содержит около 57 тысяч научных трудов, в то время как по запросу «пахта» всего лишь 6,5 тысяч. Опираясь на эти данные, можно сделать вывод о том, что научным изысканиям в области исследования пахты уделяется в 8,6 раз меньше внимания, чем молочной сыворотке. При этом пахта является пер-

¹ Оценка глобального бремени заболеваний пищевого происхождения. URL: http://www.who.int/foodsafety/areas_work/foodborne-diseases/ferg/ru/ (дата обращения: 18.03.2021).

² Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации : Указ Президента РФ от 21.01.2020. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения: 18.03.2021).

³ Денисов, С. В. (2020). Патент РФ № 2727056. Функциональный напиток на основе пахты. М.: Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева.

⁴ Горлов, И. Ф., Сложенкина, М. И., Гущина, Т. Е., Злобина, Е. Ю., Мосолова, Н. И., Короткова, А. А., Шахбазова, О. П., & Ахтямова, Д. И. (2015). Патент РФ № 2555548. Способ производства напитка из пахты. Волгоград: Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции РАСХН.

спективным и конкурентоспособным сырьём для создания функциональных пищевых продуктов.

Пахта, появляясь при производстве масла, содержит лактозу, белки, минералы, лецитин, витамины, мембраны жировых шариков молока. Мембраны жировых шариков молока богаты биологически активными соединениями, которые обладают противоопухолевым и понижающим холестерин действием, способны подавлять возбудителя язвенной болезни *Helicobacter pylori*, а также предотвращать желудочно-кишечные инфекции, повышать сопротивляемость организма к вирусам и бактериям (Barukčić, Jakorović, & Božanić, 2019). Кроме того, в составе вторичного сырья производства масла содержатся жиры и фосфолипиды, которые представляют собой важнейший элемент для построения оболочек клеток организма и являются важными нутриентами в питании. Высокая пищевая и диетическая ценность пахты идеально подходит для производства напитка кисломолочного с лечебно-профилактическими свойствами. Все вышеперечисленные факты характеризуют пахту как сырьё для функциональных продуктов.

Благодаря своей высокой пищевой ценности и наличию биологически активных соединений пахта после технологической обработки представляет собой готовый к употреблению функциональный напиток. Посредством введения новых ингредиентов можно получить функциональный питьевой продукт с желаемыми органолептическими характеристиками, а также дополнительно скорректировать нутриентную составляющую напитка. Одним из наиболее известных ингредиентов в функциональном питании являются пробиотики, которые положительно воздействуют на здоровье кишечника и поддерживают нормальный уровень холестерина в крови (Алыбаева, Елубаева, Олейникова, & Елубаева, 2019). Введение пробиотиков в продукты питания достаточно технологично⁵. Довольно известным и широко изученным пробиотиком признаны кефирные грибки. Другим распространённым ингредиентом в технологии функциональных напитков являются наполнители из растительного сырья, в частности фруктов и овощей, как корректоры органолептических показателей продукта и источники витаминов и минеральных веществ.

Цель исследования в данной работе представляет собой создание напитка кисломолочного функциональной направленности путем обогащения его

витаминно-минерального состава с помощью фруктово-овощного пюре.

Для достижения обозначенной цели в ходе исследовательской работы решались следующие задачи: составление и отработка рецептуры опытных образцов кисломолочных напитков из пахты; изучение влияния количества вводимой в рецептуру кисломолочного напитка фруктово-овощного пюре на опытных образцах напитков; оценка органолептических показателей качества готовых кисломолочных напитков и их пищевой ценности; исследование физико-химических показателей выработанных напитков; обоснование оптимального количества вводимого растительного сырья для использования в кисломолочных напитках; сравнительный анализ витаминного и минерального состава выработанного кисломолочного напитка относительно контрольного образца по классической рецептуре.

Таким образом, в данной исследовательской работе будут изучены возможности целесообразного использования фруктово-овощного пюре в качестве обогащающих витаминами и минералами компонентов для создания функционального кисломолочного напитка, что даст новое представление о разумном количестве данного фруктово-овощного пюре для применения в молочной промышленности и его влиянии на пищевую ценность пробиотического кисломолочного продукта.

Материалы и методы исследований

В целях научной работы использовалось оборудование лаборатории кафедры технологии пищевых производств Волгоградского государственного технического университета. Для выработки опытных образцов напитков использовался термостат электрический суховоздушный ТС-80М-2. Предпочтение было отдано резервуарному способу производства, так как наличие стадии перемешивания продукта после сквашивания, которая отсутствует в термостатном способе, способствует более равномерному распределению растительных компонентов в продукте и придаёт готовому продукту менее вязкую консистенцию. Основой на выработки кисломолочных функциональных напитков послужила пахта в качестве сырья, и в дальнейшем после технологической обработки в качестве опытного образца. Вспомогательными компонентами послужили закваска на кефирных грибах и фруктово-овощное пюре.

⁵ Войтенко, О. С. (2019). *Технология пробиотиков и продуктов на их основе: Учебное пособие.*

Все методики исследований готовых образцов напитков проводились согласно принятым государственным отраслевым стандартам в молочной промышленности. Полученные данные обрабатывались методами математической обработки данных, сравнительного анализа, сопоставления и графической визуализации.

Результаты и их обсуждение

Главным функциональным компонентом для отработки рецептур функционального кисломолочного продукта на основе пахты послужило фруктово-овощное пюре, приготовленное из шпината, сельдерея, яблока и банана в соотношении 1:2:4:3. Использование вышеуказанного фруктово-овощного пюре в качестве вспомогательного

сырья обусловлено благоприятным воздействием на работу желудочно-кишечного тракта и поддержание деятельности сердечно-сосудистой системы человека из-за наличия в составе минеральных веществ, витаминов А, С и группы В, β-каротина, пищевых волокон. Органолептическая и физико-химическая оценка вспомогательного сырья представлена в Таблицах 1 и 2, соответственно.

Фруктово-овощное пюре из шпината, сельдерея, яблока и банана имеет привлекательные сенсорные характеристики и богато содержанием сухих веществ. Рецепт контрольного образца напитка из пахты и разработанные рецептуры опытных напитков на основе пахты с содержанием 10%, 25% и 40% смеси фруктово-овощного пюре, в качестве опытного образца 1, 2 и 3, соответственно, приведены в Таблице 3.

Таблица 1

Органолептические показатели фруктово-овощного пюре

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид, консистенция	однородная пюреобразная текучая масса без частиц, волокон, семян
Вкус и запах	хорошо выраженные, свойственные фруктами и овощам, прошедшим тепловую обработку, из которых изготовлено пюре
Цвет	желто-зеленый, однородный по всей массе

Таблица 2

Физико-химические показатели фруктово-овощного пюре

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля этилового спирта в пюре, %	0,1
Массовая доля, %:	
- растворимых сухих веществ	14,2
- титруемых кислот	0,2
Посторонние примеси	отсутствуют

Таблица 3

Рецептура кисломолочных напитков на основе пахты

Наименование сырья	Расход сырья, г/кг			
	контрольный образец	опытный образец 1	опытный образец 2	опытный образец 3
Пахта	970	870	720	570
Кефирная закваска	30	30	30	30
Пюре фруктово-овощное:	отсутствует	100	250	400
шпинат				
сельдерей	-	10	25	40
яблоко		25	50	80
банан		40	100	160
		30	75	120
Итого	1000	1000	1000	1000

После всех технологических этапов производства кисломолочных напитков согласно рецептуре, был поведён сравнительный анализ органолептических показателей полученного контрольного и опытных образцов, который представлен в Таблице 4.

В результате полученных данных из Таблицы 4 можно сделать вывод, что опытный образец под номером 3 наиболее полно передает органолептические характеристики полученного кисломолочного напитка из пахты.

В ходе работы были проведены экспериментальные исследования показателей массовой доли сухих веществ и титруемой кислотности контрольного и опытных образцов, которые отображены в Таблице 5.

Вышепредставленные в таблице 5 физико-химические показатели соответствуют нормам, указанным в технической документации на пахту и напитки на её основе⁶. Это показатель того, что вносимое фруктово-овощное пюре позволяет получить качественный кисломолочный напиток, не препятствуя процессу сквашивая.

Далее был исследован химический состав, в совокупности отражающий пищевую ценность, образца без наполнителей и представляющий собой контроль, опытного образца 1 с добавлением 10% смеси фруктово-овощного пюре, опытного 2 с добавлени-

ем 25% смеси и опытного 3 с добавлением 40% смеси. Полученные данные представлены на Рисунке 1.

Из данных Рисунка 1 можно сделать вывод, что при повышении доли вводимого растительного ингредиента пропорционально возрастает содержание составляющих пищевую ценность продукта компонентов в следующем порядке: пищевые волокна, углеводы, жиры. Содержание белка вследствие замены молочного сырья растительными компонентами снижается. Максимальное значение пищевой и энергетической ценности отмечаются у опытного образца 3 с содержанием 40% фруктово-овощного пюре. Опираясь на нормы потребления питательных веществ, указанных в методических рекомендациях МР 2.3.1.2432 - 08⁷, был произведён расчёт покрытия средней суточной потребности (СПП) в основных питательных веществах. Результаты представлены в графическом виде на Рисунке 2.

Опираясь, на данные Рисунка 2, сделан вывод о том, что значительно возросло удовлетворение СПП в пищевых волокнах. Для опытного образца 3 данная цифра приближается к 28%. Это свидетельствует о том, что выработанный кисломолочный напиток с содержанием 40% растительного сырья, обладает скорректированной функциональной направленностью.

В результате, опираясь на вышеизложенные показатели, оптимальным вариантом рецептуры напитка

Таблица 4
Органолептическая характеристика

Показатель	Характеристики			
	контрольный образец	опытный образец 1	опытный образец 2	опытный образец 3
Консистенция и внешний вид	однородная, в меру вязкая	однородная, в меру вязкая, без ощущаемых частиц растительных компонентов	однородная, в меру вязкая, с ощущаемыми частицами растительных компонентов	однородная, в меру вязкая, с четко ощущаемыми частицами растительных компонентов
Вкус и запах	чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов	чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов, с легким привкусом вкусового наполнителя	чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов, с выраженным привкусом вкусового наполнителя
Цвет	равномерный по всей массе, белый/светло-желтый	равномерный по всей массе, с плавным едва заметным переходом желто-зеленого цвета	равномерный по всей массе, слабо зеленого цвета	равномерный по всей массе, ярко зеленого цвета

⁶ ГОСТ 34354-2017. (2018). Пахта и напитки на ее основе. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁷ Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации (2009). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора.

Таблица 5

Физико-химические показатели

Показатель	Контроль- ный образец	Опытный образец 1	Опытный образец 2	Опытный образец 3
Массовая доля сухо- го вещества, %	8,2	8,25	8,4	8,6
Кислотность, °Т	86	87	88,5	93

кисломолочного из пахты с растительным наполнителем выбран опытный образец 3. Содержание 40% фруктово-овощного пюре придаёт продукту максимальную питательность и функциональную направленность, а также наиболее предпочтительные сенсорные характеристики, соответствующие требованиям ТР ТС 033/2013⁸. Именно опытный образец 3 исследован далее в сравнительной характеристике с контрольным образцом без добавок.

Опираясь на данные о минеральном составе продуктов (Шалыгина & Калинина, 2013) и сведениях о нормах СПП в макро- и микроэлементах (Крусь,

Храмцов, Волокитина, & Карпычев, 2014), проведена оценка содержания минеральных элементов в контрольном и выбранном оптимальном образце напитка, а также изучен процент покрытия суточной потребности в данных нутриентах при употреблении 100 г функционального продукта. Эти данные отражены на Рисунках 3 и 4 соответственно.

По данным из Рисунков 3 и 4 можно сделать вывод, что при обогащении кисломолочного напитка фруктово-овощным пюре в количестве 40%, содержание серы и хлора в контрольном и опытном напитках одинаково и удовлетворяют ССП организма

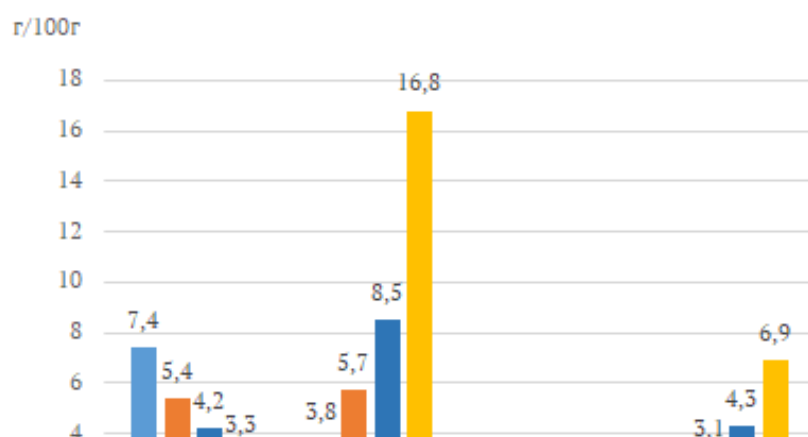


Рисунок 1. Пищевая ценность опытных функциональных напитков

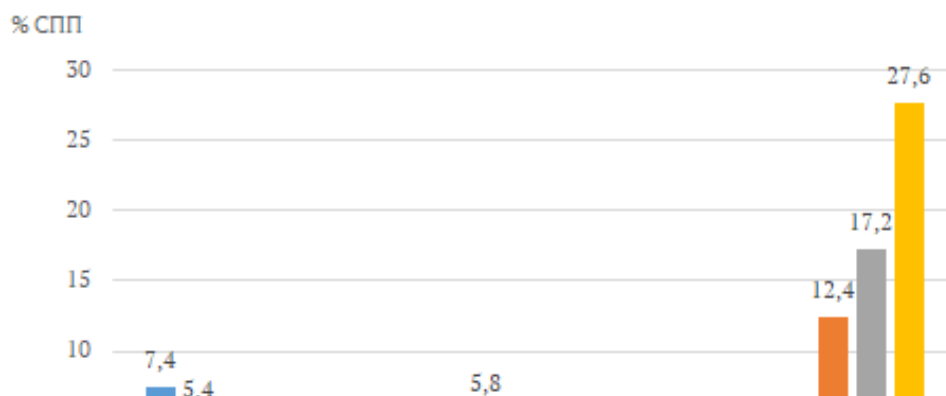


Рисунок 2. Покрывание среднесуточной потребности в основных питательных компонентах

⁸ ТР ТС № 033. О безопасности молока и молочной продукции. (2018). Новосибирск: Норматика.

человека на 3,4% и 4,8% соответственно. При употреблении 100 г контрольного образца напитка кисломолочного без растительных добавок ССП организма человека в железе восполняется на 0,7%, в магнии на 3,5%, калии на 5,8%, натрия на 3,8%, цинке 2,7%, кальция 12%. Для опытного образца этот же показатель по данным минералам составил в железе 32,4%, магнии 32,8%, калии 37,6%, натрия 16,2%, цинке 8,1% и кальция 26,4%. Таким образом, установлено, что в разработанном пробиотическом напитке из пахты благодаря фруктово-овощному пюре повышено содержание минералов относительно контрольного образца в несколько раз. Опытный образец продукта приобретает функциональную направленность по содержанию в своём составе натрия, магния, калия и железа.

После минеральных веществ был изучен следующий набор нутриентов – витамины. На основе данных об их содержании в опытных образцах построена накопительная гистограмма процентно-

го покрытия СПП в витаминах, представленная на Рисунке 5.

По данным рисунка 5 можно сказать, что употребление 100 г разработанного напитка кисломолочного удовлетворяет ежедневную потребность в питании человека в витаминах следующим образом. Потребность β-каротине закрывается на 10%, для витамина А этот показатель составил 16,7%, для витамина С – 13 %, для витамина В₁ – 26%, для В₂ – 51%, для В₅ – 20,8%, для витамина В₆ потребность закрывается на 34%. Для контрольного образца этот же показатель составил по витамину А 9,2%, по β-каротину 0,6%, по витамину В 12,4%, по витамину В₂ 10%, по витамину В₅ 8%, по витаминам В₆ и С 2,5% для каждого. Таким образом установлено, что внесение в состав кисломолочного напитка из пахты фруктово-овощного пюре повышает содержание витаминов в продукте, придавая функциональную направленность по данным нутриентам.

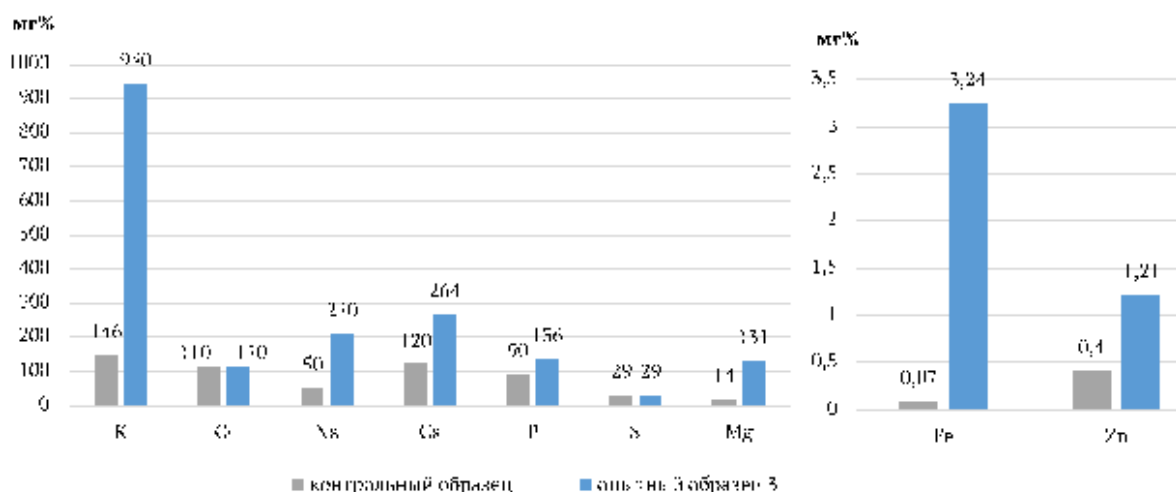


Рисунок 3. Содержание макроэлементов (а) и микроэлементов (б) в исследуемых напитках

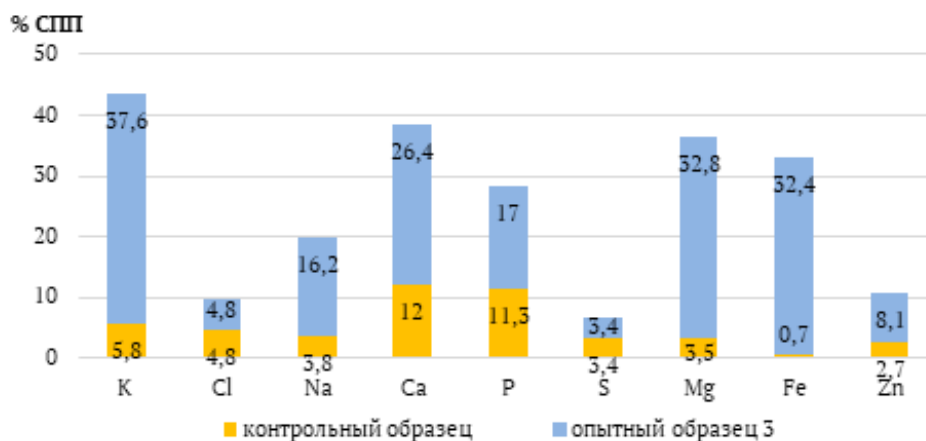


Рисунок 4. Покрытие СПП в минеральных веществах исследуемыми напитками

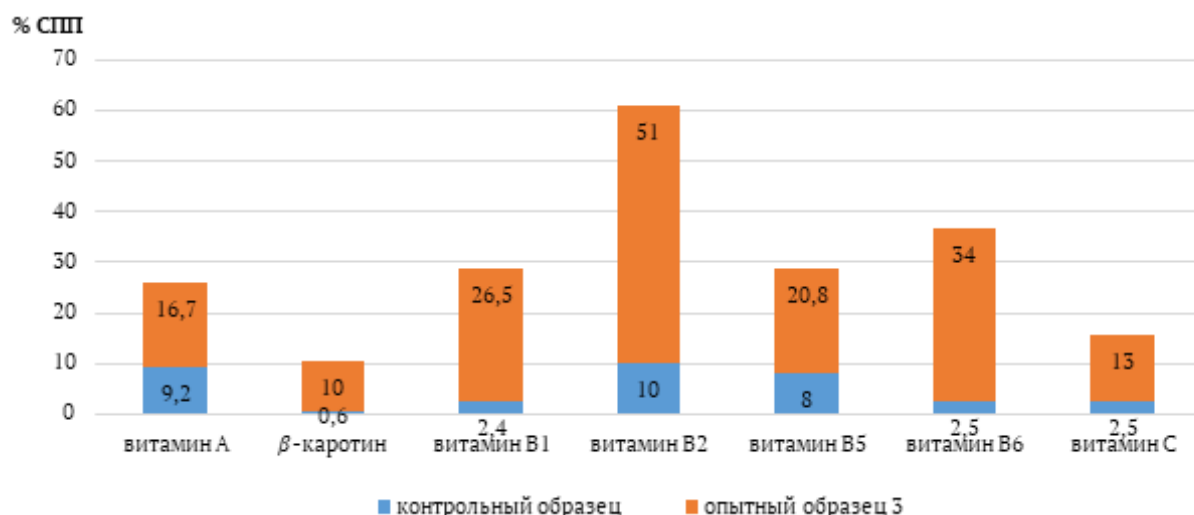


Рисунок 5. Покрывание СПП в витаминах исследуемыми напитками.

Выводы

В процессе написания данной работы был обоснован выбор вносимых компонентов; была отработана рецептура напитка кисломолочного на основе пахты; выявлен отличительный признак полученного продукта, а также изучен процесс обогащения напитка кисломолочного растительными компонентами. Установлено, что внесение в состав кисломолочного напитка из пахты фруктово-овощного пюре из шпината, сельдерея, яблока и банана в соотношении 1:2:4:3 оптимально в количестве 40%, по сравнению с дозировкой в 10 и 25%, так как, не препятствуя процессу сквашивания, имеет привлекательные сенсорные характеристики и способствует максимальному содержанию пищевых волокон в готовом кисломолочном напитке из пахты. Содержащиеся в фруктово-овощном пюре нутриенты позволили придать напитку функциональную направленность по пищевым волокнам, закрывая СПП на 27,6%, по содержанию, кальция, калия, магния и железа, закрывая СПП на 26,4; 37,6; 32,8% и 32% для каждого минерала соответственно. Придана продукту функциональная направленность и по витаминному составу. При обогащении продукта растительными компонентами из, приведённых к состоянию пюре, фруктов и овощей, увеличивается количество витаминов таких как витамин С, витамин В₆, витамин В₁. Полученный продукт представляет собой функциональный кисломолочный напиток, более сбалансированный по пищевой ценности, по содержанию эссенциальных элементов в виде минеральных веществ и витаминов, чем пахта. После всех проведенных исследований можно сделать вывод, что производство разработанного функционального кисломолочно-

го напитка из пахты сбалансированного по химическому нутриентному составу, актуально.

Благодарности

Исследования выполнены по гранту Президента РФ для поддержки ведущих научных школ НШ-2542.2020.11.

Литература

- Алыбаева, А. Ж., Елубаева, М. Е., Олейникова, Е. А., & Елубаева, А. Е. (2019). Синбиотические молочные продукты в питании человека. *Достижения науки и образования*, 8(1), 20-24.
- Асон, Т. А. (2017). Стратегия импортозамещения в сельскохозяйственном секторе Российской Федерации. *Науковедение*, 9(6), 1-7. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/28EVN617.pdf> (дата обращения: 18.03.2021).
- Воронин, Б. А., Чупина, И. П., Воронина, Я. В., & Чупин, Ю. Н. (2019). Стратегия развития самообеспеченности отечественной агропродукцией как залог успешного выполнения доктрины продовольственной безопасности. *Аграрный вестник Урала*, 181(2), 53-57. https://doi.org/10.32417/article_5cb0b3ef16e760.77304470
- Дорошенко, Т. Н. (2019). Разработка технологии напитков с функциональными добавками. *Сельскохозяйственный журнал*, 1, 40-42.
- Захарова, Л. М., Пушмина, И. Н., Пушмина, В. В., Кудрявцев, М. Д., & Ситничук, С. С. (2019). Кисломолочный продукт для спортивного питания. *Человек. Спорт. Медицина*, 19(S1), 128-136. <https://doi.org/10.14529/hsm19s117>

- Ковалев, А. А. (2016). Перспективное развитие молочной перерабатывающей промышленности в условиях реализации стратегии безотходных технологий. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 12, 164-168.
- Козлова, О. А., Тухтарова, Е. Х., & Илинбаева, Е. А. (2017). Методические вопросы оценки устойчивости трудоспособного населения к негативно-экологическому воздействию. *Экономические и социальные перемены: Факты, тенденции, прогноз*, 10(4), 212-227. <https://doi.org/10.15838/esc.2017.4.52.12>
- Корнен, Н. Н., Викторова, Е. П., & Евдокимова, О. В. (2015). Методологические подходы к созданию продуктов здорового питания. *Вопросы питания*, 1, 95-99.
- Крусь, Г. Н., Храмцов, А. Г., Волокитина, Э. В., & Карпычев, С. В. (2014). Технология молока и молочных продуктов. (Ред.) А. М. Шалыгина. М.: КолосС.
- Ломакин, П. Н. (2017). Обеспечение продовольственной безопасности России: внутренние и международные аспекты (Дисс. канд. эконом. наук). М.: МГИМО МИД России.
- Макеева, И. А., Пряничникова, Н. С., & Богатырев, А. Н. (2016). Научные походы к выбору нетрадиционных ингредиентов для создания функциональных продуктов животного происхождения, в том числе органических. *Пищевая промышленность*, 3, 34-37.
- Мансуров, А. П., Бочаров, В. А., Пальчиков, Е. В., & Ратушный, А. С. (2019). Влияние криопорошка «яблоко» на качество сывороточного напитка функционального назначения. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания*, 1, 48-55.
- Мгебришвили, И. В., Храмова, В. Н., & Короткова, А. А. (2015). Создание функциональных десертных продуктов с использованием вторичных ресурсов и растительного регионального сырья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*, 2, 205-207.
- Мельникова, Е. И., & Станиславская, Е. Б. (2019). Применение микропартикулята сывороточных белков в технологии полутвердых сыров. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 4, 129-140. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.199>
- Неменушая, Л. А., & Коноваленко, Л. Ю. (2017). Ресурсосберегающие мембранные технологии переработки молочного сырья. *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*, 3, 98-101.
- Оносовская, Н. Н., Иванова, Н. В., & Чернягина, С. Н. (2019). Кисломолочные напитки на основе пахты и молочной сыворотки. *Переработка молока*, 9, 40-45.
- Пак, В. И., & Сучкова, Е. П. (2018). Оценка функциональности напитка на молочной основе, содержащего пищевые волокна. *Новые технологии*, 1, 56-62.
- Ребезов, М. Б., Зинина, О. В., Нурымхан, Г. Н., Нургазезова, А. Н., & Смольникова, Ф. Х. (2016). Вторичное сырье молочной отрасли: современное состояние и перспективы использования. *АПК России*, 75(1), 150-155.
- Санникова, И. Н. (2018). К вопросу продовольственной безопасности. *Экономика. Профессия. Бизнес*, 3, 97-102. <https://doi.org/10.14258/201844>
- Седых, Е. Ю., & Шайахметов, Б. Д. (2019). Пахта как функциональный продукт. *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*, 21, 221-223.
- Трухачев, В. И., Молочников, В. В., Орлова, Т. А., & Храмцов, А. Г. (2017). Прогностическая модель биомембранной технологии молочных продуктов нового поколения в реалиях рыночной экономики и членства России в ВТО. *Индустрия питания*, 2, 34-42.
- Храмцов, А. Г. (2017). Инновационные приоритеты модернизации индустрии питания в парадигме нового (шестого) технологического уклада на примере молочной отрасли АПК. *Индустрия питания*, 1, 4-11.
- Храмцов, А. Г. (2018). Логистика формирования нового технологического уклада молочной отрасли пищевой индустрии АПК в условиях ограниченных ресурсов традиционного сырья. *Индустрия питания*, 3(4), 8-24. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-3-4-1>
- Шалыгина, А. М., & Калинина, Л. В. (2013). Общая технология молока и молочных продуктов. М.: КолосС.
- AbdulAlim, T. S., Zayan, A. F., Campelo, P. H., & Barkry, A. M. (2018). Development of new functional fermented product: Mulberry-whey beverage. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*, 1(3), 64-69. <https://doi.org/10.30881/jnfrt.00013>
- Barukčić, I., Jakopović, K. L., & Božanić, R. (2019). Valorisation of Whey and Buttermilk for Production of Functional Beverages - An Overview of Current Possibilities. *Food Technology and Biotechnology*, 57(4), 448-460. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.04.19.6460>
- Chavan, R. S., Shraddha, R. C., Kumar, A., & Nalawade, T. (2015). Whey Based Beverage: Its Functionality, Formulations, Health Benefits and Applications. *Journal of Food Processing and Technology*, 6(10), 1-8. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000495>

Functional Sour Milk Drink Based on Butter

Ol'ga P. Serova

*Volgograd State Technical University
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation
E-mail: s_vyatka@mail.ru*

Sabina V. Chernavina

*Volgograd State Technical University
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation
E-mail: sab.chernavina@yandex.ru*

Ivan F. Gorlov

*Volgograd State Technical University
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia,
Volga Region Scientific Research Institute of
Meat-and-Milk Production and Processing
6, Rokossovsky str., Volgograd, 400131, Russian Federation
E-mail: niimmp@mail.ru*

Marina I. Slozhenkina

*Volgograd State Technical University
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia,
Volga Region Scientific Research Institute of Meat-and-Milk Production and Processing
6, Rokossovsky str., Volgograd, 400131, Russian Federation
E-mail: slozhenkina@mail.ru*

Svetlana A. Brekhova

*Volga Region Scientific Research Institute of Meat-and-Milk Production and Processing
6, Rokossovsky str., Volgograd, 400131, Russian Federation
E-mail: sveta511518@mail.ru*

The study is dedicated to the creation of a functional milk drink based on the strata by correcting the mineral-vitamin one by the introduction of a mixture of fruit-vegetable puree. Experimental work was carried out in the laboratory of the Department of Food Products Technology Volgograd State Technical University. Experimental samples of fermented acid beverages were made: a control - an acidic drink from the stuff without additives, prototype 1 - contains a 10% mixture of fruit-vegetable puree, an experimental 2 - 25% mixture and an experimental 3 - 40% mixture. Evaluation of the nutritional value of the samples showed that the experimental samples increased the content of dietary fibers, carbohydrates, slightly fats, in contrast to the control sample. Based on the data carried out by the physicochemical and organoleptic assessment, the sample is optimal for the production of probiotic drink 3. This sample contained the pointer and 40% mixture of fruit-vegetable puree. For this acidic drink, a vitamin and mineral composition was evaluated. It has been established that the content of nutrients is increased in the developed ferocular drink: Fe 46 times, Mg is 9 times, to 6 times, Na 4 times, Zn 3 times, Ca 2 times; β -carotene is 16 times, vitamin B6 is 13 times, vitamin B1 is 11 times, vitamins B2 and from 5 times, vitamin B5 2.6 times, vitamin A 1.8 times compared with the control sample. The obtained data substantiates the viability of creating a new line of functional dairy products based on the stitch, kefir fright and a mixture of fruit and vegetable puree. This approach expands the possibilities of recycling the strata with minimal investment and without the use of high-tech processes.

Keywords: functional nutrition, probiotics, technology, amino acids, dietary fiber

Acknowledgments

Studies completed under the grant of the President of the Russian Federation to support the leading scientific schools NSh-2542.2020.11.

References

- Alybaeva, A. Zh., Elubaeva, M. E., Oleinikova, E. A., & Elubaeva, A. E. (2019). Sinbioticheskie molochnye produkty v pitanii cheloveka [Synbiotic dairy products in human nutrition]. *Dostizheniya nauki i obrazovaniya* [Achievements in Science and Education], 8(1), 20-24.
- Ason, T. A. (2017). Strategiya importozameshcheniya v sel'skokhozyaistvennom sektore Rossiiskoi Federatsii [The strategy of import substitution in the agricultural sector of the Russian Federation]. *Naukovedenie* [Science], 9(6), 1-7. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/28EVN617.pdf> (data obrashcheniya: 18.03.2021).
- Voronin, B. A., Chupina, I. P., Voronina, Ya. V., & Chupin, Yu. N. (2019). Strategiya razvitiya samoo- bespechennosti otechestvennoi agroproduksiei kak zalog uspehnogo vpolneniya doktriny prodovol'stvennoi bezopasnosti [Strategy of development of self-sufficiency of agricultural products as the key to successful implementation of the doctrine of food security]. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 181(2), 53-57. https://doi.org/10.32417/article_5cb0b3ef16e760.77304470
- Doroshenko, T. N. (2019). Razrabotka tekhnologii napitkov s funktsional'nymi dobavkami [Development of technology of drinks with the functional additives]. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [Agricultural Magazine], 1, 40-42.
- Zakharova, L. M., Pushmina, I. N., Pushmina, V. V., Kudryavtsev, M. D., & Sitnichuk, S. S. (2019). Kislomolochnyi produkt dlya sportivnogo pitaniya [Fermented milk product for sports nutrition]. *Chelovek. Sport. Meditsina* [Person. Sport. The Medicine], 19(S1), 128-136. <https://doi.org/10.14529/hsm19s117>
- Kovalev, A. A. (2016). Perspektivnoe razvitie molochnoi pererabatyvayushchei promyshlennosti v usloviyakh realizatsii strategii bezotkhodnykh tekhnologii [Prospective development of milk processing industry in context of waste-free technology strategy implementation]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Altai State Agrarian University Bulletin], 12, 164-168.
- Kozlova, O. A., Tukhtarova, E. Kh., & Ilinbaeva, E. A. (2017). Metodicheskie voprosy otsenki ustoychivosti trudosposobnogo naseleniya k negativnomu ekologicheskomu vozdeistviyu [Methodological issues of assessing the resilience of the working-age population against negative environmental impacts]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: Fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast], 10(4), 212-227. <https://doi.org/10.15838/esc.2017.4.52.12>
- Kornen, N. N., Viktorova, E. P., & Evdokimova, O. V. (2015). Metodologicheskie podkhody k sozdaniyu produktov zdorovogo pitaniya [Methodological approaches to the creation of healthy food]. *Voprosy pitaniya* [Nutritional Issues], 1, 95-99.
- Krus', G. N., Khramtsov, A. G., Volokitina, E. V., & Karpychev, S. V. (2014). *Tekhnologiya moloka i molochnykh produktov* [Milk and Dairy Products Technology]. (Ed.) A. M. Shalygina. Moscow: KolosS.
- Lomakin, P. N. (2017). *Obespechenie prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii: vnutrennie i mezhdunarodnye aspekty* (Diss. kand. ekonom. nauk) [Ensuring food security in Russia: internal and international aspects (Master's thesis)]. Moscow: MGIMO MID Rossii.
- Makeeva, I. A., Pryanichnikova, N. S., & Bogatyrev, A. N. (2016). Nauchnye pokhody k vyboru netraditsionnykh ingredientov dlya sozdaniya funktsional'nykh produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya, v tom chisle organicheskikh [Scientific approaches to the choice of some non-traditional ingredients in the process of creating functional products of animal origin, including organic]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 3, 34-37.
- Mansurov, A. P., Bocharov, V. A., Pal'chikov, E. V., & Ratushnyi, A. S. (2019). Vliyanie krioporoshka «yabloko» na kachestvo syvorotochnogo napitka funktsional'nogo naznacheniya [Influence of apple cryopowder on the quality of the functional whey drink]. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK-produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of Food and Processing Industry Agroindustrial Complex - Healthy Food Products], 1, 48-55.
- Mgebrishvili, I. V., Khramova, V. N., & Korotkova, A. A. (2015). Sozdanie funktsional'nykh desertnykh produktov s ispol'zovaniem vtorichnykh resursov i rastitel'nogo regional'nogo syr'ya [Creation of functional dessert products using secondary resources and regional vegetable raw materials]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bulletin of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], 2, 205-207.
- Mel'nikova, E. I., & Stanislavskaya, E. B. (2019). Primenenie mikropartikulyata syvorotochnykh belkov v tekhnologii polutverdykh syrov [Application of microparticulates of whey pro-

- teins in the technology of semi-hard cheeses]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 4, 129-140. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.199>
- Nemenushchaya, L. A., & Konovalenko, L. Yu. (2017). Resursosberegayushchie membrannye tekhnologii pererabotki molochnogo syr'ya [The resource-saving membrane technologies of milk raw]. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva* [Bulletin of the All-Russian Research Institute of Livestock Mechanization], 3, 98-101.
- Onosovskaya, N. N., Ivanova, N. V., & Chernyagina, S. N. (2019). Kislomolochnye napitki na osnove pakhty i molochnoi syvorotki [Fermented milk drinks based on buttermilk and milk whey]. *Pererabotka moloka* [Milk Processing], 9, 40-45.
- Pak, V. I., & Suchkova, E. P. (2018). Otsenka funktsional'nosti napitka na molochnoi osnove, sodержashchego pishchevye volokna [Evaluation of the functionality of a milk-based drink containing dietary fiber]. *Novye tekhnologii* [New Technologies], 1, 56-62.
- Rebezov, M. B., Zinina, O. V., Nurymkhan, G. N., Nurgazezova, A. N., & Smol'nikova, F. Kh. (2016). Vtorichnoe syr'e molochnoi otrasli: sovremennoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya [Secondary raw materials of the dairy industry: current state and prospects of use]. *APK Rossii* [Agroindustrial Complex of Russia], 75(1), 150-155.
- Sannikova, I. N. (2018). K voprosu prodovol'stvennoi bezopasnosti. [On the issue of food security]. *Ekonomika Professiya. Biznes* [Economy. Profession. Business], 3, 97-102. <https://doi.org/10.14258/201844>
- Sedykh, E. Yu., & Shaiakhmetov, B. D. (2019). Pakhta kak funktsional'nyi produkt [Buttermilk as a functional product]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaistva* [Topical Issues of Improving the Technology of Production and Processing of Agricultural Products], 21, 221-223.
- Trukhachev, V. I., Molochnikov, V. V., Orlova, T. A., & Khramtsov, A. G. (2017). Prognosticheskaya model' biomembrannoi tekhnologii molochnykh produktov novogo pokoleniya v realiyakh rynochnoi ekonomiki i chlenstva Rossii v VTO [Expectation Model of Biomembrane Technology of the New Generation Dairy Products in the Market Economy and WTO Membership Reality]. *Industriya pitaniya* [Food Industry], 2, 34-42.
- Khramtsov, A. G. (2017). Innovatsionnye priority modernizatsii industrii pitaniya v paradigme novogo (shestogo) tekhnologicheskogo uklada na primere molochnoi otrasli APK [Innovative priorities of the food industry modernization in the paradigm of the new (sixth) technological mode: the case of the dairy sector of the agricultural complex]. *Industriya pitaniya* [Food Industry], 1, 4-11.
- Khramtsov, A. G. (2018). Logistika formirovaniya novogo tekhnologicheskogo uklada molochnoi otrasli pishchevoi industrii APK v usloviyakh ogranichennykh resursov traditsionnogo syr'ya [Logistics of the Dairy Sector New Technological Structure Formation of the Food Industry of the Agroindustrial Sector in the Conditions of the Limited Traditional Raw Materials Resources]. *Industriya pitaniya* [Food Industry], 3(4), 8-24. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-3-4-1>
- Shalygina, A. M., & Kalinina, L. V. (2013). *Obshchaya tekhnologiya moloka i molochnykh produktov* [General technology of milk and dairy products]. Moscow: KolosS.
- AbdulAlim, T. S., Zayan, A. F., Campelo, P. H., & Barkry, A. M. (2018). Development of new functional fermented product: Mulberry-whey beverage. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*, 1(3), 64-69. <https://doi.org/10.30881/jnfrt.00013>
- Barukčić, I., Jakopović, K. L., & Božanić, R. (2019). Valorisation of Whey and Buttermilk for Production of Functional Beverages - An Overview of Current Possibilities. *Food Technology and Biotechnology*, 57(4), 448-460. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.04.19.6460>
- Chavan, R. S., Shraddha, R. C., Kumar, A., & Nalawade, T. (2015). Whey Based Beverage: Its Functionality, Formulations, Health Benefits and Applications.

Сдобное печенье повышенной пищевой ценности

Алексеев Елен Викторовна

ФГБОУ ВО «Московский Государственный Университет пищевых производств»

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

E-mail: AlekseenkoEV@mgupr.ru

Белявская Ирина Георгиевна

ФГБОУ ВО «Московский Государственный Университет пищевых производств»

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

E-mail: Belyavskaya@mgupr.ru

Зайцева Лариса Валентиновна

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской

промышленности - филиал ФГБУН «ФНЦ пищевых систем

им. В.М. Горбатова» РАН

Адрес: 107023, г. Москва, ул. Электровзаводская, д. 20, стр.3

E-mail: lvz2360@mail.ru

Уварова Анна Георгиевна

ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия

имени И.И. Иванова»

Адрес: 305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70

E-mail: A.G.Uvarova@yandex.ru

Приоритетным направлением в разработке новых видов сдобного печенья является модификация традиционных рецептур и использование инновационных ингредиентов, обеспечивающих повышение пищевой ценности готовых изделий и формирующих их функциональную направленность. Проведен комплекс исследований по экспериментальному обоснованию, разработке рецептуры и технологических решений с целью получения сдобного печенья повышенной пищевой ценности на основе муки пшеничной из цельнозернового зерна и жирового продукта энзимной перэтерификации с омега-3 жирными кислотами с добавлением микроводоросли спирулины. Изучено влияние выбранных ингредиентов на органолептические, физико-химические показатели и пищевую ценность готовых изделий. Показано, что разработанный вид сдобного печенья имеет достойные потребительские свойства, по физико-химическим показателям - соответствует требованиям ГОСТ 24901-2014 при некотором снижении показателя намокаемости. Доказано, что разработанное изделие характеризуется улучшенным липидным профилем: в составе жирных кислот содержится значительное количество ненасыщенных жирных кислот (55%) по сравнению со сдобным печеньем, полученным по традиционной рецептуре, выявлено наличие γ -линоленовой кислоты, отмечается десятикратное увеличение содержания эссенциальной линолевой кислоты; печенье может быть позиционировано как изделие, являющееся источником незаменимых омега-3 жирных кислот (альфа-линоленовой более 0,2 г/100 г). Установлено, что сдобное печенье, полученное по усовершенствованной рецептуре, является источником пищевых волокон (5,87 г/100 г продукта), магния (20% средней суточной потребности на 100 г) и железа (23% средней суточной потребности на 100 г) при низком содержании натрия (соли) (42,3 мг/100г). Разработан комплект ТД (ТУ, ТИ) (проект) на новое обогащенное сдобное печенье.

Ключевые слова: сдобное печенье, мука пшеничная из цельнозернового зерна, жировой продукт энзимной перэтерификации, спирулина, органолептические и физико-химические показатели, пищевая ценность

Введение

Мучные кондитерские изделия находятся в сегменте особых потребительских предпочтений.

Изделия отличаются приятным вкусом, привлекательным внешним видом и представлены в широком ассортименте: печенье, галеты, кексы, вафли, пряники и другие.

Производство и потребление мучных кондитерских изделий в Российской Федерации неуклонно растет. По данным Росстата индекс потребления мучных кондитерских изделий достиг 25,2 кг на человека, и на период с 2019 по 2023 гг. в России ожидается дальнейший рост их производства примерно на 1,8 – 2,3% в год. Причем, из ассортимента мучных кондитерских изделий прогнозируется ощутимый рост производства печенья, которое является наиболее доступным в ценовой категории кондитерским изделием. По мнению экспертов, производство данной категории продукции также будет увеличиваться за счет расширения ее ассортимента, на формирование которого будет оказывать влияние возрастающий с каждым годом спрос на продукты здорового питания, мотивирующие отрасль на выпуск изделий с пониженным содержанием критически значимых ингредиентов – жиров, сахаров, соли и обогащенных полезными для здоровья человека эссенциальными и минорными компонентами, что отвечает целям Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 г.¹ и Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г.², утвержденных Правительством РФ.

Анализ научно-технической литературы и патентных источников показывает, что доминирующим направлением в разработке новых сортов мучных кондитерских изделий, в том числе сдобного печенья, является модификация традиционных рецептур и использование инновационных ингредиентов, обеспечивающих повышение пищевой ценности готовых изделий и формирующих их функциональную направленность (Резниченко & Устинова, 2020). Разработки в этом направлении развиваются по пути частичной или полной замены основных рецептурных ингредиентов – муки пшеничной высшего сорта и жировой основы альтернативными ингредиентами (Магомедов, Малютина, Зацепилина, Шапкарина, & Лыгин, 2016; Лаптева & Митькиных, 2013) и дополнительного введения в состав рецептуры обогащающих компонентов растительного происхождения и биологически активных добавок. Вместе с этим решаются вопросы, касающиеся продления сроков годности мучных кондитерских изделий и сохранения их свежести (Журав-

ская & Васюкова, 2019; Шпис А. А. & Шпис А. Н., 2016; Назимова, Захаренко, & Марков, 2020; Шабурова & Кулькова, 2019; Захарова, Козубаева, Егорова, 2019; Захарова, Кузьмина, & Егорова, 2020).

Продемонстрирована возможность полной замены пшеничной муки тритикалевой мукой в производстве песочно-сдобного печенья (Магомедов, Малютина, Зацепилина, Шапкарина, & Лыгин, 2016). Разработанные изделия имели высокие потребительские свойства и функциональную направленность.

Выявлено оптимальное соотношение муки пшеничной высшего сорта, ржаной обдирной и тритикалевой (50:30:20 и 40:30:30) в производстве сдобного печенья типа «Лимонное» (Лаптева, 2013, с. 35). Установлено повышение пищевой ценности полученных изделий (по содержанию пищевых волокон, минеральных веществ – калия, магния, железа) и биологической ценности (по содержанию незаменимых аминокислот – лизина, валина, треонина).

Разработаны композитные смеси на основе пшеничной муки высшего сорта, пшеничной и гречневой муки при производстве сдобного печенья (Хлюдзинская, 2019). Показано, что пшеничная и гречневая мука влияют на органолептические свойства продукта. Введение в состав рецептуры пшеничной муки позволяет получить продукт с рыхлой текстурой, а использование гречневой муки наделяет продукт более выраженным ароматом и вкусом. Установлено, что гречневая мука замедляет процессы черствения печенья и увеличивает сроки его хранения.

Перспективы применения гречневой муки при производстве печенья сдобного продемонстрированы в работе (Иванова, 2019). Показано, что по органолептическим и физико-химическим показателям лучшими признаны образцы печенья с 10 и 30% заменой муки пшеничной на муку гречневую.

Разработана рецептура сдобного печенья функционального назначения, включающая смесь муки пшеничной и каштановой в соотношении 4:1, позволяющая получить продукт с повышенной пищевой ценностью и улучшенными органолептическими показателями³.

¹ Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 января 2020 г. N 8 «Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года» URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73421912/> (дата обращения: 15.05.2021)

² Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 N 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» URL: <https://docs.cntd.ru/document/420363999> (дата обращения: 15.05.2021)

³ Болгова, Д. Ю., & Тарасенко, Н. А. (2017). РФ Патент № 2616788. Сдобное печенье функционального назначения.

Разработан способ приготовления тестовой массы для изготовления печенья сложной рецептуры на основе смеси из пшеничной и спельтовой муки (Бессмертная, & Васильченко, 2018). Представлена технологическая схема производства продукта.

С применением методов математического планирования разработана рецептура сдобного печенья на основе муки тритикалевой обдирной и муки из проростков семян нута (Тертычная, Мажулина, Горбунова, & Синельникова, 2019). Готовый продукт отличается повышенным содержанием белка, пищевых волокон, минеральных веществ, витаминов и может быть рекомендован для лечебно-профилактических целей.

Представлены результаты исследований по применению кедровой обезжиренной муки в количестве 20% (Кузьмина, Козубаева, & Гайсина, 2015) и подсолнечной муки из жмыха в количестве 17% взамен пшеничной муки при производстве сдобного печенья (Гайсина, Козубаева, & Кузьмина, 2017). Показано, что использование нетрадиционных ингредиентов позволяет получить продукт с достойными потребительскими свойствами и повышенной пищевой ценностью по содержанию белка, пищевых волокон и др.

Большое внимание уделяется разработке новых видов сдобного печенья с использованием плодово-ягодного и овощного сырья регионального значения и продуктов их переработки - ягод брусники и плодов ирги (Захарова, Козубаева, & Егорова, 2019; Захарова, Кузьмина, & Егорова, 2020), порошка ягод шиповника (Назимова, Захаренко, & Марков 2020), клюквы и черной смородины (Меренкова & Полякова, 2018; Колбина, 2018), облепихи (Шпис А. А. & Шпис, А. Н., 2016); плодов черемухи (Захарова, Кузьмина, & Егорова, 2020), боярышника и топинамбура (Дерканосова, Курчаева, Пашенко, & Калашникова, 2018), виноградных выжимок (Клочко, Короткова, Ксандопуло 2017). Авторы отмечают, что разработанные изделия имеют привлекательный внешний вид, приятный вкус и аромат. Применение натуральных растительных добавок позволяет существенно улучшить пищевой профиль готовых изделий при обеспечении регламентируемых физико-химических показателей качества.

Широкий спектр исследований проводится в сфере разработок рецептур сдобного печенья с применением пищевых волокон, результаты которых убедительно демонстрируют перспективность этого направления. Доказана целесообразность использования в качестве рецептурных ингредиентов отрубей пшеничных, ржаных, овсяных (Журавская

& Васюкова, 2019)]. Показана возможность расширения ассортимента песочно-выемного сдобного печенья на основе замены 20% пшеничной муки на муку овсяных отрубей и применения порошка мякоти тыквы, что позволяет сократить количество сахарной пудры в рецептуре печенья на 20% (Шабурова & Кулькова, 2019). Разработана рецептура с использованием инулин содержащего сырья (пюре топинамбура) (Киселева & Насырова, 2017). Показано, что применение пектина и полуобезжиренной муки из семян тыквы в количестве 1,4 и 20% к общей массе муки в рецептурной смеси сдобного печенья придает изделию необходимую разрыхленность, позволяет повысить содержание белка, пищевых волокон, минеральных веществ, каротиноидов (Калинкина & Егорова, 2019).

Таким образом, представленные в литературе сведения демонстрируют перспективные направления в развитии технологий сдобного печенья, ориентированные на использование нетрадиционных ингредиентов, нативный состав и функционально-технологические свойства которых позволяют создавать изделия с высокими потребительскими характеристиками, повышенной пищевой и биологической ценности, пониженной калорийности и профилактической направленности.

Теоретическое обоснование

В структуре кондитерского рынка сдобное печенье занимает лидирующие позиции. Потребительская привлекательность этой категории мучных кондитерских изделий обуславливает высокий спрос на нее со стороны различных слоев населения.

Проведенный анализ литературных источников позволил выявить приоритетные направления в совершенствовании технологий сдобного печенья. Одним из эффективных технологических приемов является модификация рецептурного состава сдобного печенья, направленная на гармонизацию потребительских свойств изделия, критериев безопасности, пищевой и биологической ценности.

Традиционная рецептура сдобного печенья предполагает использование классических ингредиентов, среди которых наиболее значимыми в количественном отношении являются мука пшеничная высшего сорта и жировой продукт. Поэтому при усовершенствовании рецептуры целесообразно варьировать именно этими ингредиентами.

В ряде работ продемонстрирована возможность замены части пшеничной муки высшего сорта аль-

тернативным сырьем – цельнозерновой мукой, которую получают путем однократного измельчения зерна злаковых культур без дальнейшего его просеивания. Такой способ обработки зерна позволяет более полно сохранить в муке пищевые компоненты, содержащиеся в оболочке зерна – пищевые волокна, белок, минеральные вещества, витамины (Матвеева, Юдина, Дешко, & Дудник, 2011).

Установлена целесообразность применения смесей муки пшеничной высшего сорта и цельнозерновой разных видов при производстве сахарного печенья, что позволяет увеличить в готовых изделиях содержание пищевых волокон, белка и фосфора в 1,5-2,0 раза, магния – почти в 30 раз. Разработана рецептура сахарного печенья для детского питания, обеспечивающая получение продукта с содержанием жира менее 18%, сахара – менее 22%, соли – менее 0,3 г/100 г, пищевых волокон – более 3,0 г/100 г (Талейсник, Щербакова, Герасимов, & Мизинчикова, 2019).

Рассмотрена возможность использования цельнозерновой пшеничной муки, а также отрубей (пшеничных, овсяных, ржаных) при производстве мучных кондитерских изделий (Могильный & Шалтумаев, 2017). Выявлено положительное влияние применяемых ингредиентов на процессы черствения и усыхания при хранении готовых изделий: установлено, что изделия теряют влагу в среднем на 30 – 35% меньше по сравнению с традиционными технологиями.

В технологии песочно-сдобного печенья предложено использовать тритикалевую муку сеяную сорта «Укро» и муку из цельносмолотого зерна тритикале сорта «Укро» (Магомедов, Малютина, Зацепилина, Шапкарина, & Лыгин, 2016). Разработанные изделия характеризуются высокими потребительскими свойствами и функциональной направленностью.

Перспективным ингредиентом при производстве сдобного печенья следует рассматривать жировой продукт энзимной переэтерификации растительных масел, содержащий омега-3 жирные кислоты. При этом способе модификации растительных масел изменяется консистенция конечного продукта при сохранении его жирнокислотного состава и токоферолов, удастся избежать накопления атерогенных транс-изомеров жирных кислот, приводящих к возникновению сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваний, гарантируется полная безопасность и экологическая чистота. При энзимной переэтерификации создаются оптимальные условия для обогащения масложирового продукта

эссенциальными жирными кислотами, включая дефицитные для россиян омега-3 жирные кислоты.

Масложировой продукт энзимной переэтерификации, содержащий омега-3 жирные кислоты, успешно апробирован при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, включая изделия специализированной направленности (Зайцева, Белявская, & Юдина, 2013; Зайцева, Юдина, & Рубан 2017; Зайцева, Юдина, Рубан, Бессонов, & Мехтиев, 2020; Матвеева & Корячкина, 2009; Цыганова, Нечаев, Зайцева, Грекова, & Иовлева, 2016). Установлено, что готовые изделия характеризуются улучшенным пищевым профилем, физико-химическими и органолептическими показателями качества, более длительными сроками годности.

В пищевой индустрии успешно развивается направление, аккумулирующее полезные свойства спирулины как биологически активной добавки и реализуемое в технологиях продуктов питания (Smertina, Fedyanina, Lyakh, Chadova, & Vershinina 2016; Soni, Sudhakar, & Rana, 2017; Morsy, Sharoba, EL-Desouky, Bahlol, & Abd El Mawla, 2014).

Микроскопическая водоросль спирулина (*Spirulina platensis*) обладает уникальным составом и содержит комплекс полезных для здоровья человека фитонутриентов, которые могут быть использованы в технологиях продуктов питания: белковые вещества с набором эссенциальных аминокислот (до 60% с.в), ПНЖК, в том числе, линолевая, витамины группы В, РР, токоферолы, каротиноиды, минеральные вещества (Бобылева, 2018; Petrova & Zhateva, 2018).

Для спирулины выявлены антиоксидантные свойства (Кравченко, Гладких, & Гмошинский, 2005) и установлено ее противовирусное действие: спирулина *Spirulina platensis* и её водные экстракты способны подавлять репликацию вируса иммунодефицита человека 1 типа, а также некоторых других оболочечных вирусов (Ромай, Гонсалес, Ледон, Ремирес, & Римбау, 2003). Фармакологические эффекты компонентов спирулины, безусловно, могут быть реализованы в продуктах питания.

Продемонстрирована эффективность применения спирулины в технологиях хлебобулочных изделий функционального назначения (Белявская, 2017) и освещены перспективы ее применения как ингредиента в технологиях кондитерских изделий (Smertina, Fedyanina, Lyakh, Chadova, & Vershinina, 2016).

Таким образом, проведенный анализ позволил аргументированно подойти к выбору рецептурных ингредиентов, применение которых при получении

нии сдобного печенья позволит получить продукт повышенной пищевой ценности по содержанию эссенциальных компонентов, наделить продукт полезными для здоровья свойствами и расширить ассортиментную линейку данного вида мучного кондитерского изделия.

Цель исследований - экспериментальное обоснование и разработка технологических решений по получению сдобного печенья на основе цельнозерновой пшеничной муки и жирового продукта энзимной переэтерификации, содержащего омега-3 жирные кислоты, с добавлением микроводоросли спирулины.

В соответствии с поставленной целью определены задачи исследования:

- изучить влияние цельнозерновой пшеничной муки и жирового продукта энзимной переэтерификации, содержащего омега-3 жирные кислоты, при использовании их в качестве рецептурных ингредиентов при получении сдобного печенья на его органолептические и физико-химические показатели;
- разработать рецептуру сдобного печенья с применением вышеуказанных ингредиентов и спирулины; дать характеристику готовому изделию по органолептическим и физико-химическим показателям;
- проанализировать пищевую ценность разработанного изделия;
- разработать технологические решения и проект технической документации (ТУ, ТИ) на новое обогащенное сдобное печенье.

Материалы и методы

Исследования проводили на кафедрах «Биотехнология и технология продуктов биологического синтеза» и «Зерна, хлебопекарных и кондитер-

ских технологий» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств».

Материалы

Объектами исследования являлись образцы сдобного печенья, выпеченные в лабораторных условиях с применением муки пшеничной из цельнозернового зерна (далее цельнозерновой муки), масложирового продукта энзимной переэтерификации, содержащего омега-3 жирные кислоты, и биологически активной добавки спирулины. В качестве контрольного образца использовали образцы сдобного печенья, полученные по традиционной рецептуре без применения вышеуказанных ингредиентов.

Для проведения исследования было использовано следующее сырье: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, мука пшеничная из цельнозернового зерна СТО 00934033-017-2015; сахар белый ГОСТ 33222-2015⁴; маргарин ГОСТ 32188-2013⁵, заменитель молочного жира энзимной переэтерификации с обязательным содержанием омега-3 жирных кислот по ГОСТ 31648-2012⁶; гидрокарбонат натрия ГОСТ 32802-2014⁷; соль пищевая ГОСТ Р 51574-2018⁸; углекислый аммоний ГОСТ Р 55580-2013⁹; вода питьевая по ГОСТ Р 51232¹⁰ или СанПиН 2.1.4.1074¹¹; микроводоросль *Spirulina platensis* сухая биомасса «СПИРУЛИНА» ТУ 9284-011-17230230-15.

Органолептическую оценку выпеченных образцов сдобного печенья проводили в соответствии с ГОСТ 5897-90¹². Определение показателей намокаемости - по ГОСТ 10114-80¹³, щелочности - ГОСТ 5898-87¹⁴.

Методы

Определение массовой доли влаги проводили по ГОСТ 5900-2014¹⁵, общего сахара - ГОСТ 5903-89¹⁶,

⁴ ГОСТ 33222-2015. (2019). Сахар белый. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 32188-2013. (2014). Маргаины. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 31648-2012. (2012). Заменители молочного жира. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ 32802-2014. (2015). Добавки пищевые. Натрия карбонаты Е500. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ Р 51574-2018. (2018). Соль пищевая. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ Р 55580-2013. (2014). Добавки пищевые. Аммония карбонаты Е503. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ГОСТ Р 51232-98. (1998). Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. М.: Госстандарт России.

¹¹ СанПиН 2.1.4.1074. (2002). Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Минздрав России.

¹² ГОСТ 5897-90. (2012). Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. М.: Стандартинформ.

¹³ ГОСТ 10114-80. (2012). Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости. М.: Стандартинформ.

¹⁴ ГОСТ 5898-87. (2012). Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности. М.: Стандартинформ.

¹⁵ ГОСТ 5900-2014. (2019). Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ.

¹⁶ ГОСТ 5903-89. (2012). Изделия кондитерские. Методы определения сахара. М.: Стандартинформ.

Таблица 1
Рецептура сдобного песочно-выемного печенья

Наименование сырья	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т готового продукта, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная высшего сорта	85,50	643,51	550,20
Маргарин	84,00	276,10	213,92
Сахар белый	99,85	214,38	214,06
Соль пищевая	96,50	2,40	2,32
Гидрокарбонат натрия	50,00	2,99	1,50
Углекислый аммоний	0,00	1,36	0,00
Итого:	-	1140,74	1000,00
Выход:	95,00	1000,00	950,00
Потери, %	-	-	50,00

зола - ГОСТ Р 51411-99 (ИСО 2171-93)¹⁷, липидов - по методике, изложенной в руководстве¹⁸.

Определение качественного состава жирных кислот в виде метиловых эфиров проводили методом ГЖХ в соответствии с ГОСТ 31663-2012¹⁹, группового состава липидов по методике, изложенной в руководстве¹⁶.

Минеральный состав определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, используя оптический эмиссионный спектрометр iCAP 6300 Duo (Thermo Fisher Scientific, США)²⁰.

Расчет пищевой ценности образцов сдобного печенья проводили по методике, разработанной ФГАНУ НИИХП.

Процедура исследования

Для приготовления лабораторных образцов сдобного печенья в качестве базовой была выбрана рецептура сдобного песочно-выемного печенья²¹, представленная в Таблице 1.

Приготовление теста проводили следующим образом: предварительно размягченный при комнатной температуре жировой продукт взбивали миксером с измельченным сахаром белым (из-

мельчен в ступке до однородной массы в течение 2 – 3 минут). В просеянную муку вносили гидрокарбонат натрия, углекислый аммоний и пищевую соль, перемешивали в течение 1 – 2 минут до равномерного распределения всех компонентов.

Спирулину измельчали в ступке до порошкообразного состояния и перемешивали с питьевой водой в соотношении 1:3.

Для приготовления теста взбитую жировую массу вливали в мучную смесь. На этом этапе в экспериментальные образцы сдобного печенья добавляли суспензию спирулины. Замес теста осуществляли в течение 5-7 минут до необходимой рассыпчатой консистенции, при которой тесто не будет липнуть к рукам и легко собираться в комок.

Полученное тесто раскатывали в пласт 2 – 3 мм, вырезали формочкой полуфабрикат, после чего выпекали в печи при температуре 190 – 200 °С в течение 17 минут.

После выпекания готовые изделия охлаждали до комнатной температуры.

Полученные образцы оценивали по органолептическим, физико-химическим показателям и пищевой ценности.

¹⁷ ГОСТ Р 51411-99. (1999). Зерно и продукты его переработки. Определение зольности (общей зола). М.: Госстандарт России.

¹⁸ Нечаев, А. П., Дубцова, Г. Н., Алексеенко, Е. В., Сусянок, Г. М., & Соколова, О. С. (2015). *Практическое руководство к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Пищевая химия» (Белки, липиды, углеводы)*. М.: ЦНТБ пищевой промышленности.

¹⁹ ГОСТ 31663-2012. (2013). Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. М.: Стандартиформ.

²⁰ Лесс, В. Р. (2011). *Практическое руководство для лаборатории. Специальные методы*. СПб.: Профессия.

²¹ Кузнецова, Л. С., & Сиданова, М. Ю. (2002). *Технология приготовления кондитерских изделий: Учеб. пособие*. М.: Мастерство.

Анализ

Обработку результатов исследований производили с применением статистического метода обработки экспериментальных данных, определяя средние значения вычисляемой величины на основе не менее трех повторных определений.

Результаты и их обсуждение

Для изучения влияния количественной замены пшеничной муки высшего сорта мукой пшеничной цельнозерновой на показатели качества сдобного печенья проводили пробные лабораторные выпечки тестовых полуфабрикатов, в рецептуре приготовления которых варьировали содержанием пшеничной цельнозерновой муки²², состав которой представлен в Таблице 2.

Как свидетельствуют представленные результаты, мука характеризуется высоким содержанием клетчатки, белков; отличается повышенным содержанием витаминов и минеральных веществ по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта (Таблица 2).

Замену пшеничной муки высшего сорта мукой пшеничной цельнозерновой осуществляли в количествах 25%, 75% и 100%. Рецептуры тестовых полуфабрикатов представлены в Таблице 3.

Экспериментальные образцы сдобного печенья оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям качества (Таблицы 4-5).

Как видно из полученных результатов, внесение цельнозерновой пшеничной муки влияет на такие показатели, как состояние поверхности и цвет. Данный вид муки придает шероховатость поверхности изделия за счет своей структурной особенности, а также серый оттенок, который усиливается с уве-

Таблица 2

Состав пшеничной цельнозерновой муки

Компонент	Содержание, в 100 г
Макронутриенты, г	
белки	14,5
жиры	1,6
углеводы	73,2
Пищевые волокна, г	
клетчатка	3,7
Витамины:	
В (тиамин), мг	0,2
В (рибофлавин), мг	0,2
В, мкг	0,4
Е (альфа-токоферол), мг	32,0
Минеральные вещества:	
кальций, мг	30,8
железо, мг	5,8
фосфор, мг	0,5

личением ее количества в составе рецептуры (Таблица 4). На показатели «форма» и «вид в изломе» внесение цельнозерновой пшеничной муки никак не отразилось: полученные образцы сохраняли форму независимо от количества внесенной цельнозерновой муки и идеально пропекались, не имея дефектов. Вкус и запах, свойственный цельнозерновой пшеничной муке, усиливался с увеличением ее содержания в рецептуре теста (Таблица 4).

Анализ физико-химических показателей экспериментальных образцов сдобного печенья показал, что замена пшеничной муки высшего сорта на цельнозерновую муку в рецептуре сдобного печенья приводит к снижению показателя намокаемости (в абсолютном выражении на 12-53% относительно контроля), которое напрямую коррелирует с количеством внесенной цельнозерновой муки. Показатель намокаемости – важный показатель качества изделия, характеризующий его внутреннюю струк-

Таблица 3

Соотношение сортов пшеничной муки в экспериментальных образцах сдобного печенья

Расход сырья на 100 г готовой продукции, г	Контрольный образец (по традиционной рецептуре)	Образцы с использованием цельнозерновой муки		
		Замена 25% муки в/с	Замена 75% муки в/с	Полная замена муки в/с
Мука пшеничная высшего сорта	64,35	48,26	19,09	0,00
Мука пшеничная цельнозерновая	0,00	16,09	48,26	64,35

²² Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник. (2002). (Ред.) И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М: ДеЛи принт.

Таблица 4

Органолептические показатели образцов сдобного печенья с использованием цельнозерновой пшеничной муки

Показатель	Контрольный образец (по традиционной рецептуре)	Образцы с использованием цельнозерновой муки		
		Замена 25% муки в/с	Замена 75% муки в/с	Полная замена муки в/с
Форма		Не расплывчатая, без повреждений		
Поверхность	Гладкая	Слегка шероховатая	Шероховатая	
Цвет	Равномерный, светло-соломенный	Равномерный, светло-серый	Равномерный, серый	
Вкус и запах	Соответствуют вкусу и запаху рецептурных компонентов			
Вид в изломе	Пропеченное, имеет пористую структуру			

туру и обуславливающий такие свойства как гигроскопичность и пористость. Снижение намокаемости свидетельствует о более плотной структуре печенья, что, по всей видимости, можно объяснить использованием цельнозерновой муки, содержащей значительные количества грубых пищевых волокон, а также водо- и солерастворимых белков.

Показатели щелочности и массовой доли влаги не превышают регламентируемых значений (Таблица 5).

Респонденты (15 человек в возрасте от 21 до 25 лет), участвующие в дегустации, дали высокую оценку экспериментальным образцам печенья со 100% заменой муки в/с по показателям вкуса, цвета, запаха и внешнего вида, оценив их с контрольным образцом.

Таким образом, замена пшеничной муки высшего сорта на цельнозерновую позволяет сохранить высокие потребительские свойства готовых изделий, что подтверждает результаты исследований авторов (Магомедов, Малютин, Зацепилина, Шапкина, & Лыгин, 2016; Могильный & Шалтумаев, 2017) по применению цельносмолотой муки различных зерновых культур при производстве мучных кондитерских изделий.

Для изучения влияния количественной замены маргарина заменителем молочного жира с омега-3 жирными кислотами, полученного путем энзимной переэтерификации растительных масел (ЗМЖ-ЭП), на показатели качества сдобного печенья проводили пробные лабораторные выпечки тестовых полуфабрикатов, в рецептуре приготовления которых варьировали содержанием ЗМЖ-ЭП, состав которого представлен в Таблице 6.

Жировой продукт характеризуется высоким содержанием моно- и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), близким к оптимальному соотношением ПНЖК семейств ω -6 и ω -3 (Таблица 6) (Зайцева, 2013, с. 15), при содержании омега-3 жирных кислот более 1,3 г/100 г ЗМЖ-ЭП. Сохранению ПНЖК способствует присутствие в нем токоферолов в значительных количествах $53,0 \pm 6,0$ мг/100 г.

Жировой продукт вводили в рецептуру в количестве 25, 75 и 100% от количества маргарина (Таблица 7).

По органолептическим показателям экспериментальные образцы сдобного печенья не уступали контрольному образцу и соответствовали требованиям ГОСТ 24901-2014²³ (Таблица 8).

Таблица 5

Физико-химические показатели образцов сдобного печенья с использованием цельнозерновой пшеничной муки

Показатель	Норма по ГОСТ 24901-2014	Контрольный образец (по традиционной рецептуре)	Образец с использованием цельнозерновой муки		
			Замена 25% муки в/с	Замена 75% муки в/с	Полная замена муки в/с
Массовая доля влаги, %	Не более 16,0	8,3	7,6	6,9	6,4
Намокаемость, %	Не менее 150	151	139	110	98
Щелочность, град.	Не более 2,0	1,30	1,30	1,30	1,30

²³ ГОСТ 24901-2014. (2019). Печенье. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

Таблица 6

Характеристика ЗМЖ-ЭП

Наименование показателя	Значение
Насыщенные ЖК	46,0
Мононенасыщенные ЖК	36,8
Полиненасыщенные ЖК:	17,1
ω-3 : ω-6	1:12
КЧ, мг КОН/г	0,2
ПЧ, ммоль ½ акт. О/кг	0,6
транс-изомеры:	
9-транс 18:1	-
11-транс 18:1	0,1
Σ токоферолов, мг токо- феролацетата/100 г	53,0 ± 6

Анализ физико-химических показателей опытных образцов сдобного печенья выявил их полное соответствие регламентируемым значениям. При этом следует отметить, что увеличение содержания ЗМЖ-ЭП в рецептуре тестового полуфабриката способствует повышению показателя намокаемости готового печенья (Таблица 9). Таким образом, применение ЗМЖ-ЭП в составе рецептуры печенья может компенсировать снижение показателя намокаемости, обусловленное использованием цельнозерновой пшеничной муки при условии их совместного применения.

Дегустационная оценка не выявила наличия отрицательных эффектов замены жирового продукта. Сравнительная оценка потребительских характеристик по показателям вкуса, цвета, запаха, внешнего вида экспериментальных образцов установила их идентичность с контрольным. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о возможности замены маргарина ЗМЖ-ЭП в рецептуре сдобного печенья, сохранении высоких органолептических характеристик и регламентируемых физико-химических показателей. К подобным выводам пришли авторы, аргументирующие целесообразность использования ЗМЖ-ЭП в рецептурах хлебобулочных изделий (Зайцева, Белявская & Юдина, 2013; Зайцева, Юдина, Рубан, Бессонов & Мехтиев, 2020; Цыганова, Нечаев, Зайцева, Грекова & Иовлева, 2016), ржанных лепешек (Зайцева, Юдина & Рубан, 2017), а также сдобного печенья (Матвеева, Юдина, Дешко & Дудник, 2009).

Для повышения пищевой и биологической ценности разрабатываемого сдобного печенья в состав рецептуры дополнительно вводили спиролину, характеристика которой представлена в таблице 10 (Пучкова, Белявская & Ломакин, 2008; Алексеенко, Белявская & Глебова, 2018).

Принимая во внимание специфичность спиролины как ингредиента (прежде всего, насыщенный

Таблица 7

Расход жировых продуктов в экспериментальных образцах сдобного печенья

Расход сырья на 100 г готовой продукции, г	Контрольный образец (по тради- ционной рецептуре)	Образцы печенья с использованием ЗМЖ-ЭП		
		Замена 25% маргарина	Замена 75% маргарина	Полная замена маргарина
Мука пшеничная высшего сорта	64,35	64,35	64,35	64,35
Маргарин	27,61	20,71	6,90	0,00
ЗМЖ-ЭП	0,00	6,90	20,71	27,61

Таблице 8

Органолептические показатели образцов сдобного печенья, полученные с использованием ЗМЖ-ЭП

Показатель	Контрольный обра- зец (по традицион- ной рецептуре)	Образцы печенья с использованием ЗМЖ-ЭП		
		Замена 25% маргарина	Замена 75% маргарина	Полная замена маргарина
Форма		Не расплывчатая, без повреждений		
Поверхность		Гладкая		
Цвет		Равномерный, светло-соломенный		
Вкус и запах		Соответствуют вкусу и запаху рецептурных компонентов		
Вид в изломе		Пропеченное, имеет пористую структуру		

Таблица 9

Физико-химические показатели образцов сдобного печенья с использованием ЗМЖ-ЭП

Показатель	Норма по ГОСТ 24901-2014	Контрольный образец (по традиционной рецептуре)	Образцы печенья с использованием ЗМЖ-ЭП		
			Замена 25% маргарина	Замена 75% маргарина	Полная замена маргарина
Массовая доля влаги, %	Не более 16,0	8,3	8,0	6,7	7,6
Намокаемость, %	Не менее 150	151	157	169	174
Щелочность, град.	Не более 2,0	1,30	1,29	1,29	1,29

темно-зеленый цвет, нейтральный вкус), при выборе дозировки ориентировались на результаты ранее проведенных исследований по ее применению при производстве хлебобулочных изделий (Белявская, 2017). При получении сдобного печенья спинулину вносили в количестве 1% к массе муки.

Учитывая рекомендации Всемирной организации здравоохранения по потреблению соли для профилактики гипертонии и снижения риска развития болезней сердца и инсульта среди взрослого населения скорректировали рецептуру сдобного печенья в сторону сокращения хлорида натрия.

С учетом полученных результатов разработана рецептура сдобного печенья на основе цельнозерновой муки и ЗМЖ-ЭП, с добавлением спинулины. Предложенная рецептура предполагает полную замену маргарина и пшеничной муки высшего сорта.

Полученные изделия имели выраженные вкус и запах, свойственные входящим в рецептуру печенья компонентам. При оценке формы сдобного печенья расплывчатости и вмятин не наблюдалось. Поверхность характеризовалась как шероховатая, с вкраплениями частиц спинулины; цвет – равномер-

ный, с серо - зеленым оттенком. При характеристике вида в изломе печенья отмечали равномерную пористую структуру без пустот и следов непромеса (Таблица 11).

Таблица 11

Органолептическая характеристика сдобного печенья на основе цельнозерновой муки и ЗМЖ-ЭП с добавлением спинулины

Показатель	Описание
Форма	Не расплывчатая, без повреждений края
Поверхность	Шероховатая, с вкраплениями частиц спинулины, не подгорелая
Цвет	Равномерный, серо-зеленый оттенок
Вкус и запах	Выраженные, свойственные вкусу и запаху, данному виду печенью
Вид в изломе	Пропеченное печенье с пористой структурой

Физико-химические показатели сдобного печенья соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014, но отмечается снижение показателя намокаемости. В таблице 12 представлены результаты исследований физико-химических показателей экспериментального образца печенья в сравнении с контрольным.

Проведен расчет пищевой ценности разработанного сдобного печенья на основе цельнозерновой пшеничной муки и ЗМЖ-ЭП с добавлением спинулины (Таблица 13).

Как свидетельствуют представленные результаты, использование в рецептуре сдобного печенья цельнозерновой пшеничной муки дает возможность существенно увеличить в нем содержание пищевых волокон (5,87 г/100 г продукта), что позволяет позиционировать разработанное сдобное печенье в качестве источника пищевых волокон.

Таблица 10

Характеристика *Spirulina platensis*

Наименование компонента	Содержание, 100 г
Белок, г	70,00
Фикоцианин, г	1,90
Никотиновая кислота, мг	11,80
β-каротин, мг	170,00
Пантотеновая кислота, мг	1,10
Кобаламин, мг	0,16
Токоферол, мг	0,19
Тиамин, мг	5,50
Линолевая кислота, мг	1235,20

Таблица 12

Физико-химические показатели качества сдобного печенья, полученного по традиционной и разработанной рецептурам

Физико-химические показатели	Норма по ГОСТ 24901-2014	Значение	
		Контрольный образец (по традиционной рецептуре)	Печенье по новой рецептуре
Массовая доля влаги, %	Не более 16,0	8,3	6,9
Намокаемость, %	Не менее 150	151	107
Щелочность, град.	Не более 2,0	1,3	1,3
Массовая доля жира, %	Не более 40,0	16,0	23,5
Массовая доля общего сахара (по сахарозе), %	Не более 45,0	19,7	18,3
Массовая доля золы, %	Не более 1,0	0,59	0,93

Таблица 13

Состав сдобного печенья на основе цельнозерновой пшеничной муки и ЗМЖ-ЭП с добавлением спирулины

Наименование	Содержание, в 100 г	Наименование	Содержание, в 100 г
Белки	7,7	Общий сахар	18,3
Жиры	23,5	Зола	0,93
Углеводы	59,3	Вода	6,9
Пищевые волокна	5,87	Энергетическая ценность, ккал	468

Исследован групповой состав липидов разработанного сдобного печенья, который представлен глико- и фосфолипидами, моноацил-, диацил- и триацилглицеринами, свободными жирными кислотами и стеринами.

С использованием метода ГЖХ установлено, что в составе жирных кислот липидов разработанного сдобного печенья содержится значительное количество моно- и полиненасыщенных жирных кислот (55%). По сравнению со сдобным печеньем, полученным по традиционной рецептуре, выявлено наличие γ -линоленовой кислоты (ω -6), а также эссенциальной α -линоленовой кислоты (ω -3) в количестве более 1,3 г/100 г жировой фазы, что при использовании жира в составе разработанной рецептуры в количестве 25% обеспечивает ее присутствие в готовом изделии на уровне источника (более 0,2 г/100 г). Также отмечено десятикратное увеличение содержания эссенциальной линолевой кислоты (Таблица 14).

Результаты анализа минерального состава показывают, что сдобное печенье содержит широкий спектр минеральных веществ и отличается высоким содержанием таких макроэлементов, как калий, кальций, натрий, магний, фосфор и микроэлементов - медь, железо, марганец, цинк, кремний; вы-

явлено наличие минорного компонента селена, который обладает иммуномодулирующей и выраженной антиоксидантной активностью (Таблица 15).

Принимая во внимание условия, позволяющие использовать в маркировке пищевой продукции информации об ее отличительных признаках (ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»²⁴), произведенное сдобное печенье можно позиционировать как изделие, являющееся источником магния (20% средней суточной потребности на 100 г) и железа (23% средней суточной потребности на 100 г) с низким содержанием натрия (пищевой соли, хлорида натрия) (42,3 мг/100 г).

Показатели безопасности (по содержанию свинца, кадмия, мышьяка) разработанного сдобного печенья не превышают допустимых значений (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»).

Таким образом, применение цельнозерновой пшеничной муки, ЗМЖ-ЭП и спирулины в рецептурной комбинации при получении сдобного печенья обеспечивает существенное повышение его пищевой ценности, которое обусловлено уникальным составом применяемых ингредиентов, что нашло отражение в работах, демонстрирующих эффективность их использования при производстве хлебобулочных

²⁴ ТР ТС 022/2011. (2018). Пищевая продукция в части ее маркировки. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320347> (дата обращения: 14.05.2021).

Таблица 14

Состав жирных кислот липидов сдобного печенья, полученного по традиционной рецептуре, и на основе цельнозерновой пшеничной муки, ЗМЖ-ЭП с добавлением спироулины

Наименование жирной кислоты	%, от суммы всех жирных кислот в контрольном образце (по традиционной рецептуре)	%, от суммы всех жирных кислот в сдобном печенье по новой рецептуре
C6:0 Капроновая	0,456	-
C8:0 Каприловая	0,995	0,205
C10:0 Каприновая	1,158	0,184
C12:0 Лауриновая	0,614	2,522
C14:0 Миристиновая	1,402	1,544
C14:1 Миристолеиновая	1,802	-
C15:0 Пентадекановая	-	0,046
C16:0 Пальмитиновая	23,584	34,739
C16:1 цис-9-Пальмитолеиновая	0,217	0,139
C17:0 Гептадкановая	-	0,098
C18:0 Стеариновая	9,745	4,677
C18:1 цис-9-Олеиновая	57,879	34,745
18:2 цис-9,12-линолевая	1,845	18,942
C20:0 Арахидовая	0,769	0,370
C18:3 цис-9,12,15-гамма Линоленовая	-	0,131
C20:1 цис-11-Гондоиновая	0,936	0,186
C18:3 цис-9,12,15 Линоленовая	-	1,317
C22:0 Бегеновая	-	0,155

Таблица 15

Минеральный состав сдобного печенья по разработанной рецептуре

Наименование элемента	Содержание, мг/кг	Наименование элемента	Содержание, мг/кг
Серебро	0,0081	Литий	0,6630
Алюминий	1,4558	Магний	802,00
Кальций	264,94	Марганец	19,0947
Кобальт	0,0054	Натрий	423,00
Хром	0,0747	Никель	0,2655
Медь	1,7832	Фосфор	22,55
Железо	32,11	Сера	1,0648
Калий	1698,00	Сурьма	1,1203
Кремний	2,1103	Стронций	1,0644
Ванадий	0,0029	Цинк	18,58
Кадмий	0,0178	Свинец	0,2705
Мышьяк	0,0078	Селен	0,0007

и мучных кондитерских изделий (Талейсник, Щербакова, Герасимов & Мизинчикова, 2019; Белявская, 2017; Зайцева, Белявская, & Юдина, 2013; Зайцева, Юдина, Рубан, Бессонов, & Мехтиев, 2020; Цыганова, Нечаев, Зайцева, Грекова, & Иовлева, 2016; Зайцева, Юдина, & Рубан, 2017; Матвеева, Юдина, Дешко, & Дудник, 2009).

Выводы

В результате проведенных исследований разработаны рецептура и технологические решения по получению сдобного печенья на основе цельнозерновой пшеничной муки и жирового продукта энзимной перетерификации с омега-3 жирными

кислотами с добавлением спирулины. Получены результаты, демонстрирующие влияние выбранных ингредиентов на органолептические, физико-химические показатели сдобного печенья и его пищевую ценность. Показано, что усовершенствованная рецептура позволяет получать сдобное печенье с достойными потребительскими свойствами, по физико-химическим показателям соответствующее требованиям ГОСТ 24901-2014 при некотором снижении показателя намокаемости. При этом печенье по новой рецептуре по сравнению с традиционным изделием характеризуется повышенной пищевой ценностью (источник омега-3 жирных кислот, пищевых волокон, магния и железа) и позволяет расширить ассортиментную линейку сдобного печенья.

Разработан комплект ТД (ТУ, ТИ) (проект) на новое обогащенное сдобное печенье.

Литература

- Алексеев, Е. В., Белявская, И. Г., & Глебова, П. С. (2019). Перспективные ингредиенты для получения сдобного печенья повышенной пищевой ценности. В *Кондитерские изделия XXI века: Материалы докладов XII Международной конференции* (с. 52-62). М.: Международная промышленная академия.
- Белявская, И. Г. (2017). Хлебобулочные изделия функционального назначения с использованием микроводоросли спирулины. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, 9-10, 17-19.
- Бессмертная, И. А., & Васильченко, Н. В. (2018). Некоторые аспекты технологии печенья из смеси пшеничной и спельтовой муки. В *Материалы VI Международного Балтийского морского форума* (с. 31-37). Калининград: Изд-во КГТУ.
- Бобылева, А. В. (2018). Перспективы использования нетрадиционного растительного сырья в производстве мучных кондитерских изделий функционального назначения. *Евразийское научное объединение*, 12-1, 63-67.
- Гайсина, В. А., Козубаева, Л. А., & Кузьмина, С. С. (2017). Пищевая ценность сдобного печенья с подсолнечной мукой. *Ползуновский вестник*, 2, 19-22.
- Дерканосова, Н. М., Курчаева, Е. Е., Пашенко, В. Л., & Калашникова, С. В. (2018). Использование комбинированных смесей функциональной направленности в производстве печенья. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*, 2, 116-123. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.2.116>
- Журавская, А. В., & Васюкова, А. Т. (2019). Использование пищевых волокон в производстве сдобного печенья. В *Тенденции развития туризма и гостеприимства в России: Материалы Всероссийской студенческой научной конференции* (с. 499-504). М.: Изд-во ГЦОЛИФК.
- Зайцева, Л. В., Белявская, И. Г., & Юдина, Т. А. (2013). *Применение переэтерифицированных жиров в технологии хлебобулочных изделий*. М.: МГУПП.
- Зайцева, Л. В., Юдина, Т. А., & Рубан, Н. В. (2017). Качество ржаных лепешек с добавлением муки чиа и масложирового продукта энзимной переэтерификации. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 5, 31-34.
- Зайцева, Л. В., Юдина, Т. А., Рубан, Н. В., Бессонов, В. В., & Мехтиев, В. С. (2020). Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий. *Вопросы питания*, 89(1), 77-85.
- Иванова, О. В. (2019). Экспертиза качества печенья сдобного, выработанного с применением муки гречневой. В *Вклад молодых ученых в аграрную науку: Материалы международной научно-практической конференции* (с. 508-511). Кинель: Изд-во СГСА.
- Захарова, А. С., Козубаева, Л. А., & Егорова, Е. Ю. (2019). Мучные кондитерские изделия с брусничной. *Ползуновский вестник*, 4, 17-20. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.004>
- Захарова, А. С., Кузьмина, С. С., & Егорова, Е. Ю. (2020). Использование дикорастущего сырья Алтайского края при производстве печенья. *Ползуновский вестник*, 2, 12-17. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.003>
- Калинкина, Н. О., & Егорова, Е. Ю. (2019). Обогащение сдобного печенья белком и пищевыми волокнами. *Ползуновский вестник*, 1, 17-22. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.01.003>
- Киселева, М. Ю., & Насырова, Ю. Г. (2017). Влияние инулинсодержащего сырья на качество печенья сдобного. *Успехи современной науки*, 11, 221-224.
- Клочко, А. В., Короткова, Т. Г., & Ксандопуло, С. Ю. (2017). Использование порошка из виноградных выжимок при производстве мучных кондитерских изделий. *КубГАУ*, 129, 381-390.
- Колбина, А. Ю. (2018). Технология производства сдобного печенья с натуральными растительными добавками. В *Аграрная наука в инновационном развитии АПК: Сборник научных статей международного молодежного аграрного форума* (с. 119-126). Мичуринск: Изд-во МГАУ.
- Кравченко, Л. В., Гладких, О. Л., & Гмошинский, И. В. (2005). Сравнительное изучение антиоксидантных свойств фикоцианина и селенфикоцианина в модельных системах окисления. В *Материалы IX Международного съезда Фитофарм* (с. 161). СПб.
- Кузьмина, С. С., Козубаева, Л. А., & Гайсина, В. А. (2015). Перспективы использования кедровой муки при производстве сдобного печенья. *Вестник Алтайской науки*, 1, 415-418.

- Лаптева, Н. К., & Митькиных, Л. В. (2013). Оптимальное соотношение пшеничной, ржаной и тритикалевой муки в производстве сдобного печенья. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*, 3, 35-38.
- Магомедов, Г. О., Малютина, Т. Н., Зацепилина, Н. П., Шапкарина, А. И., & Лыгин, В. В. (2016). Использование тритикалевой муки в производстве песочно-сдобного печенья. *Кондитерское производство*, 5, 38-40.
- Матвеева, И. В., Юдина, Т. А., Дешко, О. В., & Дудник, Е. Е. (2009). Новый жировой продукт для производства сдобного печенья. *Хлебопечение России*, 6, 20-21.
- Матвеева, Т. В., & Корячкина, С. Я. (2011). *Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры*. Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК».
- Меренкова, С. П., & Полякова, Е. Л. (2018). Экспериментальное обоснование применения ягодного сырья в технологии обогащенных мучных кондитерских изделий. *Вестник Южно-Уральского государственного университета*, 2, 20-29. <https://doi.org/10.14529/food180203>
- Могильный, М. П., & Шалтумаев, Т. Ш. (2014). Роль рецептурных компонентов в повышении качества мучных кондитерских изделий. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 2, 63-66.
- Назимова, Е. В., Захаренко, М. А., & Марков, А. С. (2020). Применение продуктов переработки шиповника в производстве сдобного печенья. В *Инновационные технологии пищевых производств: Сборник тезисов докладов II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых* (с. 46). Севастополь: Изд-во ФГАОУ ВО СГУ.
- Пучкова, Л. И., Белявская, И. Г., & Ломакин, А. А. (2008). Повышение пищевой ценности хлеба на основе биологически активной добавки микроводоросли спирулина альга ляменсис алакрис. В *Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции* (ч. 2, с. 302-307). М.: МГУПП.
- Резниченко, И. Ю., & Устинова, Ю. В. (2020). Новые тенденции в технологии мучных кондитерских изделий функциональной направленности. В *Актуальные направления научных исследований: Технологии, качество и безопасность: Сборник материалов Национальной (Всероссийской) конференции* (с. 99-101). Кемерово: Изд-во КГУ.
- Ромай, Г., Гонсалес, Р., Ледон, Н., Ремирес, Д., & Римбау, В. (2003). Фикоцитин: Билинпротеин с антиоксидантным, противовоспалительным и нейрорепротивным действием. *Нынешняя наука о белках и пептидах*, 4, 207-216.
- Талейский, М. А., Щербакова, Н. А., Герасимов, Т. В., & Мизинчикова, И. И. (2019). Принципы создания специализированного сахарного печенья для детского питания. *Научные труды КубГТУ*, 9, 217-224.
- Тертычная, Т. Н., Мажулина, И. В., Горбунова, Е. А., & Синельникова, О. В. (2019). Натуральные биологически активные добавки при производстве сдобного печенья. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*, 1, 127-137.
- Хлюдинская, Е. В. (2019). Анализ воздействия пшеничной и гречневой муки на основные показатели свойств сдобного печенья. В *Молодежь и наука: шаг к успеху: Сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых* (с. 260-263). Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга».
- Цыганова, Т. Б., Нечаев, А. П., Зайцева, Л. В., Грекова, А. Ю., & Иовлева, К. В. (2016). Влияние жировых продуктов на качество и сохранение свежести сдобных хлебобулочных изделий длительного хранения. *Хлебопродукты*, 7, 60-63.
- Шабурова, Г. В., & Кулькова, Ю. С. (2019). Применение овсяных отрубей и овощного сырья в рецептуре сдобного печенья. *Инновационная техника и технология*, 3, 36-41.
- Шпис, А. А., & Шпис, А. Н. (2016). Использование облепихового порошка при производстве сдобного печенья в ИП Радченко. В *Приоритетные направления развития пищевой индустрии: Сборник научных статей конференции* (с. 655-658). Ставрополь: Изд-во СГАУ.
- Morsy, O. M., Sharoba, A. M., EL-Desouky, A. I., Bahlol, H. E. M., & Abd El Mawla, E. M. (2014). Production and evaluation of some extruded food products using Spirulina algae. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 52(4), 495-510.
- Petrova, M., & Zhateva, D. (2018). Spirulina algae as a source of phytonutrients for food enrichment. В *Церевитинские чтения- 2018: Материалы V Международной конференции* (с. 50-53). М.: Изд-во РЭУ им. Г.В. Плеханова.
- Smertina, E., Fedyanina, L., Lyakh, V., Chadova, T., & Vershinina, A. (2016). Modern tendencies and prospects of using Algae as an ingredient for bakery products. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2, 989-997.
- Soni, R. A., Sudhakar, K., & Rana, R. S. (2017). Spirulina from growth to nutritional product: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 69(A), 157-171. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.09.010>

Butter Cookies of High Nutritional Value

Elena V. Alekseenko

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080,
E-mail: alekseenkoEV@mgupp.ru*

Irina G. Belyavskaya

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080
E-mail: Belyavskaya@mgupp.ru*

Larisa V. Zaitseva

*VNIKP is a branch of FGBNU «FNTS of food systems after V.M. Gorbatov» RAS
p. 3, bld. 20, Elektrozavodskaya str., Moscow, 107023
E-mail: lvz2360@mail.ru*

Anna G. Uvarova

*Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov
70, Karl Marx str., Kursk, 305021
Email: A.G.Uvarova@yandex.ru*

The priority direction in the development of new types of butter cookies is the modification of traditional recipes and the use of innovative ingredients that increase the nutritional value of finished products and form their functional orientation. A complex of studies on experimental substantiation, formulation development and technological solutions was carried out in order to obtain butter cookies of increased nutritional value based on wheat flour from whole-ground grain and a fat product of enzyme transesterification with omega-3 fatty acids with the addition of spirulina microalgae. The influence of the selected ingredients on the organoleptic, physico-chemical parameters and nutritional value of the finished products was studied. It is shown that the developed type of butter cookies has decent consumer properties, in terms of physical and chemical parameters-meets the requirements of GOST 24901-2014 with a slight decrease in the wetness index. It is proved that the developed product is characterized by an improved lipid profile: the composition of fatty acids contains a significant amount of unsaturated fatty acids (55%), compared with the butter cookies obtained according to the traditional recipe, the presence of ω -6 γ -linolenic acid is revealed, there is a tenfold increase in the content of essential ω -6 linoleic acid; cookies can be positioned as a product that is a source of essential omega-3 fatty acids (alpha-linolenic more than 0.2 g/100 g). It was found that the butter cookies obtained according to the improved recipe are a source of dietary fiber (5.87 g/100 g of the product), magnesium (20% of the average daily requirement per 100 g) and iron (23% of the average daily requirement per 100 g) with a low content of sodium (salt) (42.3 mg/100 g). Developed a set of TD (TU, TI) (project) for a new enriched butter cookies.

Keywords: butter cookies, whole wheat flour, fat product of enzyme transesterification, spirulina, organoleptic and physico-chemical parameters, nutritional value

References

- Alekseenko, E. V., Belyavskaya, I. G., & Glebova, P. S. (2019). Perspektivnye ingredienty dlya polucheniya sdobnogo pechen'ya povyshennoi pishchevoi tsennosti [Promising ingredients for obtaining rich cookies of increased nutritional value]. In *Materialy dokladov XII Mezhdunarodnoi konferentsii «Konditerskie izdeliya XXI veka» [Proceedings of XII international conference "Confectionery products of the 21st century"]* (pp. 52-62). Moscow: Mezhdunarodnaya promyshlennaya akademiya.
- Belyavskaya, I. G. (2017). Khlebobulochnye izdeliya funktsional'nogo naznacheniya s ispol'zovaniem mikrovdorosli spiruliny [Functional bakery products with the use of microalgae spi-

- rulina]. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and Bakery Production], 9-10, 17-19.
- Bessmertnaya, I. A., & Vasil'chenko, N. V. (2018). Nekotorye aspekty tekhnologii pechen'ya iz smesi pshenichnoi i spel'tovoi muki [Some aspects of the technology of cookies made from a mixture of wheat and spelt flour]. In *Materialy VI Mezhdunarodnogo Baltiiskogo morskogo foruma* [Proceedings of the 6th International Baltic Sea Forum] (pp. 31-37). Kaliningrad: Izd-vo KGTU.
- Bobyleva, A. V. (2018). Perspektivy ispol'zovaniya ne-traditsionnogo rastitel'nogo syr'ya v proizvodstve muchnykh konditerskikh izdelii funktsional'nogo naznacheniya [Prospects for the use of non-traditional vegetable raw materials in the production of flour confectionery products for functional purposes]. *Evraziiskoe nauchnoe ob"edinenie* [Eurasian Scientific Association], 12-1, 63-67.
- Gaisina, V. A., Kozubaeva, L. A., & Kuz'mina, S. S. (2017). Pishchevaya tsennost' sdobnogo pechen'ya s podsolnechnoi mukoi [Nutritional value of butter cookies with sunflower flour]. *Polzunovskii vestnik* [Polzunovsky Bulletin], 2, 19-22.
- Derkanosova, N. M., Kurchaeva, E. E., Pashchenko, V. L., & Kalashnikova, S. V. (2018). Ispol'zovanie kompozitnykh smesei funktsional'noi napravlenosti v proizvodstve pechen'ya [The use of functional composite mixtures in the production of cookies]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Voronezh State Agrarian University], 2, 116-123. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.2.116>
- Zhuravskaya, A. V., & Vasyukova, A. T. (2019). Ispol'zovanie pishchevykh volokon v proizvodstve sdobnogo pechen'ya [The use of dietary fiber in the production of butter cookies]. In *Materialy Vserossiiskoi studencheskoi nauchnoi konferentsii «Tendentsii razvitiya turizma i gostepriimstva v Rossii»* [Proceedings of the All-Russian Student Scientific Conference "Trends in the development of Tourism and Hospitality in Russia"] (pp. 499-504). Moscow: Izd-vo GTsOLIFK.
- Zaitseva, L. V., Belyavskaya, I. G., & Yudina, T. A. (2013). *Primenenie pereeterifitsirovannykh zhirov v tekhnologii khlebobulochnykh izdelii* [The Use of Transesterified Fats in the Technology of Bakery Products]. Moscow: MGUPP.
- Zaitseva, L. V., Yudina, T. A., & Ruban, N. V. (2017). Kachestvo rzhanykh lepeshek s dobavleniem muki chia i maslozhirovogo produkta enzimnoi pereeterifikatsii [Quality of rye tortillas with the addition of chia flour and fat-and-oil product of enzyme transesterification]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials], 5, 31-34.
- Zaitseva, L. V., Yudina, T. A., Ruban, N. V., Bessonov, V. V., & Mekhtiev, V. S. (2020). Sovremennye podkhody k razrabotke retseptur bezglyutenovykh khlebobulochnykh izdelii [Modern approaches to the development of recipes for gluten-free bakery products]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 89(1), 77-85.
- Ivanova, O. V. (2019). Ekspertiza kachestva pechen'ya sdobnogo, vyrabotannogo s primeneniem muki grechnevoi [Examination of the quality of butter cookies produced with the use of buckwheat flour]. In *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Vklad molodykh uchenykh v agrarnuyu nauku»* [Proceedings of the international scientific and practical conference "Contribution of young scientists to agricultural science"] (pp. 508-511). Kinel': Izd-vo SGSA.
- Zakharova, A. S., Kozubaeva, L. A., & Egorova, E. Yu. (2019). Muchnye konditerskie izdeliya s brusnikoi [Flour confectionery products with lingonberries]. *Polzunovskii vestnik* [Polzunovsky Bulletin], 4, 17-20. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.004>
- Zakharova, A. S., Kuz'mina, S. S., & Egorova, E. Yu. (2020). Ispol'zovanie dikorastushchego syr'ya Altaiskogo kraia pri proizvodstve pechen'ya [The use of wild raw materials of the Altai Territory in the production of cookies]. *Polzunovskii vestnik* [Polzunovsky Bulletin], 2, 12-17. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.003>
- Kalinkina, N. O., & Egorova, E. Yu. (2019). Obogashchenie sdobnogo pechen'ya belkom i pishchevymi voloknami [Enriching butter cookies with protein and dietary fiber]. *Polzunovskii vestnik* [Polzunovsky Bulletin], 1, 17-22. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.01.003>
- Kiseleva, M. Yu., & Nasyrova, Yu. G. (2017). Vliyanie inulinsoderzhashchego syr'ya na kachestvo pechen'ya sdobnogo [Influence of inulin-containing raw materials on the quality of butter cookies]. *Uspekhi sovremennoi nauki* [Achievements of Modern Science], 11, 221-224.
- Klochkova, A. V., Korotkova, T. G., & Ksandopulo, S. Yu. (2017). Ispol'zovanie poroshka iz vinogradnykh vyzhimok pri proizvodstve muchnykh konditerskikh izdelii [The use of grape pomace powder in the production of flour confectionery products]. *KubGAU* [Kuban State Agrarian University], 129, 381-390.
- Kolbina, A. Yu. (2018). Tekhnologiya proizvodstva sdobnogo pechen'ya s natural'nymi rastitel'nymi dobavkami [Technology of production of butter cookies with natural vegetable additives]. In *Sbornik nauchnykh statei mezhdunarodnogo molo-dezhnogo agrarnogo foruma «Agrarnaya nauka v innovatsionnom razvitii APK»* [Collection of scientific articles of the international Youth Agrarian Forum]

- "Agricultural science in the innovative development of the agro-industrial complex"] (pp. 119-126). Michurinsk: Izd-vo MGAU.
- Kravchenko, L. V., Gladkikh, O. L., & Gmoshinskii, I. V. (2005). Sravnitel'noe izuchenie antioksidantnykh svoystv fikotsianina i selenfikotsianina v model'nykh sistemakh okisleniya [Comparative study of the antioxidant properties of phycocyanin and selenophycocyanin in model oxidation systems]. In *Materialy IX Mezhdunarodnogo s"ezda Fitofarm [Proceedings of the 9th International Congress of Phytopharm]* (p. 161). S-Petersburg.
- Kuz'mina, S. S., Kozubaeva, L. A., & Gaisina, V. A. (2015). Perspektivy ispol'zovaniya kedrovoy muki pri proizvodstve sdobnogo pechen'ya [Prospects for the use of cedar flour in the production of butter cookies]. *Vestnik Altaiskoi nauki [Bulletin of the Altai Science]*, 1, 415-418.
- Lapteva, N. K., & Mit'kinykh, L. V. (2013). Optimal'noe sootnoshenie pshenichnoi, rzhanoi i tritikalevoi muki v proizvodstve sdobnogo pechen'ya [The optimal ratio of wheat, rye and triticale flour in the production of butter cookies]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka [Agricultural Science of the Euro-North-East]*, 3, 35-38.
- Magomedov, G. O., Malyutina, T. N., Zatsepilina, N. P., Shapkarina, A. I., & Lygin, V. V. (2016). Ispol'zovanie tritikalevoi muki v proizvodstve pesочно-sdobnogo pechen'ya [The use of triticale flour in the production of shortbread cookies]. *Konditerskoe proizvodstvo [Confectionery and bakery production]*, 5, 38-40.
- Matveeva, I. V., Yudina, T. A., Deshko, O. V., & Dudnik, E. E. (2009). Novyi zhirovoy produkt dlya proizvodstva sdobnogo pechen'ya [A new fat product for the production of butter cookies]. *Khlebopechenie Rossii [Bread Making in Russia]*, 6, 20-21.
- Matveeva, T. V., & Koryachkina, S. Ya. (2011). Muchnye konditerskie izdeliya funktsional'nogo naznacheniya. Nauchnye osnovy, tekhnologii, retseptury [Flour confectionery products for functional purposes. Scientific bases, technologies, recipes]. Orel: FGOU VPO «Gosuniversitet – UNPK».
- Merenkova, S. P., & Polyakova, E. L. (2018). Eksperimental'noe obosnovanie primeneniya yagodnogo syr'ya v tekhnologii obogashchennykh muchnykh konditerskikh izdelii [Experimental substantiation of the use of berry raw materials in the technology of enriched flour confectionery products]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the South Ural State University]*, 2, 20-29. <https://doi.org/10.14529/food180203>
- Mogil'nyi, M. P., & Shaltumaev, T. Sh. (2014). Rol' retsepturnykh komponentov v povyshenii kachestva muchnykh konditerskikh izdelii [The role of prescription components in improving the quality of flour confectionery products]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya [News of Higher Educational Institutions. Food Technology]*, 2, 63-66.
- Nazimova, E. V., Zakharenko, M. A., & Markov, A. S. (2020). Primenenie produktov pererabotki shipovnika v proizvodstve sdobnogo pechen'ya [Application of rosehip processing products in the production of butter cookies]. In *Sbornik tezisev dokladov II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Innovatsionnye tekhnologii pishchevykh proizvodstv» [Collection of abstracts of the 2nd All-Russian scientific and Practical Conference of students, postgraduates and Young scientists "Innovative technologies of food production"]* (p. 46). Sevastopol': Izd-vo FGAOU VO SGU.
- Puchkova, L. I., Belyavskaya, I. G., & Lomakin, A. A. (2008). Povyshenie pishchevoi tsennosti khleba na osnove biologicheskii aktivnoi dobavki mikrovodorosli spirulina al'ga lyamensis alakris [Increasing the nutritional value of bread based on a dietary supplement microalgae spirulina alga lamensis alakris]. In *Sbornik materialov VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference]* (vol. 2, pp. 302-307). Moscow: MGUPP.
- Reznichenko, I. Yu., & Ustinova, Yu. V. (2020). Novye tendentsii v tekhnologii muchnykh konditerskikh izdelii funktsional'noi napravlenosti [New trends in the technology of flour confectionery products of functional orientation]. In *Sbornik materialov Natsional'noi (Vserossiiskoi) konferentsii «Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy: Tekhnologii, kachestvo i bezopasnost'» [Proceedings of the National (All-Russian) Conference "Current directions of scientific research: Technologies, Quality and Safety"]* (pp. 99-101). Kemerovo: Izd-vo KGU.
- Romai, G., Gonsales, R., Ledon, N., Remires, D., & Rimbau, V. (2003). Fikotsitin: Bilinprotein s antioksidantnym, protivovospalitel'nyim i neuroprotektivnym deistviem [Phycocytin: Bilinprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects]. *Nyneshnyaya nauka o belkakh i peptidakh [The Current Science of Proteins and Peptides]*, 4, 207-216.
- Taleisnik, M. A., Shcherbakova, N. A., Gerasimov, T. V., & Mizinchikova, I. I. (2019). Printsipy sozdaniya spetsializirovannogo sakharnogo pechen'ya dlya detskogo pitaniya [Principles of creating specialized sugar cookies for baby food]. *Nauchnye trudy KubGTU [Scientific Works Kuban State Technological University]*, 9, 217-224.

- Tertychnaya, T. N., Mazhulina, I. V., Gorbunova, E. A., & Sinel'nikova, O. V. (2019). Natural'nye biologicheski aktivnye dobavki pri proizvodstve sdobnogo pechen'ya [Natural biologically active additives in the production of butter cookies]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [News of the Timiryazev Agricultural Academy], 1, 127-137.
- Khlyudzinskaya, E. V. (2019). Analiz vozdeistviya pshenichnoi i grechnevoi muki na osnovnye pokazateli svoystv sdobnogo pechen'ya [Analysis of the impact of wheat and buckwheat flour on the main indicators of the properties of butter cookies]. In *Sbornik nauchnykh statei 3-i Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii perspektivnykh razrabotok molodykh uchenykh «Molodezh' i nauka: shag k uspekh»* [Compilation of scientific articles of the 3rd All-Russian Scientific Conference of Promising Developments of Young Scientists "Youth and Science: A step to success"] (pp. 260-263). Kursk: Izd-vo ZAO «Universitetskaya kniga».
- Tsyganova, T. B., Nechaev, A. P., Zaitseva, L. V., Grekova, A. Yu., & Iovleva, K. V. (2016). Vliyanie zhirovnykh produktov na kachestvo i sokhranenie svezhesti sdobnykh khlebobulochnykh izdelii dlitel'nogo khraneniya [The influence of fat products on the quality and freshness of long-term bakery products]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 7, 60-63.
- Shaburova, G. V., & Kul'kova, Yu. S. (2019). Primenenie ovsyanykh otrubei i ovoshchnogo syr'ya v retsepture sdobnogo pechen'ya [The use of oat bran and vegetable raw materials in the recipe of butter cookies]. *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya* [Innovative Equipment and Technology], 3, 36-41.
- Shpis, A. A., & Shpis, A. N. (2016). Ispol'zovanie oblepikhovogo poroshka pri proizvodstve sdobnogo pechen'ya v IP Radchenko [The use of sea buckthorn powder in the production of butter cookies in IP Radchenko]. In *Sbornik nauchnykh statei konferentsii «Prioritetnye napravleniya razvitiya pishchevoi industrii»* [Compilation of scientific articles of the conference "Priority directions of development of the food industry"] (pp. 655-658). Stavropol': Izd-vo SGAU.
- Morsy, O. M., Sharoba, A. M., EL-Desouky, A. I., Bahlol, H. E. M., & Abd El Mawla, E. M. (2014). Production and evaluation of some extruded food products using Spirulina algae. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 52(4), 495-510.
- Petrova, M., & Zhateva, D. (2018). Spirulina algae as a source of phytonutrients for food enrichment. In *Materialy V Mezhdunarodnoi konferentsii «Tserevitinskie chteniya- 2018»* [Proceedings of the 5th International Conference "Tserevitinsky Readings-2018"] (pp. 50-53). Moscow: Izd-vo REU im. G.V. Plekhanova.
- Smertina, E., Fedyanina, L., Lyakh, V., Chadova, T., & Vershinina, A. (2016). Modern tendencies and prospects of using Algae as an ingredient for bakery products. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2, 989-997.
- Soni, R. A., Sudhakar, K., & Rana, R. S. (2017). Spirulina from growth to nutritional product: A review. *Trends in Food Science & Technoloe*, 69(A), 157-171. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.09.010>

Конические решетки в устройствах для обеззараживающей обработки зерна

Максименко Владимир Андреевич

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» (СКНИИМЭСХ ФГБНУ «АНЦ «Донской»)

Адрес: 347740, г. Зерноград, Ростовская область, ул. им. Ленина, д. 14

E-mail: elektro_skniimesh.rashn@mail.ru

Исходя из ранее выявленной эффективности применения комбинированных обеззараживающих воздействий для обработки семян зерновых культур предложено их выполнение в одном устройстве. Выполнен анализ возможных конструктивных вариантов установок для обеззараживания зерна на основе обработок низкочастотными магнитными полями или электромагнитными полями сверхвысокой частоты в сочетании с воздействием конвективного тепла, по результатам которого сделан выбор в пользу разработки устройства для этапа обработки зерна обеззараживающими газовыми агентами, оснащенного коническими решетками, с разработкой его технологической схемы. Обоснована конструктивно-технологическая схема установки комбинированного обеззараживания семян зерновых культур и разработана методика определения параметров ее элементов и режимов функционирования. Рассмотрены условия рационального соотношения газового и зернового потоков в устройстве и предложены основные математические выражения для определения их расходов. Считая определяющим расход потока зерна в зоне электрофизического воздействия по предложенным выражениям могут определяться основные размеры конических решеток и их расположение относительно друг друга, а также время пребывания зерна под воздействием обеззараживающего газового потока. На основе предложенных выражений возможно также решение обратных задач – подбора параметров потоков для рационального использования имеющихся размеров решеток. Представленные зависимости и методические рекомендации могут применяться при проектировании оборудования для комбинированного электрофизического обеззараживания зерна с использованием конических решеток.

Ключевые слова: зерно, газ, поток, решетка, конус, слой, обеззараживание

Введение

Предыдущими исследованиями (Пахомов, Максименко, Буханцов, & Ватутина, 2020; Cwiklinski, Hörsten, Lücke, & Wolf, 2001; Дубровин, 2017; Васильев, 2018; Андреев, 1987; Пахомов, В.И., Пахомов, А.И., & Максименко, 2015; Сюсюра, 2003;

Цугленок, Цугленок, & Шахматов, 1989; Червяков, Курзенков, Циркунов, & Крупенин, 2008) выявлена эффективность комбинации тепловых, магнитных, высокочастотных электромагнитных и химических обеззараживающих воздействий на зерновой семенной материал. Это позволяет считать выгодным их выполнение одним устройством.^{1,2,3,4,5,6,7}

¹ Пахомов, А.И. (2014). Отчет о НИР. № 215011250078. *Разработка нового технологического процесса высокоинтенсивной обработки сельскохозяйственных материалов с использованием комбинированных электрофизических воздействий и экологически чистых препаратов для их обеззараживания*. Зерноград: ФГБНУ СКНИИМЭСХ.

² Пахомов, А.И. (2015). Отчет о НИР. № 215121620023. *Разработка технологии эффективной обработки сельскохозяйственных материалов с использованием обеззараживающих препаратов и комбинированных электрофизических воздействий*. Зерноград: ФГБНУ СКНИИМЭСХ.

³ Пахомов, А.И. (2011). Отчет о НИР. № 104-11.2. *Разработка улучшенных энергосберегающих технологий и исходных требований на разработку новых технических средств высокоинтенсивной обработки сельскохозяйственных материалов с использованием комбинированных электрофизических воздействий на основе аналитических и технико-экономических исследований*. Зерноград: ГНУСКНИИМЭСХ.

⁴ Klaptchuk, P. (2005). *CA Patent № 2521786. Procédé de destruction des semences*. Regina, SK: Furman & Kallio.

⁵ Пахомов, В.И., Пахомов, А.И., Буханцов, К.Н., & Максименко, В.А. (2013). Патент № 2496291 РФ. *Способ обеззараживания зерна и семян сельскохозяйственных культур*. Зерноград: ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии.

⁶ Фисинин, В.И., Лачуга, Ю.Ф., Пахомов, В.И., Пахомов, А.И., & Буханцов, К.Н. (2015). Патент № 2550479 РФ. *Способ комбинированного обеззараживания зерна и семян с использованием электромагнитного поля сверхвысокой частоты*. Зерноград: ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии.

⁷ Болотов, Н.А., & Кашкин, Е.Е. (2004). Патент № 2222133 РФ. *Способ обеззараживания семян зерновых культур*. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки, ООО НПФ «Айболит».

В технологиях обработки зерновых материалов довольно широко используют воздействия на них газообразных агентов. Это, например, сушка, при которой сухой подогретый воздух проходит через слой зерна. Использование при этом озono-воздушной смеси ускоряет отбор влаги. Сама озono-воздушная смесь, при различных параметрах ее воздействия, способствует снижению зараженности зерна и улучшает его посевные качества (Голубкович, Тимошек, & Чеботарев, 2002; Глущенко & Глущенко, 2003; Голубкович & Чижи-ков, 2005; Baskakov, Orobinsky, Gulevsky, Gievsky, & Chernyshov, 2020; Raila et al., 2006; Андрющенко & Буханцов, 2007; Максименко, Андреев, Грома-кова, & Парапонов, 2009; Пахомов & Буханцов, 2011; Пахомов, Газалов, & Буханцов, 2019; Пахо-мов, Максименко, & Буханцов, 2013; Буханцов, 2012; Savi, Piacentini, Bittencourt, & Scussel, 2014).

По отношению к обрабатываемому продукту процессы можно подразделить на непрерывные и пе-риодические. Непрерывные процессы как правило требуют существенно меньших капитальных за-трат на технические средства их обеспечения, но достижение технологического воздействия сопря-жено с качественным поддержанием режимов что приводит к увеличению затрат на квалифициро-ванный обслуживающий персонал и некоторое увеличение затрат на автоматизацию.

Каждая конкретная ситуация реализации техно-логического процесса имеет свое наиболее раци-ональное решение. Рациональность возрастает с увеличением широты выбора, то есть количества возможных вариантов. Для случая обработки зер-на газами предлагается вариант в виде устройства непрерывного действия,

в котором путем пересечения потоков зерна и га-зового агента осуществляется их взаимодействие. Практическая реализация сводится при этом к со-гласованию двух упомянутых потоков ссохране-нием тенденций к минимизации и капитальных и эксплуатационных затрат. Из этих соображений представляются выгодными самотечные потоки зерна. Однажды поднятое зерно может проходить несколько зон воздействия. Далее задача сводит-ся к обеспечению характеристик потоков, которые будут соответствовать наилучшим технологиче-ским результатам.

Анализ возможных конструктивно-технологиче-ских решений взаимодействия газовых и зер-новых потоков. К характеристикам зернового потока относятся его расход, скорость, толщина слоя, форма сечения и его площадь, наличие вза-

имного перемещения его зёрен и другие. Газовый поток характеризуется расходом активного аген-та, который зависит от скорости потока, площа-ди его проходного сечения концентрации в нем активного агента

Скорость обеспечивается в том числе и давлением газа на входе в зерновой поток. Используемые для этого вентиляторы часто не развивают больших давлений, достижение которых довольно затратно. Газовый поток тормозится слоем зерна. Величина торможения, то есть уменьшение расхода потока, напрямую зависит от толщины продуваемого зер-нового слоя. Уменьшением этой толщины, увели-чением площади слоя можно увеличивать расход газового потока до необходимого.

Основное технологическое требование к пото-ку зерна состоит в обеспечении получения от-дельными зернами необходимой, заданной дозы активного агента за время пребывания в зоне пе-ресечения потоком газа. Достижению этого будет способствовать поддержание заданной толщи-ны слоя, одинаковость путей продвижения зе-рен и одинаковость их времени пребывания под воздействием, что по сумме факторов обеспечит одинаковость усвоения зернами газового агента. Естественным условием обработки слоя является его нахождение на решетчатой поверхности с до-статочно малым сопротивлением газовому пото-ку. Такие поверхности изготавливаются либо из перфорированных листов, либо из плетеных се-ток. Если технологический процесс не предпола-гает скольжение зерна по решетке (транспортная лента, например), то оба варианта решет принци-пально одинаковы. Скольжение же зерна по ре-шетке, сделанной из сетки, в каждом конкретном случае будет иметь разные характеристики, зави-сящие и от сетки и от зерна. Скольжение зерна по перфорированному листу близко по своим ха-рактеристикам к скольжению по гладкому метал-лу. Это сближение увеличивается с уменьшением отверстий в решетке, уменьшением их густоты и увеличением среднего размера зерновок в обра-батываемом потоке.

Важным в создании устройства для обработки слоя зерна газами является выбор принципа по-лучения самого слоя заданной толщины. Плоский слой, например на транспортной ленте, впол-не успешно задается подачей зерна на неё через щель. Для поточной обработки зерна газами такие потоки весьма пригодны хотя и требуют дополни-тельных устройств для заполнения щели и наобо-рот сбора плоского потока в цилиндрический если того требует следующая операция.

Однако использование перфорированной транспортерной ленты не представляется рациональным из-за сложностей подачи через нее газа, необходимости привода и других причин. Более приемлем плоский поток, движущийся под действием собственного веса по наклонной решетке. Для практической реализации такого потока необходимо обеспечить достаточную одинаковость его толщины. Как уже отмечалось задать толщину в начале потока можно высотой питающей щели. Далее слой будет двигаться под действием собственного веса, скользя по решетке. Если соблюдается условие установки решетки на угол больше угла скольжения зерна по нему, но меньше угла его естественного откоса, то при наличии подпора внизу на выходе потока толщина слоя по всей его длине будет сохраняться. Условие такого подпора можно записать как:

$$Q_{\text{в}} \geq Q_{\text{к}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{в}}$ – максимально возможный расход в начале потока, кг/с,

$Q_{\text{к}}$ – фактический расход в конце потока, кг/с.

Одной из важнейших механических характеристик зерна как сыпучего материала является угол естественного откоса (Трисвятский, 1986). Величина эта достаточно устойчива для того или иного вида материала. Такой же устойчивой величиной является коэффициент трения зерна по стали основному материалу для сельхозтехники. Однако элементы технологических устройств, например решетки, вследствие перфорированности повышают коэффициент трения в сравнении с гладкой поверхностью. Тем не менее, как показывает опыт, у решеток с круглыми отверстиями в полтора – два раза меньшими толщины зерен угол скольжения их слоя существенно меньше угла естественного откоса. Благодаря этому по такой поверхности слой зерна будет скользить не осыпаясь, то есть сохраняя свою толщину.

Его фактический расход в конце потока вполне может задаваться последующим устройством. Таким образом конечное устройство на выходе всей установки может задавать скорость движения слоев на всех наклонных решетках установки.

Цель исследования

Обосновать конструктивно-технологическую схему установки комбинированного обеззараживания семян зерновых и методику определения параметров ее элементов и режимов функционирования.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлся рабочий процесс комбинированного обеззараживания семян зерновых культур электрофизическими воздействиями и обработкой газо-воздушными смесями в установках с гравитационным движением зерна.

Материалами исследования являлись возможные варианты выполнения механизмов этих воздействий, конструктивного исполнения элементов разрабатываемого устройства.

Методами исследования являлись логические построения и анализы с использованием известных закономерностей механики процессов движения и взаимодействия потоков зерна и газа на конических решетках.

Результаты и их обсуждение

Для разрабатываемой установки обработки семенного зерна комбинированным воздействием конвективного тепла, озонированного воздуха и низкочастотного магнитного поля в цилиндрическом магнитном зазоре из возможных вариантов технологического взаимодействия потоков как наиболее выгодный напрашивается один – скольжение слоя зерна по конической решетке продуваемой снизу подогретым воздухом. Решеток должно быть как минимум две – верхняя распределяющая и ниже под ней собирающая (Рисунок 1).

Устройство, задающее фактический расход потоков по всем элементам установки может иметь различное конструктивное исполнение в зависимости от конкретных условий и состава технологической линии. В представленном простейшем варианте (Рисунок 1) им является сменный выпускной тормозящий конус с выпускным отверстием необходимого диаметра. Этот диаметр, задавая расход, определяет время пребывания зерна в магнитном поле создаваемом трехфазным электромагнитом. В его цилиндрический магнитный зазор зерно попадает из вертикального канала заполняющегося через выпускное отверстие собирающей конической решетки. На эту решетку зерно попадает через дозирующую щель между ней и верхней, распределяющей решеткой, которая в свою очередь заполняется через дозирующую щель патрубка питающего бункера.

Механику образования слоя зерна на конических решетках удобнее всего рассмотреть с конца, то есть с выпускного отверстия собирающей конической решетки.

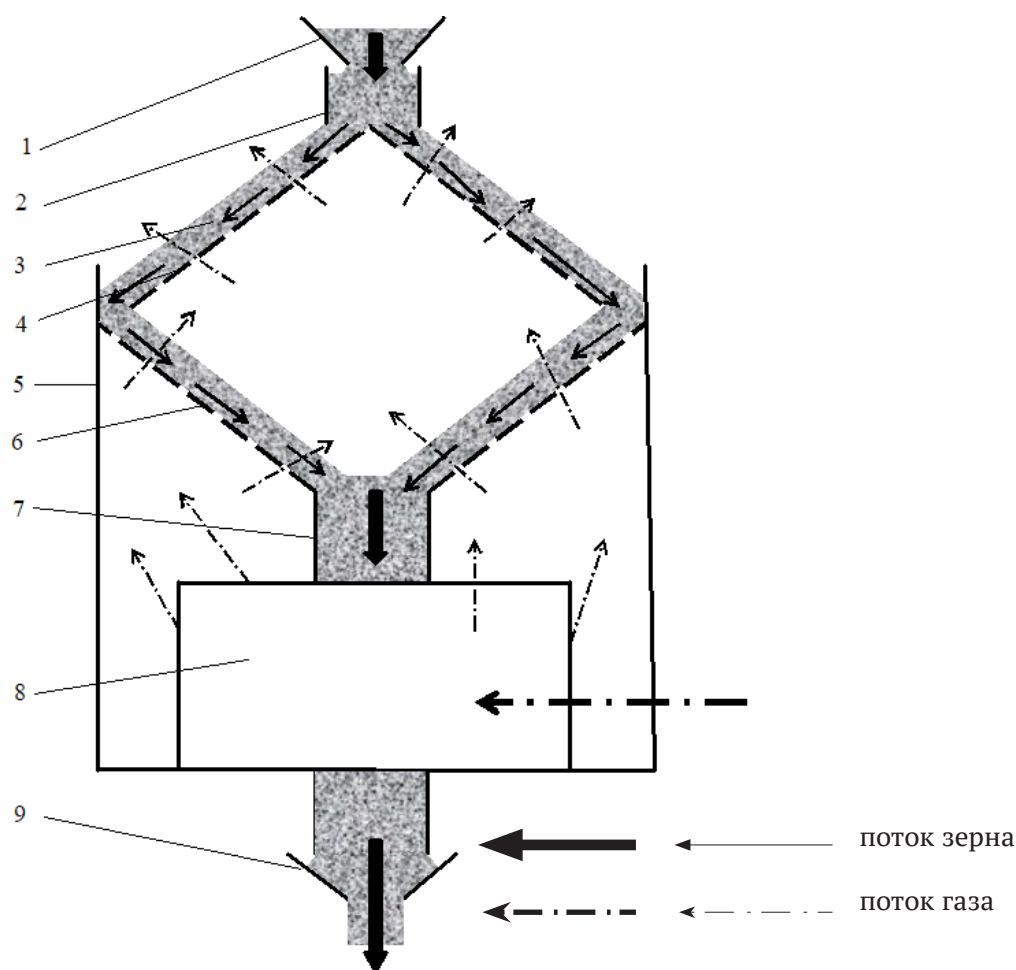


Рисунок 1. Схема устройства магнитно-газовой обработки зерна с коническими решетками: 1 – приемная воронка, 2 – формирующий слой патрубков, 3 – слой зерна, 4 – верхняя коническая решетка, 5 – общий кожух, 6 – нижняя коническая решетка, 7 – соединительный патрубок, 8 – кожух электромагнита, 9 – выпускной поток задающий конус собирающей решетки. После этого приторможенный слой приобретает толщину питающего зазора. Опускаясь вниз и расширяясь слой постоянно пополняется и поддерживает свою толщину за счет осыпания под углом естественного откоса

Первоначально, при закрытом выпуске установки, производится ее заполнение зерном. Выпускной конус, магнитный зазор и вертикальный канал над ним заполняются полностью и создают подпор зерну на выпускном отверстии собирающей решетки. На её поверхности образуется слой начинающий притормаживать поступление зерна через питающую щель.

Притормаживание потока при открытом отверстии выпускного конуса задаёт скорость, поступления зерна на собирающую решетку.

Движение зерна вниз происходит, образно говоря, вследствие последовательного заполнения высвобождающихся объемов начиная с выпускного отверстия. Поддержание толщины слоя обеспечивается тем, что элементы его объема скользят

по решетной поверхности, не имея возможности уменьшаться по высоте.

Движение зерна по распределяющей конической решетке представляет собой обратную картину. Через кольцевой зазор на верхушке образуется слой скользящий к нижней кромке и притормаживающийся зерном находящимся на поверхности

Важным условием поддержания толщины слоя является существенное превышение пропускной способности слоеобразующих щелей над пропускной способностью выпускного конуса.

Другим важным требованием к движению зерна по коническим решеткам является достаточная одинаковость времени его пребывания на них, то есть, в зоне пересечения газообразным пото-

ком. Это достижимо точностями изготовления и установки конической решетки относительно центральной вертикали обеспечивающих одинаковый по контуру выпускного отверстия сход зерна и одинаковое его поступление на нижестоящую коническую решетку.

Условием рационального технологического воздействия в проточном устройстве является некоторое необходимое соотношение взаимодействующих потоков материалов.

В случае обработки потока зерна газовой смесью это условие можно выразить безразмерным соотношением

$$G = (M_3 \cdot t) / (M_{ar} \cdot t) = Q_3 / Q_{ar}, \quad (2)$$

где t – время взаимодействия потоков (далее принято за 1 ед.), с,
 M_3 – масса зерна, побывавшая в потоке за время t , кг,
 M_{ar} – масса активного газового агента прошедшего через зерно за время t , кг
 Q_3, Q_{ar} – расходы потоков зерна и газового агентов соответственно, кг/с.

Это соотношение в рациональном варианте технологического процесса имеет вполне определенные значения и может быть принято по результатам экспериментальных исследований скорректированных эксплуатационной практикой.

Масса обработанного зерна

$$M_3 = F_3 \cdot V_3 \cdot \gamma_3 \cdot t, \text{ кг}, \quad (3)$$

где F_3 – площадь сечения потока зерна, м²,
 V_3 – скорость потока зерна поданному сечению, м/с,
 γ_3 – насыпная плотность зерна, кг/м³,
 t – время обработки, с.

Необходимую для обработки массу газа удобно определить с использованием коэффициента усвоения газового агента

$$k = M_{ar} / M_a, \quad (4)$$

где M_{ar} – масса газового агента прошедшего через зерно, кг,
 M_a – масса усвоенного зерном газового агента, кг.

Последняя из указанных масс, скорее всего, величина определяемая экспериментально, зависящая от многих конкретных условий. На усвоение

прежде всего будет влиять продолжительность воздействия, температуры зерна и газа, концентрация в газе активного вещества, наличие и количество сопутствующих примесей. В случае не высокой стоимости газового агента для повышения надежности процесса желательна избыточность его прохода через зерно.

Из перечисленных факторов влияющих на усвоение агента главным является продолжительность воздействия газа на зерно. Его тесное взаимодействие с многими другими факторами должно быть учтено при экспериментальном определении коэффициента усвоения газового агента.

Масса газа прошедшего через слой зерна за единицу времени может быть выражена через концентрацию газового агента в нем.

$$M_r = M_{ar} / c, \text{ кг/с}, \quad (5)$$

где c – концентрация газового агента в газе в долях.

Это позволяет определить расход потока газа Φ_r через вентилятор его подачи в зависимости от плотности газа на выходе из него γ_r , которая как функция развиваемого давления находится по уравнению Менделеева-Клапейрона⁸.

$$\Phi_r = (M_a / (c \cdot \gamma_r)) \cdot k, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

Таким образом, отношение (2) принимает вид:

$$G = (F_3 \cdot V_3 \cdot \gamma_3) / (\Phi_r \cdot c \cdot \gamma_r). \quad (7)$$

Определяющим технологическим параметром является продолжительность взаимодействия газового и зернового потоков. Это взаимодействие происходит при гравитационном продвижении зерна по конической решетке. В случае расходящейся решетки движение замедляется, а сходящейся – ускоряется. Считая поток зерна в слое непрерывными, по мере продвижения не меняющимся можно выразить его расход:

$$Q_3 = M_3 / t = F_3^{cp} \cdot V_3^{cp} \cdot \gamma_3, \text{ кг/с} \quad (8)$$

Средняя скорость слоя зерна по конической решетке

$$V_3^{cp} = Q_3 / (F_3^{cp} \cdot \gamma_3), \text{ м/с} \quad (9)$$

где F_3^{cp} – средняя площадь потока зерна по решетке, определяемая выражением

⁸ Гороновский, И. Т., Назаренко, Ю. П., & Некряч, Е. Ф. (1956). *Краткий справочник по химии*. Киев: Наукова думка.

$$F_3^{cp} = a \cdot L_{cp}, \text{ м}^3 \quad (10)$$

где a – толщина слоя зерна движущегося по решетке, м,

L_{cp} – средняя длина окружности образующей среднюю площадь сечения потока зерна по конической решетке, определяемая через средний диаметр площади сечения (конического кольца) потока, м.

С использованием размерных характеристик конуса решетки и некотором упрощении выражение площади кругового сечения потока по конусу имеет вид:

$$F_3^{cp} = a \cdot \pi \cdot l \cdot \sin 0,5\psi, \text{ м}^3, \quad (11)$$

где ψ – угол конуса обеспечивающий скольжение зерна по решетной поверхности без осыпания под углом естественного откоса то есть он больше угла скольжения φ_0 , но меньше угла естественного откоса φ , град.; $\varphi_0 > 90 - \psi/2 > \varphi$.

Длиной пути зерна по зоне воздействия газового агента с достаточной точностью можно считать длину образующей конуса усеченного выпускным отверстием. Например, для нижней сходящейся решетки:

$$l = (d_b - d_n)/(2 \cdot \sin 0,5\psi), \text{ м}, \quad (12)$$

где d_b – верхний диаметр конуса, м,

d_n – нижний диаметр конуса – диаметр выпускного отверстия, м.

Время пребывания зерна в упомянутой зоне воздействия газового агента выраженное через среднюю скорость:

$$t = (\pi \cdot a \cdot \gamma_3 \cdot (d_b - d_n)^2)/Q_3 \cdot (2 \cdot \sin 0,5\psi)^2, \text{ с} \quad (13)$$

По сути, задача его определения сводится к многофакторному выбору режимов движения зерна и конструктивных параметров конусов и их взаиморасположения. Заданным фактором является общий расход потока зерна и угол между образующими конуса в вертикальном его сечении. К задаваемым (выбираемым), и рассчитываемым следует отнести толщину слоя, диаметры и угол между напротив расположенными образующими конуса решетки.

По аналогии определяются конструктивные размеры распределяющей, верхней конической решетки.

Обозначим последовательность нахождения основных параметров и размеров устройства с коническими решетками.

1. На основании исследований (Пахомов, Максименко, Буханцов, & Ватутина, 2020) определить расход потока зерна.
2. Опытным путем определить коэффициент усвоения газового агента k для выбранных: толщине слоя зерна, материала решетки, подпора продуваемого газа, температур, влажностей, времени воздействия и других.
3. Определить расход потока газа (6).
4. По выбранному времени воздействия газа, толщине слоя зерна, расходе его потока, с использованием (2), (3), (4), (12), (13) определить размеры конических решеток.

Работоспособность рассмотренного устройства для газового воздействия проверена в разработанной установке⁹ «СИГМА-1» (Максименко, Буханцов, Громакова, 2014; Буханцов, 2015; Ванурин, Максименко, Буханцов, 2015; Пахомов, 2016; Пахомов, Максименко, & Буханцов, 2017) осуществляющей обеззараживание СВЧ полем, действие которого усиливается предварительным конвективным подогревом зерна от охлаждаемых магнетронов, а также в экспериментальной установке комбинированного обеззараживания низкочастотным магнитным полем и теплом выделяемым электромагнитами балластными резисторами (Пахомов, Максименко, Буханцов, & Ватутина, 2020).

Выводы

Для комбинированных электрофизических воздействий рационально использовать устройства с продуваемыми коническими решетками. В них достижимо эффективное, достаточно одинаковое усвоение зерном газового агента. Предложенные зависимости позволяют определять основные параметры и режимы работы установки с коническими решетками для комбинированных обеззараживающих электрофизических и газовых воздействий на зерно.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2019-2021 гг.

⁹ Пахомов, В. И., Паховом А. И., Буханцов, К. Н., & Максименко, В. А. (2018). Патент № 2640288 РФ. Способ комбинированного обеззараживания зерна и семян с использованием СВЧ-энергии. Зерноград: ФГБНУ СКНИИМЭСХ.

«Фундаментальные проблемы и принципы разработки интенсивных технологий и энергонасыщенной техники нового поколения производства основных групп продовольствия» (шифр темы НИР 0706-2019-0006 «Разработать новые технологические принципы, процессы и технические средства в системе переработки и обеззараживания зерна и семян»).

Литература

- Андреев, С. А. (1987). *Установка для СВЧ-обработки семян* (Автореферат дисс. ... канд. техн. наук). М.: МИИСП им. В.П. Горячкина.
- Андрющенко, Ю. А., Буханцов, К. Н. (2007). Исследование процесса обеззараживания зерновых материалов от плесневых грибов разными способами на основе озонирования. В *Экология и сельскохозяйственная техника: Сборник научных трудов по Материалам 5-й Международной научно-практической конференции* (т. 2, с. 216-225). СПб.: Северо-Западный НИИМЭСХ РАСХН.
- Буханцов, К. Н. (2015). Математическая модель процесса обеззараживания увлажненного водой зерна сочетанием конвективного нагрева и обработки электромагнитным полем сверхвысокой частоты. *Электротехнические комплексы и системы управления*, 1, 9-23.
- Буханцов, К. Н. (2012). Озон и аэроионы: возможности и проблемы использования для сушки зерна. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 9, 13-16.
- Ванурин, В. Н., Максименко, В. А., & Буханцов, К. Н. (2015). Выбор привода отгрузочного шнека установки СВЧ-обеззараживания «СИГМА-1». *Вестник АПК Ставрополя*, 4, 18-23.
- Васильев, А. А. (2018). *Обоснование режимов послеуборочного обеззараживания зерна с использованием поля СВЧ* (Дисс. канд. техн. наук). М.: Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства.
- Глущенко, Л. Ф., & Глущенко, Н. А. (2003). *Интенсификация процессов пищевых и сельскохозяйственных производств озono-воздушными смесями*. Великий Новгород: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого.
- Голубкович, А. В., Тимошек, А. С., & Чеботарёв, В. П. (2002). Особенности комбинированной сушки зерна с применением озono-воздушных смесей. В *Здоровье - питание - биологические ресурсы: Материалы Международной научно-практической конференции посвященной 125-летию со дня рождения акад. Н. В. Рудницкого* (т. 2, с. 140-146). Киров: Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого.
- Голубкович, А. В., & Чижииков, А. Г. (2005). Сушка семян и зерна озono-воздушной смесью. *Техника в сельском хозяйстве*, 1, 37-40.
- Дубровин, А. В. (2017). Технологически или экономически оптимальные инфракрасная и кондуктивная сушка и озонирование при обеззараживании зерна и комбикормов для птицы. *Вестник ВИЭСХ*, 2, 32-44.
- Максименко, В. А., Андреев, А. И., Громакова, Л. В., & Парапонов А.А. Оценка влияния электрофизических обработок семян пшеницы на прочность соломы. В *Ресурсосберегающие технологии: возделывание и переработка сельскохозяйственных культур: Сборник научных трудов инновационные проекты в АПК* (с. 243-249). Зерноград: ВНИПТИМЭСХ.
- Максименко, В. А., Буханцов, К. Н., & Громакова, Л. В. (2014). Особенности автоматизации СВЧ-модуля на бытовых магнетронах «СИГМА-1». *Инновации в сельском хозяйстве*, 4, 128-134.
- Пахомов, А. И. (2016). Комбинированная технология обеззараживания зерна. *Хранение и переработка зерна*, 2, 27-29.
- Пахомов, А. И., Максименко, В. А., Буханцов, К. Н., & Ватутина, Н. П. (2020). Комбинированный конвективно-магнитный метод обеззараживания семенных материалов в АПК. *Техника и оборудование для села*, 3, 33-36. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-3-33-36>
- Пахомов, А. И., Максименко, В. А., & Буханцов, К. Н. (2017). Энергетическая оценка комплекта нового оборудования для конвективно-сверхвысокочастотного и низкочастотного химического обеззараживания зерна и семян. *Техника и оборудование для села*, 11, 27-31.
- Пахомов, В. И., & Буханцов, К. Н. (2011). Реализация технологий комбинированной сушки, обеззараживания и стимулирования посевных свойств зерна и семян на базе установки «ЭЛЕКТА-1». В *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Материалы Международной научно-практической конференции* (т. 1, с. 196-207). Минск: РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства.
- Пахомов, В. И., Газалов, В. С., & Буханцов, К. Н. (2019). Регрессионная математическая модель двухэтапной комбинированной электро-технологии высокотемпературной конвективной сушки и озonoвоздушной обработки зерна. *Тракто́ры и сельхозмашины*, 1, 81-95. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-1-81-95>

- Пахомов, В. И., Максименко, В. А., & Буханцов, К. Н. (2013). Энергосберегающая технология высокотемпературной конвективной сушки и озонОВОздушной обработки зерна. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 5, 19-25.
- Пахомов, В. И., Пахомов, А. И., & Максименко, В. А. (2015). Новая технология обеззараживания зерна с применением СВЧ-энергии. *Хлебопродукты*, 9, 63-65.
- Сюсюра, Н. А. (2003). *Обоснование параметров электроактивированного раствора и режимов работы без диафрагменного электроактиватора в технологии предпосевной обработки семян зерновых культур* (Автореферат дисс. ... канд. техн. наук). Зерноград: АЧГАА.
- Трисвятский, Л. А. (1986). *Хранение зерна* (5-е изд., перераб.). М.: Агропромиздат.
- Цугленок, Н. В., Цугленок, Г. И., & Шахматов С.Н. (1989). *Интенсификация тепловых процессов подготовки семян к посеву энергией ВЧ и СВЧ*. М.: ВО Агропромиздат.
- Червяков, А. В., Курзенков, С. В., Циркунов, А. С., & Крупенин, П. Ю. (2008). Экспериментальное исследование распределения температурного поля в зерновом материале при обработке СВЧ-полем. В *Инновационные технологии и технические средства в полеводстве юга России: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии для АПК России»* (с. 262-272). Зерноград: ВНИПТИМЭСХ.
- Baskakov, I. V., Orobinsky, V. I., Gulevsky, V. A., Gievsky, A. M., & Chernyshov, A. V. (2020). Influence of ozonation in seed storage on corn grain yield and its quality. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness (TSIA-2019)* (vol. 488, 012007). Bristol, UK: IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/488/1/012007>
- Cwiklinski, M., von Hörsten, D., Lücke, W., & Wolf, G. (2001). Alternativen zur chemischen Beizung. Saatgutbehandlung mit Mikrowellen- und Hochfrequenzenergie. *Landtechnik*, 56(1), 28-29. <https://doi.org/10.1515/lt.2001.1697>
- Raila, A., Lugauskas, A., Steponavicius, D., Railiene, M., Steponaviciene, A., & Zvicevicius, E. (2006). Application of ozone for reduction of mycological infection in wheat grain. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 13(2), 287-294.
- Savi, G. D., Piacentini, K. C., Bittencourt, K. O., & Scussel, V. M. (2014). Ozone treatment efficiency on fusarium graminearum and deoxynivalenol degradation and its effects on whole wheat grains (TriticumAestivum L.) quality and germination. *Journal of Stored Products Research*, 59, 245-253. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.03.008>

Conic Floors in the Seeds Treatment Devices

Vladimir A. Maksimenko

*Northern-Caucasian Scientific Research Institute
of Mechanization and Electrification of Agriculture*

Federal State Budgetary Scientific Institution

«Agricultural research center «Donskoy»

(NCRIMEA FSBSI «ASC «Donskoy»)

14, Leninastr., Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation

E-mail: elektro_sknimesh.rashn@mail.ru

On the basis of the previously revealed efficiency of grain crops compound aseptic influences, it is suggested their fulfillment in a single device. The analysis of the possible constructive variants of the units for grain disinfection was carried out on the basis of treatments with low-frequency or super-high frequency magnetic fields in aggregate with convection heat action. By the results of this analysis the choice has been made in favour of a unit designed for grain treatment period with decontaminating gas agents and equipped with conical grids. Its process flowsheet has been worked out too. The constructive-process flowsheet of the unit for combined crops grain disinfection has been validated and either its elements' method of characterization or modes of operation have been worked out. Conditions of rational correlation of gas and grain flows in a unit have been considered, and main mathematical expressions have been suggested for estimation of their charges. If grain flow discharge is considered to be a determining factor in the area of electro physical influence, as the main sizes of conical grids and their positional relationship as time of grain staying under influence of decontaminating gas flow can be determined according to offered expressions. Inverse solutions can be made on the basis of these expressions, for example, flows parameters matching for rational use of available grids of certain sizes. Presented dependences and methodic guidelines will be useful at designing the equipment with conic floors.

Keywords: grain, gas, flow, floor, cone, layer, disinfection

References

- Andreev, S. A. (1987). *Ustanovka dlya SVCh-obrabotki semyan* (Avtoreferat diss. ... kand. tekhn. nauk) [Installation for the SHF treatment of seeds (Abstract of PhD)]. Moscow: MIISP im. V.P. Goryachkina. Moskva.
- Andryushchenko, Yu. A., Bukhantsov, K. N. (2007). Issledovanie protsessa obezzarazhivaniya zernovykh materialov ot plesnevyykh gribov raznymi sposobami na osnove ozonirovaniya [The research of grain materials' disinfection process for molds with different methods on the basis of ozonization]. In *Ekologiya i sel'skokhozyaistvennaya tekhnika: Sbornik nauchnykh trudov po Materialam 5-i Mezhdunaradnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Ecology and agricultural technics: Collected papers of the 5th International theoretical and practical conference] (vol. 2, pp. 216-225). S-Petersburg: Severo-Zapadnyi NIIMESKh RASKhN.
- Bukhantsov, K. N. (2015). Matematicheskaya model' protsessa obezzarazhivaniya uvlazhnennogo vodoi zerna sochetaniem konvektivnogo nagreva i obrabotki elektromagnitnym polem sverkhvysokoi chastoty [A mathematical model of moistened grain disinfection process by combination of convective heating and treatment with electromagnetic field of microwave frequency]. *Elektrotekhnicheskie komplekсы i sistemy upravleniya* [Electro technical complexes and control systems], 1, 9-23.
- Bukhantsov, K. N. (2012). Ozon i aeroiony: vozmozhnosti i problemy ispol'zovaniya dlya sushki zerna [Ozon and air ions: their capabilities and problems for grain dryer]. *Khranenie i pererabotka sel'khoz-syr'ya* [Storage and Processing of Farm Products], 9, 13-16.
- Vanurin, V. N., Maksimenko, V. A., & Bukhantsov, K. N. (2015). Vybór privoda otgruzochnogo shneka ustanovki SVCh-obezzarazhivaniya «SIGMA-1» [Choice of dispatch screw drive for the disinfection UHF module «SIGMA-1»]. *Vestnik APK Stavropol'ya* [Agricultural Bulletin of Stavropol Region], 4, 18-23.
- Vasil'ev, A. A. (2018). Obosnovanie rezhimov posleuborochnogo obezzarazhivaniya zerna s ispol'zovaniem polya SVCh (Diss. kand. tekhn. nauk) [The validation of afterharvesting grain disinfection modes using SHF field (PhD dissertation)]. Moscow:

- Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut elektrifikatsii sel'skogo khozyaystva.
- Glushchenko, L. F., & Glushchenko, N. A. (2003). *Intensifikatsiya protsessov pishchevykh i sel'skokhozyaistvennykh proizvodstv ozono-vozdushnymi smesyami* [Intensification of food and agricultural production processes with ozone-air mixtures]. Velikii Novgorod: Novgorodskii gosudarstvennyi universitet im. Yaroslava Mudrogo.
- Golubkovich, A. V., Timoshek, A. S., & Chebotarev, V. P. (2002). Osobennosti kombinirovannoi sushki zerna s primeneniem ozono-vozdushnykh smesei [Features of combined drying of grain using ozone-air mixtures]. In *Zdorov'e - pitanie - biologicheskie resursy: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii posvyashchennoi. 125-letiyu so dnya rozhdeniya akad. N. V. Rudnitskogo* [Health - Nutrition - Biological Resources. The International theoretical and practical conference materials to. 125th anniversary of the birth of Acad. N.V. Rudnitsky] (vol. 2, pp. 140-146). Kirov: Zonal'nyi nauchno-issledovatel'skii institut sel'skogo khozyaystva Severo-Vostoka im. N. V. Rudnitskogo.
- Golubkovich, A. V., & Chizhikov, A. G. (2005). Sushka semyan i zerna ozono-vozdushnoi smes'yu [Drying of seeds and grains with an ozone-air mixture]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve* [Agricultural Machinery], 1, 37-40.
- Dubrovin, A. V. (2017). Tekhnologicheski ili ekonomicheski optimal'nye infrakrasnaya i konduktivnaya sushka i ozonirovanie pri obezzarazhivanii zerna i kombikormov dlya ptitsy [Technologically or economically optimal infrared and conductive drying and ozonization at grain disinfection and combined feed for birds]. *Vestnik VIESKh* [Bulletin All-Russian Research Institute of Agricultural Electrification], 2, 32-44.
- Maksimenko, V. A., Andreev, A. I., Gromakova, L. V., & Paraponov A.A. Otsenka vliyaniya elektrofizicheskikh obrabotok semyan pshenitsy na prochnost' solomy [The evaluation of wheat seeds electro-physical treatment influence on straw strength]. In *Resursosberegayushchie tekhnologii: vozdel'yvanie i pererabotka sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: Sbornik nauchnykh trudov innovatsionnye proekty v APK* [Alternative technologies: agricultural crops cultivation and treatment: Collected scientific papers of the International Scientific Technical Conference: «Alternative technologies and innovative designs in AIC»] (pp. 243-249). Zernograd: VNIPTIMESKh.
- Maksimenko, V. A., Bukhantsov, K. N., & Gromakova, L. V. (2014). Osobennosti avtomatizatsii SVCh-modulya na bytovykh magnetronakh «SIGMA-1» [Automation features of the UHF module at consume magnetrons «SIGMA-1»]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve* [Agricultural Innovation], 4, 128-134.
- Pakhomov, A. I. (2016). Kombinirovannaya tekhnologiya obezzarazhivaniya zerna [A combined technology of grain disinfection]. *Khranenie i pererabotka zerna* [Grain Storage and Treatment], 2, 27-29.
- Pakhomov, A. I., Maksimenko, V. A., Bukhantsov, K. N., & Vatutina, N. P. (2020). Kombinirovannyi konvektivno-magnitnyi metod obezzarazhivaniya semyannykh materialov v APK [Combined convective-magnetic method of seeds' material disinfection in AIC]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Machinery and equipment for rural areas], 3, 33-36. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-3-33-36>
- Pakhomov, A. I., Maksimenko, V. A., & Bukhantsov, K. N. (2017). Energeticheskaya otsenka komplekta novogo oborudovaniya dlya konvektivno-sverkhvysokochastotnogo i nizkokontsentratsionnogo khimicheskogo obezzarazhivaniya zerna i semyan [Energy estimation of the new equipment set for convective microwave and low-concentration chemical disinfection of grain and seeds]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Machinery and equipment for rural areas], 11, 27-31.
- Pakhomov, V. I., & Bukhantsov, K. N. (2011). Realizatsiya tekhnologii kombinirovannoi sushki, obezzarazhivaniya i stimulirovaniya posvnykh svoystv zerna i semyan na baze ustanovki «ELEKTA-1» [Implementation of combined drying, disinfection and stimulation of grain and seeds sowing characteristics technologies on the basis of «ELEKTA-1» unit]. In *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Scientific-technical progress in agricultural production: The International theoretical and practical conference materials] (vol. 1, pp. 196-207). Minsk: RUP NPTs NAN Belarusi po mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva.
- Pakhomov, V. I., Gazalov, V. S., & Bukhantsov, K. N. (2019). Regressionnaya matematicheskaya model' dvukhetapnoi kombinirovannoi elektrotekhnologii vysokotemperaturnoi konvektivnoi sushki i ozonovozdushnoi obrabotki zerna [A regression mathematical model of two-stage combined high-temperature convective dryer, using electrical technology, and ozone-air grain treatment]. *Traktory i sel'khoz mashiny* [Tractors and agricultural machines], 1, 81-95. <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2019-1-81-95>
- Pakhomov, V. I., Maksimenko, V. A., & Bukhantsov, K. N. (2013). Energoberegayushchaya tekhnologiya vysokotemperaturnoi konvektivnoi su-

- shki i ozonovozdushnoi obrabotki zerna [The energy-efficient technics of high-temperature convective dryer and ozone-air crop treatment]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 5, 19-25.
- Pakhomov, V. I., Pakhomov, A. I., & Maksimenko, V. A. (2015). Novaya tekhnologiya obezzarazhivaniya zerna s primeneniem SVCh-energii [A new technique of grain disinfection with SHF energy]. *Khleboprodukty* [Bread produce], 9, 63-65.
- Syusyura, N. A. (2003). Obosnovanie parametrov elektroaktivirovannogo rastvora i rezhimov raboty bezdiaphragmennogo elektroaktivatora v tekhnologii predposevnoi obrabotki semyan zernovykh kul'tur (Avtoreferat diss. ... kand. tekhn. nauk) [The validation of electroactivated solution parameters and diaphragmless electro activator's operating regime in the technology of grain seeds preplant treatment (Abstract of PhD)]. Zernograd: AChGAA.
- Trisvyatskii, L. A. (1986). *Khranenie zerna* [Grain storage] (5th ed.). Moscow: Agropromizdat.
- Tsuglenok, N. V., Tsuglenok, G. I., & Shakhmatov S.N. (1989). Intensifikatsiya teplovykh protsessov podgotovki semyan k posevu energiei VCh i SVCh [Intensification of heat processes of seeds preparation for sowing with HF and SHF]. Moscow: VO Agropromizdat.
- Baskakov, I. V., Orobinsky, V. I., Gulevsky, V. A., Gievsky, A. M., & Chernyshov, A. V. (2020). Influence of ozonation in seed storage on corn grain yield and its quality. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness (TSIA-2019)* (vol. 488, 012007). Bristol, UK: IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/488/1/012007>
- Chervyakov, A. V., Kurzenkov, S. V., Tsirkunov, A. S., & Krupenin, P. Yu. (2008). Eksperimental'noe issledovanie raspredeleniya temperaturnogo polya v zernovom materiale pri obrabotke SVCh-polem [Experimental study of temperature field's distribution in grain material at SHF field treatment]. In *Innovatsionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva v polevodstve yuga Rossii: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Innovatsionnye tekhnologii dlya APK Rossii»* [Innovation techniques and technical means in field husbandry of Russia's South: Collected scientific papers of The International theoretical and practical conference «Innovation techniques for the AIC of Russia»] (pp. 262-272). Zernograd: VNIPTIMESKh.
- Cwiklinski, M., von Hörsten, D., Lücke, W., & Wolf, G. (2001). Alternativen zur chemischen Beizung. Saatgutbehandlung mit Mikrowellen- und Hochfrequenzenergie. *Landtechnik*, 56(1), 28-29. <https://doi.org/10.1515/lt.2001.1697>
- Raila, A., Lugauskas, A., Steponavicius, D., Railiene, M., Steponaviciene, A., & Zvicevicius, E. (2006). Application of ozone for reduction of mycological infection in wheat grain. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 13(2), 287-294.
- Savi, G. D., Piacentini, K. C., Bittencourt, K. O., & Scussel, V. M. (2014). Ozone treatment efficiency on fusarium graminearum and deoxynivalenol degradation and its effects on whole wheat grains (*Triticum Aestivum* L.) quality and germination.

Использование информационных технологий для оптимального проектирования экструзионной техники при обработке семян рапса

Зубкова Татьяна Михайловна

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

Адрес: 460018, г. Оренбург, проспект Победы, д. 13

E-mail: bars87@mail.ru

Токарева Марина Афанасьевна

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

Адрес: 460018, г. Оренбург, проспект Победы, д. 13

E-mail: tokareva@mail.osu.ru

Описано преимущество использования экструзии для технологического процесса получения рапсового масла и жмыха с учетом требований к качеству. Приведена математическая модель процесса экструдирования с оттоком жидкой фазы. Представлены теоретические и практические исследования шнеков экструдера с различными геометрическими размерами. Приведенные результаты исследования проб образцов полученного нерафинированного рапсового масла показывают возможность его использования как качественного сырья для производства биодизельного топлива. С другой стороны, включение в рацион кормления сельскохозяйственных животных экструдированного рапса позволяет решить проблему низкой продуктивности сельскохозяйственных животных из-за неполноценного кормления по белку и аминокислотам, так как жмых является эффективным источником энергии, аминокислот и минеральных веществ. Таким образом, экструзия является фактически идеальным безотходным технологическим процессом. Представлены результаты вычислительного эксперимента для получения технико-экономических параметров процесса экструдирования по определенным значениям конструктивных, геометрических и реологических параметров малогабаритного пресс-экструдера ПЭШ-30/4. Описан процесс оптимизации шнека экструдера по методу рабочих характеристик. На основании построенных зависимостей мощности от производительности и относительной производительности по маслу от производительности экструдера, зависимости КПД от производительности построены оптимальные области при изменении шага, высоты и толщины лопастей шнека. Эти области позволили обоснованно выбрать геометрические размеры и диапазон скорости вращения шнека для обеспечения максимального КПД работы одношнекового экструдера с учетом требований к готовой продукции. Использование разработанного программного обеспечения позволяет рассчитывать технико-экономические параметры процесса и проводить оптимизацию рабочих органов экструдера в целях повышения эффективности технологического оборудования.

Ключевые слова: экструзия, одношнековый экструдер, вычислительный эксперимент, оптимизация геометрических параметров; высота, толщина, шаг лопасти шнека

Введение

В последнее время возрос интерес к получению источников энергии из растительного сырья. Рапсовое масло можно использовать как альтернативу дизельному топливу и смазочным материалам, так как оно оптимально по доступности и стоимости (Марченко & Семенов, 2001). Жмых, который получается в результате экструдирования, используется в животноводстве для кормления сельскохозяйственных животных и птицы (Лисицын, Быкова, Давиденко, & Минасян, 2007).

Современное шнековое экструзионное оборудование позволяют перерабатывать в большом ассортименте сырье растительного происхождения, как без оттока, так и с оттоком жидкой фазы (Мартинова, 2016).

Применение экструзионной техники позволяет осуществлять безотходный технологический процесс по производству сырья для биотоплива и кормовых добавок для животных и птицы (Пристач, Н. В. & Пристач, Л. Н., 2017; Останин, 2014; Бузоверов, 2019; Горб, 2019).

где I – число всех секций в шнековом механизме; k_1, k_i – коэффициенты оттока жидкой фазы, $m = 1/n$; E_i – коэффициент, учитывающий реологические свойства материала, геометрические размеры компрессионного затвора и характер движения материала в компрессионном затворе, а также потери на местные сопротивления [$\text{м}^3 / (\text{с} \cdot \text{Па}^m)$]; σ, σ_1 – напряжения в прессуемом материале соответственно в матрице и в первой секции [Па]; H – для цилиндрических каналов фильер зависит от геометрических размеров и реологических свойств материала в фильере [$\text{м}^3 / (\text{с} \cdot \text{Па}^m)$]; k_ϕ – число фильер

в матрице; A_i – коэффициент, учитывающий реологические свойства материала, геометрические размеры канала шнека, характер движения, отклонения формы канала шнека от прямоугольной, а также геометрические размеры полости утечек и характер движения материала в полости утечек [$\text{м}^3 / (\text{с} \cdot \text{Па}^m)$]; B_i – коэффициент, определяющий максимально возможный расход в канале с учетом его геометрических размеров, отклонение формы канала шнека от прямоугольной, искажение формы канала [$\text{м}^3 / \text{с}$]; $\sigma_{2i-1}, \sigma_{2i}$ – нормальные напряжения в прессуемом материале в соответствующих секциях [Па].

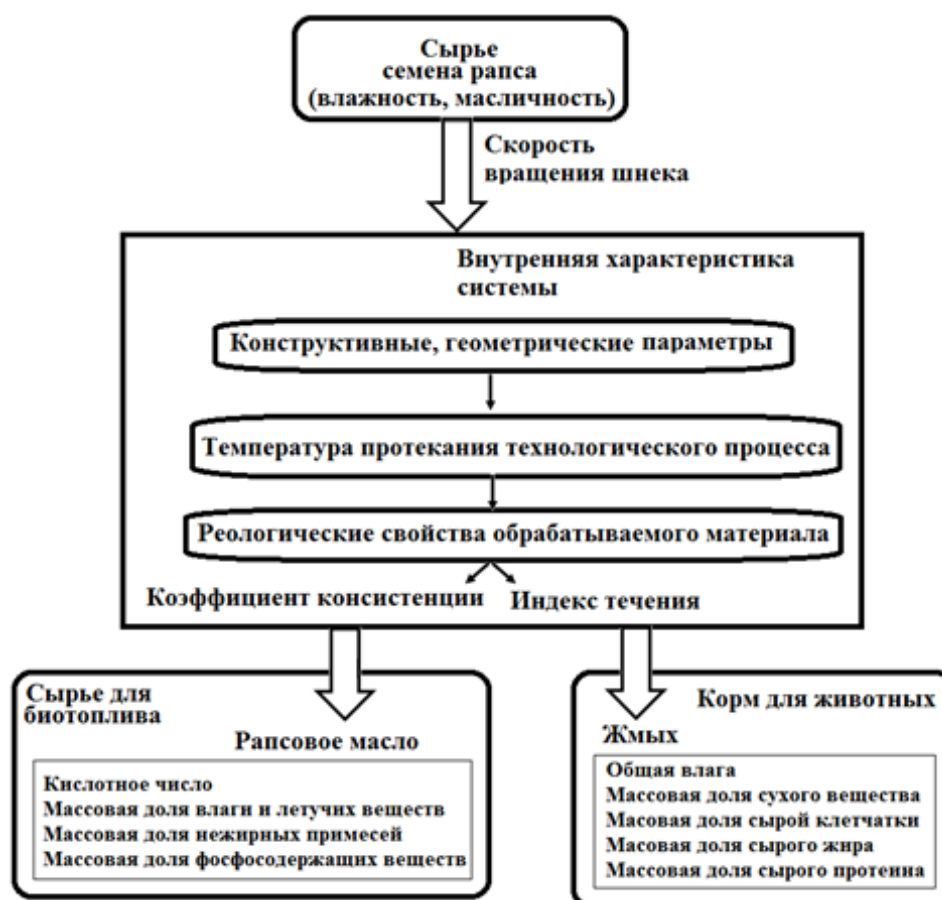


Рисунок 1. Формирование математической модели на основе системного подхода

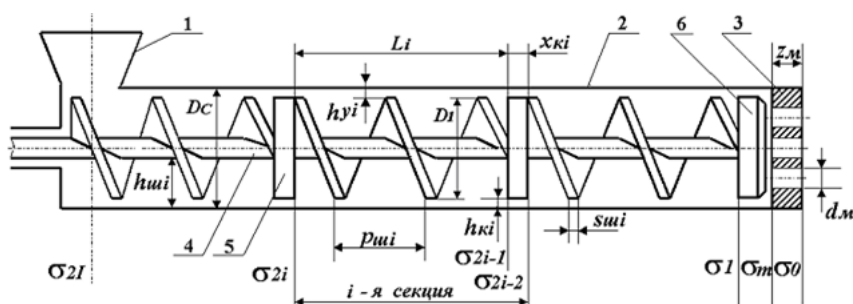


Рисунок 2. Схема прессующего механизма: 1 – загрузочное устройство; 2 – шнековый цилиндр; 3 – матрица; 4 – шнек; 5 – компрессионный затвор; 6 – головка экструдера

Определенные в результате решения системы уравнений напряжения в прессуемом материале $\sigma_b, \sigma_1, \sigma_i$ позволяют рассчитать производительность экструдера по жмыху и по маслу, мощность, силу, действующую на рабочие органы, кпд.

Мощность шнекового прессующего механизма N составлена из мощностей прессования материала в каждой секции N_i , то есть

$$N = \sum_{i=1}^I N_i = N_{ui} + N_{yi} + N_{ki},$$

где N_{ui}, N_{yb}, N_{ki} – соответственно мощности в канале шнека, в зазоре утечек и в компрессионном зазоре i – ой секции прессующего механизма.

Коэффициент полезного действия вычисляется по формуле:

$$\eta = \frac{Q_m}{N} \sum_{i=1}^I \frac{\sigma_{2i-1} + \sigma_{2i-2}}{2},$$

где Q_i – производительность шнекового экструдера, кг/ч; N – мощность, кВт.

Методика экспериментального исследования

При извлечении масла с помощью экструдера механические усилия разрушают клеточную структуру, масло вытекает, не проходя через капиллярно-пористую среду, что предохраняет его от окисления кислородом воздуха.

Экспериментальные исследования проводились на шнеках с различными геометрическими размерами (Таблица 1).

Таблица 1
Геометрические параметры шнека

№ шнека	$h_{\phi, м}$	$s_{\phi, м}$	$P_{\phi, м}$
1	0,0110	0,0031	0,031
2	0,0119	0,0071	0,0349
3	0,0129	0,0089	0,039
4	0,0139	0,0109	0,0469

Качество масла оценивается по нескольким параметрам. При распаде жира в процессе хранения

продукта, могут появляться жирные кислоты, содержание которых оценивается кислотным числом. В рапсовом масле необходимо осуществлять контроль содержания воды, наличие которой способствует развитию микроорганизмов, и образованию коррозии на металлических поверхностях. Сырые нерафинированные масла, получаемые экструзионным способом, могут содержать механические нежировые примеси (частицы мезги, обрывки клеточных стенок и др.). Исследование рапсового масла проводили по ГОСТ 31759-2012¹. Исследование рапсового жмыха проводили по ГОСТ 11048-95².

Наличие фосфорсодержащих веществ в рапсовом масле характеризует присутствие фосфатидов. Эти вещества обладают антиокислительной активностью. Фосфатиды гигроскопичны, поглощая воду, набухают с образованием коллоидных растворов. Последующая коагуляция их из коллоидных растворов является причиной образования в масле растительного осадка.

Влияние температуры в процессе экструдирования объединяется с эффектом резкого перепада давления во время выбрасывания продукта из экструдера. При нормальном уровне теплового воздействия – 55–89 °С в конце процесса на протяжении 3–4 с (продолжительность всего процесса не более 30 с), происходит равномерная денатурация нативного белка, при этом не разрушаются первичные соединения аминокислот, что обеспечивает выпаривание нежелательной воды и образование незначительного осадка фосфатидов, а также сбережение питательной ценности рапсового масла.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования приведены в Таблице 2.

По результатам исследования получения рапсового масла методом экструдирования можно рекомендовать полученные образцы для технических целей. Исключением является технологический процесс при скорости вращения шнеков 23 рад/с, в этом случае массовая доля нежировых примесей превышает допустимые значения. Таким образом, рапсовое масло можно использовать в качестве сырья для производства биодизельного топлива.

Недостаточное количество в кормах белка и аминокислот зачастую обуславливает низкую продук-

¹ ГОСТ 31759-2012 (2014). Масло рапсовое. Технические условия. М.: Стандартинформ.

² ГОСТ 11048-95 (2002). Жмых рапсовый. Технические условия. М.: Стандартинформ.

Таблица 2
Результаты исследования рапсового масла

Наименование показателей	ГОСТ 31759-2012	Номер шнека	Скорость вращения шнека, рад/с			
	марка Т		10	13	15	23
1. Кислотное число, мг КОН/г, не более	6,0	1	1,50	1,55	1,55	1,61
		2	2,37	2,46	2,23	2,78
		3	2,62	2,25	2,55	2,48
		4	1,94	2,08	1,98	2,35
2. Перекисное число, моль активного кислорода/кг	не определяется	1	1,50	1,52	1,51	1,51
		2	1,51	1,51	1,52	1,53
		3	1,51	1,51	1,51	1,51
		4	1,51	1,50	1,51	1,50
3. Массовая доля влаги и летучих веществ %, не более	0,25	1	0,10	0,22	0,22	0,22
		2	0,15	0,31	0,18	0,10
		3	0,20	0,20	0,46	0,16
		4	0,10	0,24	0,23	0,21
4. Массовая доля нежировых примесей %, не более	0,20	1	0,11	0,15	0,20	0,33
		2	0,19	0,11	0,17	0,29
		3	0,13	0,16	0,18	0,23
		4	0,20	0,18	0,18	0,25
5. Массовая доля фосфорсодержащих веществ в пересчете на стеароолеолецитин %, не более	2,0	1	0,25	0,29	0,20	1,04
		2	0,97	0,83	1,12	0,54
		3	1,01	0,72	0,28	1,15
		4	0,36	0,37	0,63	0,92
6. Температура масла, °С	-	1	68,00	65,00	73,00	58,00
		2	73,00	81,00	62,00	54,00
		3	82,00	70,00	88,00	62,00
		4	76,00	68,00	77,00	67,00

тивность сельскохозяйственных животных. Жмых является эффективным источником энергии, аминокислот и минеральных веществ, и его добавление при кормлении животных позволит решить эту проблему.

Рекомендовано, чтобы содержание влаги в рапсовом жмыхе не превышало 10%, в противном случае это может приводить к порче продукта. В рационе кормления сельскохозяйственных животных необходимо сухое вещество, которое представляется белками, углеводами, жирами и минеральными

веществами. Для нормальной работы кишечного тракта животных необходима сырая клетчатка.

Сырой жир включает все растворимые в органических растворителях вещества: жиры, воски, смолы, свободные жирные и смоляные кислоты, эфиры этих кислот, высокомолекулярные спирты, фосфатиды, альдегиды, кетоны и др. Его энергетическая ценность выше в 2–2,5 раза углеводов.

Отличительной особенностью экструдированного продукта является высокий остаток сырого жира

в жмыхе. Рапсовое масло содержит олеиновую кислоту, которая повышает обменную энергию корма. Это позволяет отказаться от дополнительного введения в рацион животных растительных масел.

комбикорме понимают общее количество азотистых соединений корма – белков, аминокислот и амидов. Протеин хорошо усваивается организмом, разлагается на необходимые аминокислоты, в этом его биологическая ценность.

Для полноценного питания животных необходим протеин. Под термином «сырой протеин» в

Результаты исследований образцов жмыха приведены в Таблице 3.

Таблица 3
Результаты исследования рапсового жмыха

Наименование показателей	ГОСТ 11048-95	Номер шнека	Скорость вращения шнека, рад/с			
			10	13	15	23
1. Общая влага %, не более	6,0-9,0	1	6,18	7,25	5,98	4,37
		2	4,23	6,98	6,38	3,92
		3	4,62	6,32	6,16	4,77
		4	5,13	5,90	7,47	3,09
2. Массовая доля сухого вещества, %	91,0-94,0	1	93,82	92,75	94,02	95,63
		2	95,77	93,02	93,62	96,08
		3	95,38	93,68	93,84	95,23
		4	94,87	93,10	92,53	96,91
3. Массовая доля сырой клетчатки, % не более	16,0	1	13,25	12,97	13,90	13,30
		2	16,50	15,61	15,36	14,45
		3	12,80	13,70	14,48	16,32
		4	12,60	16,05	13,70	15,05
4. Массовая доля сырого жира, % не более	39,0	1	38,50	36,41	37,35	21,29
		2	36,20	25,34	28,80	38,62
		3	15,79	34,80	34,20	36,41
		4	24,90	25,70	27,30	38,71
5. Массовая доля сырого протеина, %	37,0	1	39,30	36,50	21,15	35,00
		2	23,14	22,69	21,90	27,00
		3	40,06	36,10	35,40	26,40
		4	23,50	23,60	36,30	27,70
6. Температура жмыха, 0С	-	1	64,00	67,00	82,00	63,00
		2	72,30	73,00	77,00	93,00
		3	61,60	66,00	68,00	88,00
		4	81,00	81,00	62,00	74,00

Результаты анализа опытных образцов показывают, что жмых можно применять при кормлении сельскохозяйственных животных. Некоторые

показателям превышают допустимые значения при скорости вращения шнеков при 10 рад/с и 23 рад/с.

Вычислительные эксперименты

Задав определенные значения конструктивным, геометрическим и реологическим параметрам при расчете с использованием разработанного программного средства, реализующего описанную математическую модель, можно получить технико-экономические параметры процесса.

В качестве исходных данных использовали конструктивные и геометрические параметры малогабаритного пресс-экструдера ПЭШ-30/4: диаметр корпуса $D_c = 0,0552$ м; фильеры матрицы $d_m = 0,01$ м; длина фильеры матрицы $z_m = 0,1$ м; высота компрессионного затвора $h_k = 0,0041$ м; ширина компрессионного затвора $x_k = 0,05$ м; высота зазора утечек $h_y = 0,0005$ м; $p_{ш} = 0,032$; угол подъема винтовой лопасти $\alpha = 13^\circ$; скорость вращения шнека $\omega = 15$ рад/с; число заходов шнека равно 1. Использовали реологические параметры рапса сорта «Ратник» яровой при влажности сырья 7,49 % (ГОСТ 10856-96³) и масличности 42,92 % (ГОСТ 10857-64⁴).

Результаты расчетов основных технико-экономических параметров процесса приведены на Рисунке 3.

При изменении геометрических параметров конструкции, а также скорости протекания технологического процесса технико-экономические параметры меняют свои значения.

Оптимизация шнека экструдера

Конструктивные и геометрические размеры рабочих органов экструдера влияют на качество продукта, а также на энергоемкость технологического процесса.

Так как потребительские свойства рапсового масла и жмыха при скоростях вращения шнека 13 и 15 рад/с удовлетворяют требованиям к производству биотоплива и корма, то векторную оптимизацию рабочих органов можно провести с целью получения максимального значения КПД, так как этот параметр характеризует энергоемкость машины.

Оптимизацию провели по методу рабочих характеристик.

Множество параметров $M_i, j \in [1, \dots, n]$ (множество качеств и свойств технологического объекта) может быть представлено в виде:

$$M_i = M_i(G_1, G_2, \dots, G_n),$$

где $G_1, G_2, \dots, G_n$ – геометрические, конструктивные, кинематические и другие параметры.

Программное средство предоставляет результаты оптимизации с учетом ограничений выбранных параметров.

Для проведения вычислительных экспериментов были использованы геометрические параметры малогабаритного пресс-экструдера ПЭШ-30/4 (описано выше), модернизированного для получения растительного масла и жмыха, использовали реологические параметры рапса сорта «Ратник».

Вычислительные эксперименты проводились при скоростях вращения шнека: 10, 13, 15, 20, 23 рад/с.

Были введены следующие ограничения – мощность $N < 5$ кВт, производительность $Q > 25$ кг/ч, КПД $> 2,5$, относительная производительность по маслу $k > 0,3$.

Приняли толщину лопасти шнека $s_{ш} = 0,008$ м, высоту лопасти $h_{ш} = 0,012$ м, варьировали шагом $p_{ш}$: 0,03; 0,035; 0,04; 0,045 в м.

Эксплуатация разработанного программного средства показана на Рисунке 4. Полученные расчетные значения приведены в Таблице 4.

На Рисунках 5 и 6 показаны зависимости мощности от производительности и относительной производительности по маслу от производительности экструдера. Вертикальными и горизонтальными линиями показаны установленные ограничения.

На Рисунке 7 показана зависимость КПД от производительности и оптимальная область с учетом заданных ограничений (на дисплее графики изображены разными цветами 0,03 м – зеленый цвет, 0,035 – черный, 0,04 – розовый, 0,045 – желтый).

Согласно заданным ограничениям не проходит конструкция с шагом $p_{ш} = 0,45$, остальные удовлетворяют заданному условию.

Из оптимальной области видно, что максимальные значения КПД принимает при $p_{ш} = 0,035$ м при скоростях вращения шнека от 13 до 20 рад/с.

³ ГОСТ 10856-96 (2010). Семена масличные. Метод определения влажности. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ 10857-64 (2010). Семена масличные. Метод определения масличности. М.: Стандартинформ.

Таблица 4
Расчетные технико-экономические параметры

Наименование	Значения				
Шаг винтовой лопасти шнека	0,03 м				
Скорость вращения шнека, рад/с	10	13	15	20	23
Производительность экструдера в кг/ч	20,67	26,08	30,64	39,62	43,98
Кпд прессующего механизма в %	2,73	2,75	2,77	2,78	2,80
Мощность, кВт	2,10	2,59	3,90	5,00	5,65
Относительная производительность по маслу	0,27	0,47	0,5	0,5	0,49
Шаг винтовой лопасти шнека	0,035 м				
Производительность экструдера в кг/ч	21,42	27,69	31,54	42,34	47,83
Кпд прессующего механизма в %	2,82	2,85	2,89	2,95	2,97
Мощность, кВт	1,9	2,54	3,60	4,90	5,20
Относительная производительность по маслу	0,31	0,45	0,55	0,54	0,53
Шаг винтовой лопасти шнека	0,04 м				
Производительность экструдера в кг/ч	21,87	28,34	32,43	43,03	46,77
Кпд прессующего механизма в %	2,63	2,67	2,68	2,69	2,70
Мощность, кВт	2,43	3,50	4,56	5,78	6,2
Относительная производительность по маслу	0,31	0,45	0,5	0,49	0,48
Шаг винтовой лопасти шнека	0,045 м				
Производительность экструдера в кг/ч	21,28	27,76	32,04	41,54	43,80
Кпд прессующего механизма в %	2,43	2,46	2,47	2,48	2,49
Мощность, кВт	2,50	3,95	4,86	6,10	6,50
Относительная производительность по маслу	0,15	0,39	0,41	0,4	0,39

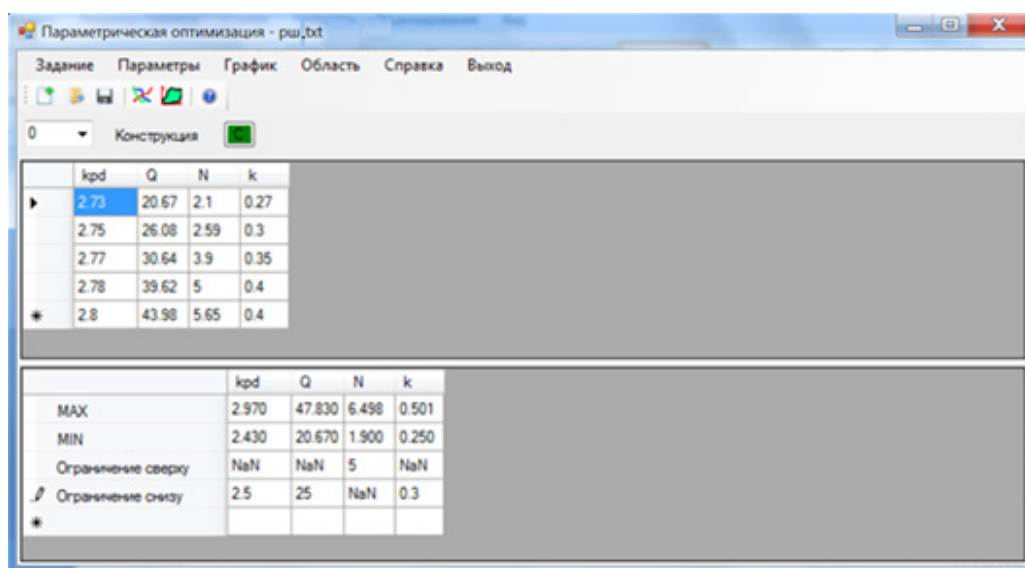
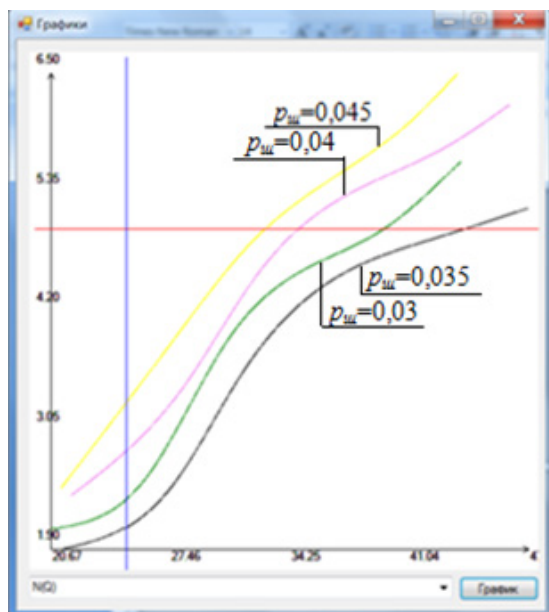
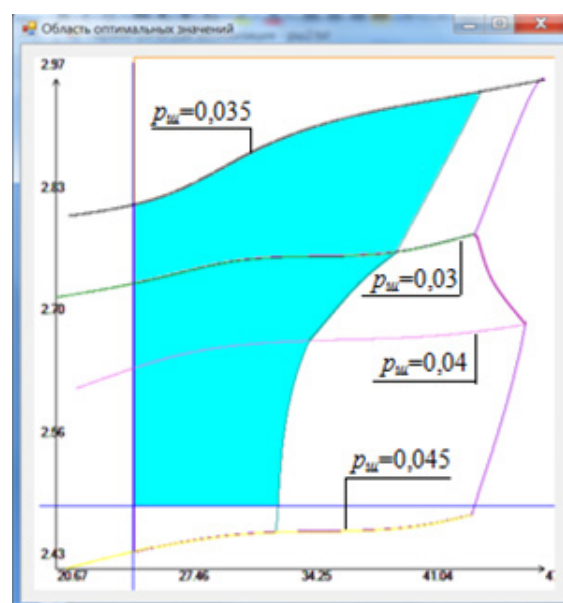
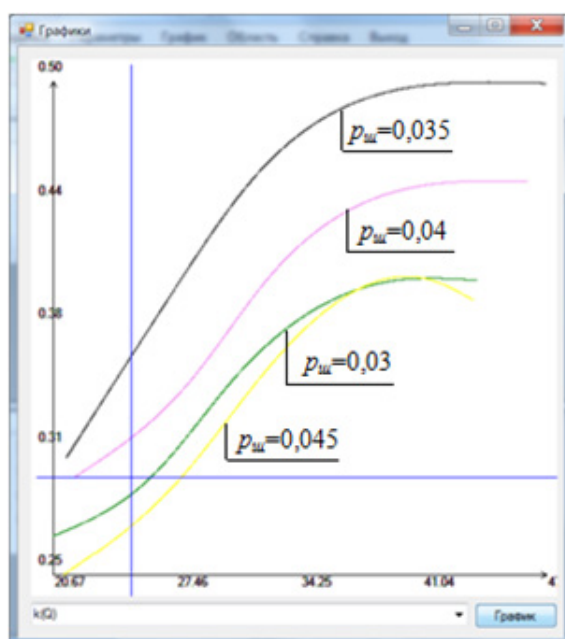


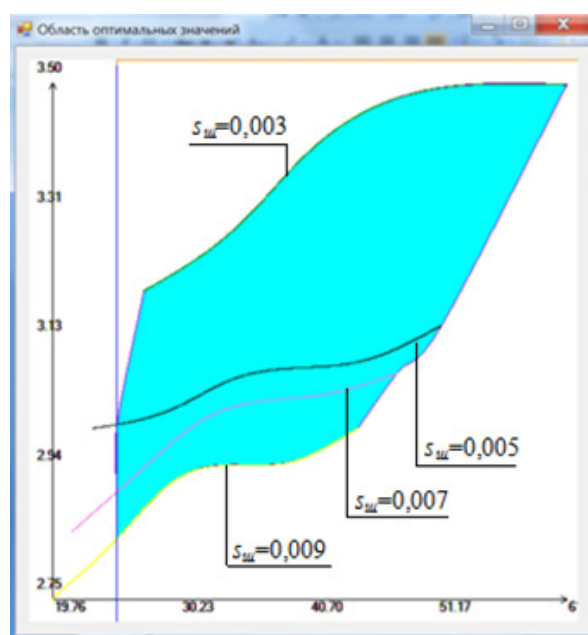
Рисунок 4. Оптимизация шнека по величине шага


 Рисунок 5. Зависимость $N = f(Q)$

 Рисунок 7. Зависимость $\text{кпд} = f(Q)$. Оптимальная область при изменении шага лопастей шнека $p_{\text{ш}}$

 Рисунок 6. Зависимость $k = f(Q)$

Приняв шаг равным 0,035 м, варьируем толщиной лопасти шнека $s_{\text{ш}}$: 0,003; 0,005; 0,007; 0,009 в м.

Проведя вычислительный эксперимент, получили технико-экономические результаты. Графическая интерпретация результатов аналогична рисункам 5, 6.

На рисунке 8 показана зависимость кпд от производительности и оптимальная область с учетом заданных ограничений.


 Рисунок 8. Зависимость $\text{кпд} = f(Q)$. Оптимальная область при изменении толщины лопасти шнека $s_{\text{ш}}$

Все конструкции удовлетворяют заданным ограничениям. По результатам оптимизации видно, что максимальные значения кпд принимает при $s_{\text{ш}} = 0,003$ м.

Приняв $p_{\text{ш}} = 0,035$ м и $s_{\text{ш}} = 0,003$ м, будем изменять высоту лопасти шнека $h_{\text{ш}}$: 0,01; 0,011; 0,012; 0,013 в м. Проведя вычислительный эксперимент, получили зависимости мощности от производительности,

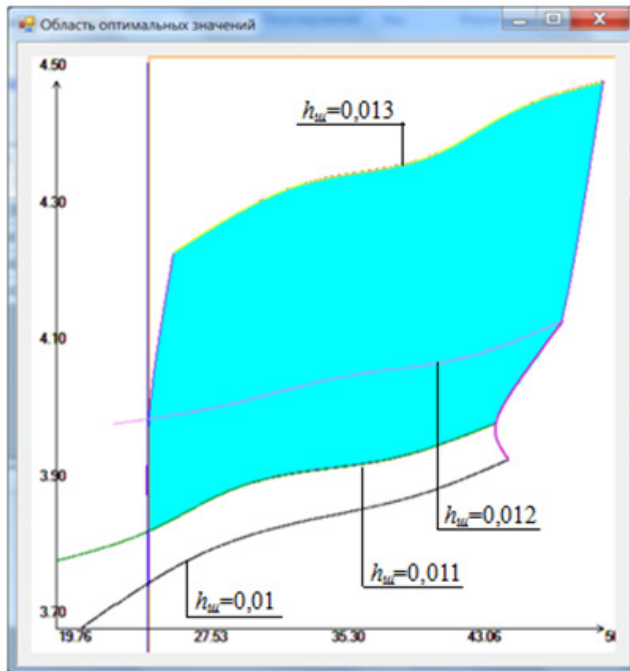


Рисунок 9. Зависимость $\eta = f(Q)$. Оптимальная область при изменении высоты лопасти шнека $h_{ш}$

относительной производительности по маслу от производительности экструдера (графическая интерпретация результатов аналогична рисункам 5, 6); η от производительности и оптимальную область с учетом заданных ограничений (Рисунок 9).

По результатам оптимизации не удовлетворяет заданным ограничениям конструкция с высотой лопасти шнека равной $h_{ш} = 0,01$. Максимальные значения η принимает при $h_{ш} = 0,013$ м при всех скоростях вращения шнека.

Таким образом, по результатам оптимизации целесообразно использовать:

- шнек с размерами шага $r_{ш} = 0,035$ м; толщину лопасти $s_{ш} = 0,003$ м, высоту лопасти $h_{ш} = 0,013$ м;
- скорость вращения шнека устанавливать в диапазоне от 13 до 20 рад/с, так как эти значения удовлетворяют все требования к производству рапсового масла в качестве сырья для биотоплива и жмыха для кормления сельскохозяйственных животных.

Выводы

Перспективным аспектом развития современного мирового топливно-энергетического производства является получение источников энергии из растительного сырья.

Поиск новых источников энергии обусловлен рядом причин: ограниченность запасов природно-ископаемых источников энергии; желание стран снизить национальную, экономическую, энергетическую зависимость, связанную с поставками энергоресурсов; стремление улучшить экологическую ситуацию.

Благодаря селекции и культивированию, рапс является ценной и перспективной культурой в общемировом производстве растительных масел.

Рапсовый жмых является высокоэнергетической протеиновой добавкой, сбалансированной по аминокислотному составу.

Экструдирование рапса обеспечивает безотходный технологический процесс.

Использование разработанного программного обеспечения позволяет рассчитывать технико-экономические параметры процесса и проводить оптимизацию рабочих органов экструдера. Таким образом, использование информационных технологий повышает эффективность технологического оборудования и качество выпускаемой продукции.

Литература

- Албин, Д., Майо, К., & Бузман, Д. (2019). Экструдирование кукурузы и использование ее в рационах молочных коров. *Комбикорма*, 7-8, 28-29.
- Алексеев, В., & Аксенова, О. И. (2015). Корректирование расчетов оборудования для снижения его энергоемкости на базе моделирования технологического процесса экструдирования. *Техника машиностроения*, 22(3), 27-37.
- Алтайгулы, С., Шаймерденов, Ж., & Королькова, Н. В. (2016). Инновационная технология производства льняного масла двукратным прессованием семян льна с экструдированием. *Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции*, 2, 28-30.
- Артемов, Р. В., Арнаут, М. В., Бочкарев, А. И., Баскакова, Ю. А., Артемов, А. В., Кокшаров, А. Е., & Биндюков, С. В. (2019). Обоснование рациональных параметров экструдирования растительных компонентов на оборудовании малой мощности для получения комбикормов для аквакультуры. *Труды ВНИРО*, 176, 182-192.
- Бакуменко, О. Е., Алексеенко, Е. В., & Рубан, Н. В. (2019). Возможности использования сублимированных растительных порошков при производстве зерновых экструдированных продуктов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 1, 116-127.

- Бессонова, М. П., Пономарева, М. А., & Якутен-ок, В. А. (2017). Расчет течения степенной жидкости в одношнековом экструдере. *Вестник Томского государственного университета. Математика и механика*, 49, 81-104. <https://doi.org/10.17223/19988621/49/8>
- Брагинец, С. В., Бахчевников, О. Н., & Алферов, А. С. (2018). Экструдирование смеси зерновых и зеленых кормов. *Сельский механизатор*, 2, 28-29.
- Бузоверов, С. Ю. (2019). Использование процесса экструдирования для повышения качества зерновых продуктов. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 8, 9-12.
- Василенко, В. Н., Фролова, Л. Н., Дерканосова, А. А., Михайлова, Н. А., Щепкина, А. А., & Давыдов, А. М. (2018). Математическое обеспечение процесса экструдирования аномально-вязких сред методами планирования эксперимента. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 80(3), 37-42. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-37-42>
- Горб, С. С. (2019). Технологический процесс экструдирования и анализ современных конструкций пресс-экструдеров для приготовления концентрированных кормов в животноводстве. *Научная жизнь*, 2, 98-103.
- Гукасян, А. В., Кошевой, Е. П., Косачев, В. С., Схалыхов, А. А., & Меретуков, З. А. (2019). Моделирование реологических зависимостей процесса экструдирования масличного материала. *Новые технологии*, 3, 41-50. <https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10304>
- Гукасян, А. В., Сошников, В. К., Михайлов, Е. А., & Яворская, А. В. (2019). Модель кинетики отжима при экструдировании масличных материалов // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*, 1, 65-69.
- Заруба, А. С., Мустафаев, С. К., Калиенко, Е. А., & Андржайчак, А. А. (2015). Изучение качества льняных масла и жмыха, полученных по новой технологии двукратного прессования семян льна с экструдированием. *Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ»*, 2, 69-78.
- Зубкова, Т. М., & Колобов, А. Н. (2015а). Влияние экструдирования семян рапса на качество готовой продукции. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*, 5, 11-14.
- Зубкова, Т. М., & Колобов, А. Н. (2015б). Использование программного обеспечения для определения и прогнозирования показателей качества экструдированной продукции. *Программные продукты и системы*, 3, 123-129. <https://doi.org/10.15827/0236-235X.111.123-128>
- Зубкова, Т. М., Ишакова, Е. Н., & Токарева, М. А. (2014). Разработка программного обеспечения визуализации процедуры многомерной оптимизации функциональных показателей технологического процесса. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики СПбГУ ИТМО*, 3, 156-162.
- Исмагилов, Р. Р., & Малютин, К. В. (2018). Вязкость водного экстракта и содержание питательных веществ в зерне озимой ржи при экструдировании. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 5, 74-77.
- Кальницкая, О. И., Карелина, Е. А., Семенов, Г. В., Бабин, Ю. В., Тагиров, А. М., & Михайлов, И. В. (2013). Оценка качества и безопасности белкового гидролизата как основы для получения экструдированных продуктов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 1, 38-40.
- Кононенко, С. И. (2017). Экструдирование кормов - путь к увеличению рентабельности животноводства. *Эффективное животноводство*, 1, 32-33.
- Корякина, М. А. (2011а). Оптимизация параметров шнека экструдера для получения рапсового масла. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 3, 71-74.
- Корякина, М. А. (2011б). *Повышение эффективности работы одношнекового экструдера на основе структурно-параметрического синтеза для прессования семян рапса* (Дисс. канд. техн. наук). Оренбург: ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет».
- Лисицын, А. Н., Быкова, С. Ф., Давиденко, Е. К., & Минасян, Н. М. (2007). Биологические особенности сортов рапса и физиологические ценности жмыхов и шротов. *Масложировая промышленность*, 6, 18-20.
- Лисицын, А. Н., Григорьева, В. Н., & Смирнова, Е. Е. (2000). Возможные пути использования семян рапса. *Масложировая промышленность*, 4, 14-15.
- Мартынова, Д. В. (2016). Оптимизация процесса экструдирования белково-клетчатко-крахмалосодержащего сырья. *Интеллект. Инновации. Инвестиции*, 3, 151-156.
- Марченко, А. П., & Семенов, В. Г. Альтернативное биотопливо на основе производных рапсового масла. *Химия и технология топлив и масел*, 3, 31-32.
- Никитина, В. Ю. (2016). Экструдирование соевых бобов. *Новая наука: Проблемы и перспективы*, 6-2, 209-211.
- Никонов, О. И., & Бегдан, Н. В. (2017). Двухстадийное экстрагирование в технологических схемах переработки масличного сырья. *Альманах мировой науки*, 1-1, 62-65.
- Останин, Л. М. (2014). Рапсовое масло – сырье для производства биотоплива. *Вестник Казанского технологического университета*, 17(2), 227-228.

- Пахомов, В. И., Брагинец, С. В., Алферов, А. С., Гайдаш, М. В., & Степанова, Ю. В. (2016). Исследования процесса экструдирования смеси зерновых концентратов с измельченной зеленой массой бобовых трав. *Вестник Донского государственного технического университета*, 16(2), 154-159. <https://doi.org/10.12737/19684>
- Пахомов, В. И., Брагинец, С. В., Бахчевников, О. Н., Алферов, А. С., & Степанова, Ю. В. (2017). Результаты экспериментальных исследований процесса совместного экструдирования фуражного зерна и зеленой массы люцерны. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 9, 45-48.
- Пономарева, М. А., Филина, М. П., & Якутенок, В. А. (2016). Циркуляционное течение высоковязкой неньютоновской жидкости в канале одношнекового экструдера. *Вестник Томского государственного университета. Математика и механика*, 2, 97-107. <https://doi.org/10.17223/19988621/40/10>
- Пристач, Н. В., & Пристач, Л. Н. (2017). Жмых рапсовый в кормлении скота. *Сельскохозяйственные вести*, 1, 8-9.

The Use of The Information Technology for the Optimal Design of Extrusion Technology in the Processing of Rapeseeds

Tatyana M. Zubkova

Orenburg State University

13, Avenue Pobeda, Orenburg, 460018, Russian Federation

E-mail: bars87@mail.ru

Marina A. Tokareva

Orenburg State University

13, Avenue Pobeda, Orenburg, 460018, Russian Federation

E-mail: tokareva@mail.osu.ru

The article describes the advantage of extrusion using for the technological process of high-quality rapeseed oil and oilcake. Mathematical modeling of the technological process with the outflow of the liquid phase has been considered. Theoretical and practical studies of extruder screws with various geometrical dimensions have been presented. The results of the study of the obtained unrefined rapeseed oil samples show the possibility of its use as a quality raw material for the production of biodiesel fuel. On the other hand, the extruded rapeseed in the diet of farm animal helps to solve the problem of low productivity of farm animals due to inadequate feeding in protein and amino acids, since oilcake is an effective source of energy, amino acids and minerals. The results of the computational experiment to obtain the technical and economical parameters of the extrusion process according to certain values of the design, geometric and rheological parameters of the small-sized press-extruder PESH-30/4 have been presented. The process of optimization of the extruder screw according to the performance method has been described. On the basis of the constructed dependences of power on productivity and relative productivity, the optimal regions were constructed when changing the pitch, thickness and height of the screw blades. These areas made it possible to reasonably select the geometrical dimensions and the range of the screw rotation speed to ensure the maximum efficiency of the single-screw extruder operation at high quality indicators of rapeseed oil for biofuel and oilcake for feeding farm animals. Thus, the extrusion is virtually an ideal waste-free process. The use of the developed software makes it possible to calculate the technical and economic parameters of the process and to optimize the working bodies of the extruder in order to increase the efficiency of the technological equipment.

Keywords: extrusion, single-screw extruder, mathematical modeling, computational experiment, optimization of the geometric parameters of the screw. height, thickness, pitch of the auger blade

References

- Albin, D., Maio, K., & Buzman, D. (2019). Ekstrudirovanie kukuruzy i ispol'zovanie ee v ratsionakh molochnykh korov [Extrusion of corn and its use in the diets of dairy cows]. *Kombikorma [Compound feed]*, 7-8, 28-29.
- Alekseev, V., & Aksenova, O. I. (2015). Korrektirovanie raschetov oborudovaniya dlya snizheniya ego energoemkosti na baze modelirovaniya tekhnologicheskogo protsessa ekstrudirovaniya [Correction of calculations of equipment to reduce its energy consumption on the basis of modeling the technological process of extrusion]. *Tekhnika mashinostroeniya [Engineering]*, 22(3), 27-37.
- Altaiuly, S., Shaimerdenov, Zh., & Korol'kova, N. V. (2016). Innovatsionnaya tekhnologiya proizvodstva l'nyanogo masla dvukratnym pressovaniyam semyan l'na s ekstrudirovaniem [Innovative technology for the production of flaxseed oil by double pressing of flax seeds with extrusion]. *Tekhnologii i tovarovedenie sel'skokhozyaistvennoi produktsii [Technologies and commodity science of agricultural products]*, 2, 28-30.
- Artemov, R. V., Arnautov, M. V., Bochkarev, A. I., Baskakova, Yu. A., Artemov, A. V., Koksharov, A. E., & Bindyukov, S. V. (2019). Obosnovanie ratsional'nykh parametrov ekstrudirovaniya rastitel'nykh komponentov na oborudovanii maloi moshchnosti dlya polucheniya kombikormov dlya ak-

- vakul'tury [Substantiation of rational parameters of extrusion of plant components on low-power equipment for obtaining compound feed for aquaculture]. *Trudy VNIRO [Proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography]*, 176, 182-192.
- Bakumenko, O. E., Alekseenko, E. V., & Ruban, N. V. (2019). Vozmozhnosti ispol'zovaniya sublimirovannykh rastitel'nykh poroshkov pri proizvodstve zernovykh ekstrudirovannykh produktov [Possibilities of using freeze-dried plant powders in the production of grain extruded products]. *Khramenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of Farm Products]*, 1, 116-127.
- Bessonova, M. P., Ponomareva, M. A., & Yakutenok, V. A. (2017). Raschet techeniya stepennoi zhidkosti v odnoshnekovom ekstrudere [Calculation of the flow of a power-law fluid in a single-screw extruder]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika [Bulletin of the Tomsk State University. Mathematics and Mechanics]*, 49, 81-104. <https://doi.org/10.17223/19988621/49/8>
- Braginets, S. V., Bakhchevnikov, O. N., & Alferov, A. S. (2018). Ekstrudirovanie smesi zernovykh i zelenykh kormov [Extruding a mixture of grain and green fodder]. *Sel'skii mekhanizator [Rural mechanic]*, 2, 28-29.
- Buzoverov, S. Yu. (2019). Ispol'zovanie protsesa ekstrudirovaniya dlya povysheniya kachestva zernovykh produktov [Using the extrusion process to improve the quality of grain products]. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk [International Journal of Humanities and Natural Sciences]*, 8, 9-12.
- Gorb, S. S. (2019). Tekhnologicheskii protsess ekstrudirovaniya i analiz sovremennykh konstrukt-sii press-ekstruderov dlya prigotovleniya kontsentririrovannykh kormov v zhivotnovodstve [Technological process of extrusion and analysis of modern designs of press-extruders for the preparation of concentrated feed in animal husbandry]. *Nauchnaya zhizn' [Scientific life]*, 2, 98-103.
- Gukasyan, A. V., Koshevoi, E. P., Kosachev, V. S., Skhalyakhov, A. A., & Meretukov, Z. A. (2019). Modelirovanie reologicheskikh zavisimostei protsesa ekstrudirovaniya maslichnogo materiala [Modeling of rheological dependencies of the process of extruding oilseed material]. *Novye tekhnologii [New technologies]*, 3, 41-50. <https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10304>
- Gukasyan, A. V., Soshnikov, V. K., Mikhailov, E. A., & Yavorskaya, A. V. (2019). Model' kinetiki otzhi-ma pri ekstrudirovanii maslichnykh materialov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii [Model extraction kinetics by extruding oleaginous materials]. *Pishchevaya tekhnologiya [Proceedings of the higher educational institutions. Food technology]*, 1, 65-69.
- Ismagilov, R. R., & Malyutina, K. V. (2018). Vyazkost' vodnogo ekstrakta i sodержание pitatel'nykh veshchestv v zerne ozimoi rzhi pri ekstrudirovanii [The viscosity of the aqueous extract and the content of nutrients in the grain of winter rye during extrusion]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State Agrarian University]*, 5, 74-77.
- Kal'nitskaya, O. I., Karelina, E. A., Semenov, G. V., Babin, Yu. V., Tagirov, A. M., & Mikhailov, I. V. (2013). Otsenka kachestva i bezopasnosti belkovogo gidrolizata kak osnovy dlya polucheniya ekstrudirovannykh produktov [Assessment of the quality and safety of protein hydrolyzate as a basis for extruded products]. *Khramenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of agricultural raw materials]*, 1, 38-40.
- Kononenko, S. I. (2017). Ekstrudirovanie kormov - put' k uvelicheniyu rentabel'nosti zhivotnovodstva [Extrusion of feed - the way to increase the profitability of animal husbandry]. *Effektivnoe zhivotnovodstvo [Effective animal husbandry]*, 1, 32-33.
- Koryakina, M. A. (2011a). Optimizatsiya parametrov shneka ekstrudera dlya polucheniya rapsovogo masla [Optimization of the parameters of the extruder screw for rapeseed oil production]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State Agrarian University]*, 3, 71-74.
- Koryakina, M. A. (2011b). Povyshenie effektivnosti raboty odnoshnekovogo ekstrudera na osnove strukturno-parametricheskogo sinteza dlya pressovaniya semyan rapsa (Diss. kand. tekhn. nauk) [Improving the efficiency of a single-screw extruder based on structural-parametric synthesis for pressing rapeseeds (Master's thesis)]. Orenburg: GOU VPO «Orenburgskii gosudarstvennyi universitet».
- Lisitsyn, A. N., Bykova, S. F., Davidenko, E. K., & Minasyan, N. M. (2007). Biologicheskie osobennosti sortov rapsa i fiziologicheskie tsennosti zhmykhov i shrotov [Biological characteristics of rapeseed varieties and physiological values of oilcakes and meal]. *Maslozhirovaya promyshlennost' [Oil and fat industry]*, 6, 18-20.
- Lisitsyn, A. N., Grigor'eva, V. N., & Smirnova, E. E. (2000). Vozmozhnye puti ispol'zovaniya semyan rapsa [Possible ways of using rape seeds]. *Maslozhirovaya promyshlennost' [Oil and fat industry]*, 4, 14-15.
- Marchenko, A. P., & Semenov, V. G. Al'ternativnoe biotopливо na osnove proizvodnykh rapsovogo masla [Alternative biofuel based on rapeseed oil derivatives]. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel [Chemistry and technology of fuels and oils]*, 3, 31-32.

- Martynova, D. V. (2016). Optimizatsiya protsessa ekstrudirovaniya belkovo-kletchatko-krakhamlo-soderzhashchego syr'ya [Optimization of the process of extruding protein-fiber-starch-containing raw materials]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments], 3, 151-156.
- Nikitina, V. Yu. (2016). Ekstrudirovanie soevykh bobov [Soybean extrusion]. *Novaya nauka: Problemy i perspektivy* [New Science: Problems and Prospects], 6-2, 209-211.
- Nikonov, O. I., & Begdan, N. V. (2017). Dvukhstadiinoe ekstragirovanie v tekhnologicheskikh skhemakh pererabotki maslichnogo syr'ya [Two-stage extraction in technological schemes for processing oilseed raw materials]. *Al'manakh mirovoi nauki* [Almanac of world science], 1-1, 62-65.
- Ostanin, L. M. (2014). Rapsovoe maslo – syr'e dlya proizvodstva biotopliva [Rapeseed oil is a raw material for biofuel production]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 17(2), 227-228.
- Pakhomov, V. I., Braginets, S. V., Alferov, A. S., Gaidash, M. V., & Stepanova, Yu. V. (2016). Issledovaniya protsessa ekstrudirovaniya smesi zernovykh kontsentratorov s izmel'chennoi zelenoi massoi bobovykh trav [Investigations of the process of extruding a mixture of grain concentrates with crushed green mass of legumes]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Don State Technical University], 16(2), 154-159. <https://doi.org/10.12737/19684>
- Pakhomov, V. I., Braginets, S. V., Bakhchevnikov, O. N., Alferov, A. S., & Stepanova, Yu. V. (2017). Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy protsessa sovmestnogo ekstrudirovaniya furazhnogo zerna i zelenoi massy lyutserny [Results of experimental studies of the process of joint extrusion of feed grain and green mass of alfalfa]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy], 9, 45-48.
- Ponomareva, M. A., Filina, M. P., & Yakutenok, V. A. (2016). Tsirkulyatsionnoe techenie vysokovязkoi nen'yutonovskoi zhidkosti v kanale odnoshnekovogo ekstrudera [The circulating flow of a high-viscosity non-Newtonian fluid in the channel of a single-screw extruder]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika* [Bulletin of Tomsk State University. Mathematics and Mechanics], 2, 97-107. <https://doi.org/10.17223/19988621/40/10>
- Pristach, N. V., & Pristach, L. N. (2017). Zhmykh rapsovyi v kormlenii skota [Rapeseed cake in cattle feeding]. *Sel'skokhozyaistvennye vesti* [Agricultural news], 1, 8-9.
- Vasilenko, V. N., Frolova, L. N., Derkanosova, A. A., Mikhailova, N. A., Shchepkina, A. A., & Davydov, A. M. (2018). Matematicheskoe obespechenie protsessa ekstrudirovaniya anomal'no-vyazkikh sred metodami planirovaniya eksperimenta [Mathematical support of the process of extruding anomalously viscous media by methods of experiment planning]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 80(3), 37-42. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-37-42>
- Zaruba, A. S., Mustafaev, S. K., Kalienko, E. A., & Andrzhachak, A. A. (2015). Izuchenie kachestva l'nyanykh masla i zhmykha, poluchennykh po novoi tekhnologii dvukratnogo pressovaniya semyan l'na s ekstrudirovaniem [Study of the quality of flaxseed oil and cake obtained by the new technology of double pressing of flaxseeds with extrusion]. *Elektronnyi setevoi politematicheskii zhurnal «Nauchnye trudy KubGTU»* [Scientific works of the Kuban State Technological University], 2, 69-78.
- Zubkova, T. M., & Kolobov, A. N. (2015a). Ispol'zovanie programmnogo obespecheniya dlya opredeleniya i prognozirovaniya pokazatelei kachestva ekstrudirovannoi produktsii [Using software to determine and predict the quality indicators of extruded products]. *Programmnye produkty i sistemy* [Software products and systems], 3, 123-129. <https://doi.org/10.15827/0236-235X.111.123-128>
- Zubkova, T. M., & Kolobov, A. N. (2015b). Vliyaniye ekstrudirovaniya semyan rapsa na kachestvo gotovoi produktsii [Influence of rapeseed extrusion on the quality of finished products]. *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 5, 11-14.
- Zubkova, T. M., Ishakova, E. N., & Tokareva, M. A. (2014). Razrabotka programmnogo obespecheniya vizualizatsii protsedury mnogomernoi optimizatsii funktsional'nykh pokazatelei tekhnologicheskogo protsessa [Development of software for visualization of the procedure for multidimensional optimization of functional indicators of the technological process]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki SPbGU ITMO* [Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics, St. Petersburg State University ITMO], 3, 156-162.

Обоснование параметров малогабаритной молотилки для обмолота початков кукурузы

Хажметова Залина Лиуановна

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет»

Адрес: 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 1 «в»

E.mail: a.khazhmetova@mail.ru

Шекихачев Юрий Ахметханович

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет»

Адрес: 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 1 «в»

E.mail: shek-fmer@mail.ru

Хажметов Лиуан Мухажевич

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет»

Адрес: 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 1 «в»

E.mail: hajmetov@yandex.ru

Шекихачева Людмила Зачиевна

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет»

Адрес: 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 1 «в»

E.mail: sh-ludmila-z@mail.ru

Одно из ведущих мест среди зерновых и кормовых культур занимает кукуруза. Из нее производят около 3500 видов продукции. Эта культура имеет большое значение как высоко энергетический корм для всех видов животных и птиц. В процессе производства зерна кукурузы наиболее трудоемким является сбор урожая – 60...80% от общих трудозатрат. В последнее наиболее трудоемким этапом сбора кукурузы является обмолот початков, качество которого характеризуется двумя основными показателями – травмированием зерна и недомолотом початков. На данный момент разработано большое количество молотилок различных по принципам и технологическими схемами обмолота. Существующие молотилки имеют большую производительность и предназначены для обмолота значительных объемов початков кукурузы. Однако в структуре выращивания кукурузы значительное место занимают небольшие посевы в частном секторе. После сбора початков кукурузы их обмолачивают вручную или изготавливают разнообразные ручные и механические молотилки. Кроме того, в настоящее время, когда еще недостаточно изучена физическая природа процесса обмолота молотилками кукурузы и недостаточно разработана их теория, распределение молотилок по принципу обмолота ударом или перетиранием является не полным. В связи с этим в статье обоснована конструктивно-технологическая схема малогабаритной молотилки, обеспечивающей обмолот початков кукурузы в обертке при минимальном травмировании зерен. В результате теоретических исследований установлены рациональные значения конструктивно-технологических параметров разработанного молотильного устройства: влажность початков 12...22%; частота вращения молотильного барабана 300...400 мин⁻¹; высота зубьев 12...18 мм; шаг зубьев 3...8 мм..

Ключевые слова: кукуруза, початок, молотилка, обмолот, семена, травмирование, эффективность

Введение

Обработка початков семенной кукурузы после уборки одна из важнейших и энергетических операций.

В технологиях послеуборочной обработки урожая кукурузы наиболее важные и энергоемкие – очистка и обмолот початков. Аналитические

материалы свидетельствуют об отсутствии в настоящее время машин, обеспечивающих обмолот початков кукурузы в обертке с соблюдением предъявляемых требований (Елизаров, 2005).

Известные на данный момент конструкции кукурузных молотилок характеризуются высокой энергоемкостью, имеют низки производительность и

эффективностью сортирования конечного продукта на фракции. Принцип их работы основан на сжатии зерен, что сопровождается их травмированием. Кроме того, молотильные устройства не способны обмолачивать початки кукурузы в обертке.

Как известно, травмированный семенной материал снижает урожайность сельскохозяйственных культур, вследствие чего имеет место значительный недобор зерна¹. Как следствие – существенные потери всего зернового производства России (Arazhev, et al., 2019; Бумбар & Кувшинов, 2017; Курасов & Погосян, 2015; Курасов, Куцеев, Самурганов, 2013; Петунина, 2006; Петунина, 2007; Кувшинов, Бумбар, & Лонцева, 2018).

Следует отметить, что травмирование семян особо заметно влияет на урожайность в холодные и влажные весенние периоды, которые характерны для Северо-кавказского региона, являющейся основным производителем семян кукурузы.

В связи с изложенным, усовершенствование технологии послеуборочной переработки кукурузы с разработкой инновационного молотильного устройства, позволяющего обмолачивать початки кукурузы в обертке с минимальным травмированием семян является актуальной.

Принцип работы известных устройств для обмолота урожая кукурузы заключается в том, что происходит затягивание в рабочее пространство между барабаном и декой, и одновременное ее сжатие, которое сопровождается травмированием зерен, в результате чего снижается их всхожесть (Кувшинов & Бумбар, 2018; Петунина, Короткин, Курасов, & Плешаков, 2018; Погосян, 2017; Смольников & Бумбар, 2019).

Накопленный опыт показывает, что вальцовые молотилки более целесообразно использовать в процессе селекции и первичного семеноводства. Однако эти молотилки не способны обмолачивать початки кукурузы в обертке (Измайлов & Евтюшенков, 2016; Курасов, Погосян, & Цыбулевский, 2018; Погосян, 2015; Погосян & Курасов, 2016; Погосян, 2017а; Погосян, 2017б).

Из анализа способов, устройств и рабочих органов дробилок початков кукурузы и научных трудов

ученых было установлено, что влияние конструкции рабочих органов молотилки на производительность, затраты мощности на обмолот, а также качество обмолоченного зерна и изучения их недостаточно. Поэтому возникла необходимость либо модернизации существующих молотилок, либо разработки новых конструкций, а также оптимизации их геометрических параметров и режимов эксплуатации.

В связи с вышеизложенным, выдвинута научная гипотеза: повышение качества обмолота кукурузных початков можно достичь путем определения оптимальных параметров и режимов эксплуатации малогабаритного молотильного устройства, обеспечивающего выдавливание зерен кукурузы из початка силами трения между початками и инерционными силами.

Результаты и их обсуждение

Предлагаемая молотилка представлена^{2,3} на Рисунке 1. Условно разделим процесс обмолота на три фазы. Первая фаза – загрузка початков в приемный бункер. Вторая фаза – початки располагаются на поверхности диска молотильного аппарата. В течение этой фазы происходит обмолот початков. В конце этой фазы обмолоченный материал подается на выгрузку. Третья фаза – обмолоченный материал выгружается из молотильного устройства.

В ходе второй фазы (Рисунок 2) початки, которые поступили на диск молотильного аппарата в результате действия центробежных сил, заполняют полость цилиндрического барабана.

В данном случае процесс обмолота не зависит от взаимного расположения початков. Допустим, что початок подается на диск, который не имеет начальной скорости. Тогда движение початка будет происходить под действием сил трения F и центробежных сил P_e :

$$F = f_1 mg \quad (1)$$

$$P_e = mr_0 \omega^2 \quad (2)$$

где f_1 – коэффициент трения в системе «зерно-диск»; m – масса початка, кг; g – ускорение

¹ Федоренко, В. Ф., Буклагин, Д. С., Колчина, Л. М., Мишуров, Н. П., Гольяпин, В. Я., & Кузьмина, Т. Н. (2009). Машины для селекции, сортоиспытания и первичного семеноводства полевых культур: Каталог. М.: ФГБНУ Росинформагротех.

² Хажметов, Л. М., Шекихачев, Ю. А., Апажев, А. К., Ашибов, Д. У., Фиапшев, А. Г., Кильчукова, О. Х., Хажметова, З. Л., Нотов, Р. А., & Тарчокова, М. А. (2014). Патент РФ № 146606. Малогабаритная молотилка для обмолота початков кукурузы в обертке. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.

³ Хажметова, З. Л., Шекихачев, Ю. А., & Хажметов, Л. М. (2016). Инновационная технология и технические средства для обмолота початков кукурузы. В Каталог инновационных разработок КБГАУ (с. 21-22). Нальчик: КБГАУ.

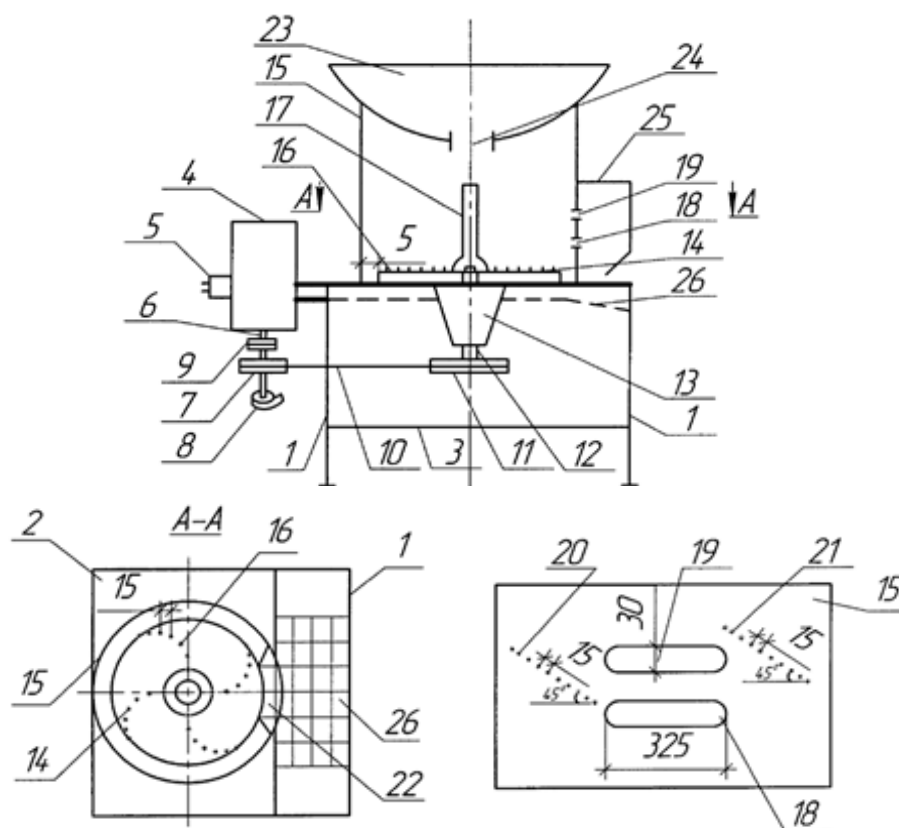


Рисунок 1. Схема молотилки: 1 – стойка; 2 – основание; 3 – перемычка; 4 – привод; 5 – пульт управления; 6 – вал привода; 7 – шкив ведущий; 8 – вентилятор; 9 – муфта; 10 – ременная передача; 11 – шкив ведомый; 12 – вал; 13 – подшипниковый узел; 14 – обмолачивающий барабан; 15 – цилиндрический барабан; 16, 20, 21 – зубья; 17 – стержень; 18, 19 – пазы; 22 – вырез

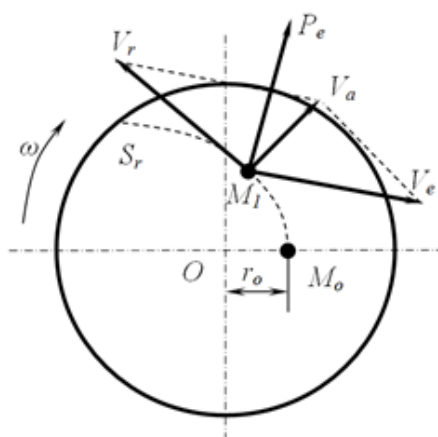


Рисунок 2. Процесс движения початка по поверхности диска

силы тяжести, m/c^2 ; r_0 – расстояние между центром диска и точкой контакта початка с диском, м; ω – угловая скорость вращения диска, c^{-1} .

Уравнение равновесия точки M_0 таково:

$$P_e - F = 0 \quad (3)$$

Учитывая выражения (1) и (2) из уравнения (3) имеем:

$$mr_0\omega^2 - f_1mg = 0 \quad (4)$$

Отсюда угловая скорость вращения диска будет равна:

$$\omega = \sqrt{\frac{f_1g}{r_0}}. \quad (5)$$

С учетом того, что

$$\omega = \frac{\pi n_{\min}}{30}, \quad (6)$$

получим зависимость для расчета минимального числа оборотов диска:

$$n_{\min} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{f_1g}{r_0}}. \quad (7)$$

При превышении этого значения початки будут перемещаться по поверхности диска по траектории, имеющей спиралевидную форму S_r . После встречи початка с зубом возможны два варианта: или початок движется вдоль зуба, или происходит упру-

гий удар. Эти варианты определяются величиной угловой скорости диска и физико-механическими свойствами початка (Курасов, Погосян, Плешаков, Самурганов, 2017; Труфляк, 2007; Цримов, 2007).

На початок, движущийся по поверхности диска, действуют следующие силы (Рис. 3):

– тяжести:

$$G = mg;$$

– центробежная:

$$P_e = m\omega^2;$$

– трения:

$$F = fmg;$$

– Кориолиса:

$$F_{\dot{\varepsilon}} = 2m\omega V_r,$$

где V_r – скорость относительного движения початка, м/с.

Движение початка в направлении зубьев будет описываться дифференциальным уравнением вида:

$$m\ddot{\varepsilon} = P_e - F - F_{\dot{\varepsilon}}, \quad (12)$$

Учитывая выражения (9), (10) и (11), имеем:

$$m\ddot{\varepsilon} = mr\omega^2 - f_1mg - 2m\omega\dot{\varepsilon}, \quad (13)$$

или

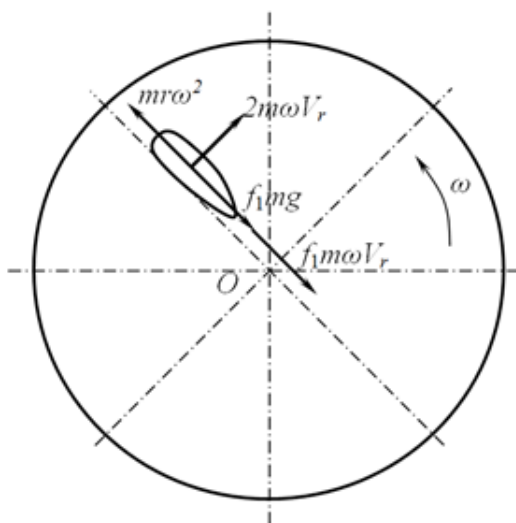


Рисунок 3. Схема действующих на початок сил

$$\ddot{\varepsilon} = r\omega^2 - f_1g - 2\omega\dot{\varepsilon}. \quad (14)$$

С учетом того, что

$$r = \varepsilon + r_o, \quad (15)$$

где ε – путь початка вдоль зубьев, м,

можно записать:

$$m\ddot{\varepsilon} = m\omega^2(\varepsilon + r_o) - f_1mg - 2m\omega\dot{\varepsilon}, \quad (16)$$

или

$$\ddot{\varepsilon} = \omega^2\varepsilon + \omega^2r_o - f_1g - 2f_1\omega\dot{\varepsilon}, \quad (17)$$

или

$$\ddot{\varepsilon} + 2f_1\omega\dot{\varepsilon} - \omega^2\varepsilon = \omega^2r_o - f_1g. \quad (18)$$

Характеристическое уравнение левой части линейного неоднородного уравнения второго порядка (18) имеет вид:

$$\lambda^2 + 2f_1\lambda\omega - \omega^2 = 0. \quad (19)$$

Корнями являются значения, рассчитываемые по выражениям:

$$\lambda_1 = \omega(\sqrt{1 + f_1^2} - f_1), \quad (20)$$

$$\lambda_2 = -\omega(\sqrt{1 + f_1^2} + f_1). \quad (21)$$

Таким образом, общим решением уравнения (18) таково:

$$\varepsilon = C_1e^{\lambda_1 t} + C_2e^{\lambda_2 t}, \quad (22)$$

где C_1 и C_2 – произвольные постоянные.

Частное решение дифференциального уравнения определится при $\varepsilon = B$ с учетом того, что $\dot{\varepsilon} = 0$ и $\ddot{\varepsilon} = 0$. Имеем:

$$\omega^2 B = r_o\omega^2 - f_1g. \quad (23)$$

Из (23) имеем:

$$B = r_o - \frac{f_1g}{\omega^2}. \quad (24)$$

Тогда с учетом (24) дифференциальное уравнение (18) перепишем в виде:

$$\varepsilon = C_1e^{\lambda_1 t} + C_2e^{\lambda_2 t} + r_o - \frac{f_1g}{\omega^2}. \quad (25)$$

При $t = 0, \varepsilon = \dot{\varepsilon} = 0$:

$$\varepsilon = \left(\frac{f_1 g}{\omega^2} - r_o \right) \left[\left(\frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} (\lambda_2 e^{\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{\lambda_2 t}) \right) - 1 \right]. \quad (26)$$

Таким образом, скорость относительного движения початка вдоль зубьев молотильного аппарата будет равна:

$$\dot{\varepsilon} = V_r = \left(\frac{f_1 g}{\omega^2} - r_o \right) \left[\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}) \right]. \quad (27)$$

При перемещении початков по секторам к краям молотильного аппарата, они при соприкосновении с зубьями перемещаются вверх, опрокидываются, вследствие чего происходит заполнение пространства между защитным кожухом и аппаратом.

Обмолот осуществляется в результате того, что початки совершают сложное движение под воздействием сил трения и сил, возникающих при их взаимном зацеплении. Кроме того, початки поворачиваются вокруг своей оси и зубьев (Рисунок 4).

В процессе обмолота возникают силы P_1 и P_2 , равные:

$$\bar{P}_1 = \bar{F} + \bar{F}_k, \quad (28)$$

$$\bar{P}_2 = \bar{P}_e + \bar{G}. \quad (29)$$

Разрушение зерновой ножки произойдет при соблюдении условия:

$$\operatorname{tg} 2\alpha > \frac{2 \operatorname{tg} \phi}{1 - \operatorname{tg}^2 2\phi} = \frac{2f}{1 - f^2}. \quad (30)$$

Эффективность обмолота початков определяется направлением центробежной силы, причем чем они ближе к краю диска, тем больше ее влияние (Цримов А.З., 2007). В случае действия центробежной силы выше центра початка, процесс обмолота существенно интенсифицируется, что имеем место при условии:

$$r_n < a < d_n, \quad (31)$$

где r_n и d_n – соответственно, радиус и диаметр початка, м.

Обрушенные зерна высыпаются через щель между диском и цилиндрическим барабаном и по выгрузному желобу поступают на дальнейшую обработку, а стержни через выгрузное окно удаляются из аппарата (Рисунок 5). При этом стержень массой m движется под действием силы тяжести G и силы сопротивления воздуха R_0 по уравнению:

$$m\ddot{X} = -R_0 (\dot{X})^2. \quad (32)$$

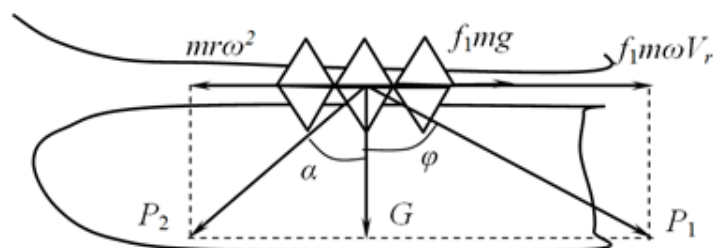


Рисунок 4. Схема действующих сил при обмолоте початков

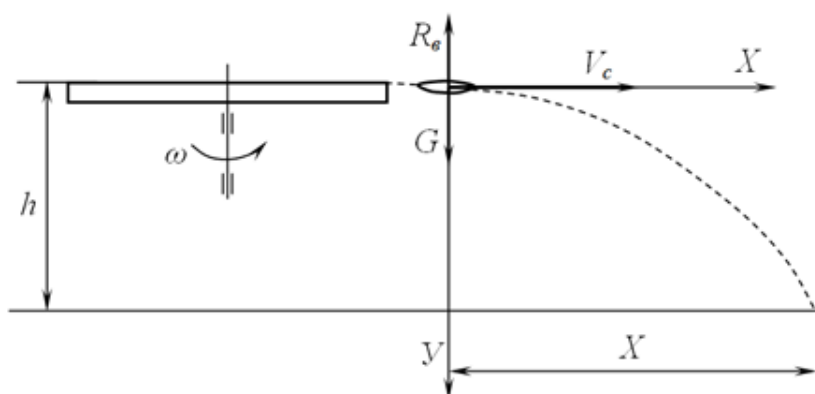


Рисунок 5. Схема к установлению дальности полета стержня

Сила R_0 равна:

$$R_0 = k \frac{\gamma}{g} F (\dot{X})^2, \quad (33)$$

где k – коэффициент сопротивления воздуха; γ – удельный вес воздуха, кг/м³; F – миделево сечение стержня, которое равно:

$$F = \frac{\pi d_c^2}{4}, \quad (34)$$

где d_c – диаметр стержня, м.

Из уравнения (32) имеем:

$$\ddot{X} = -\frac{k\gamma\pi d_c^2}{4mg} (\dot{X})^2 = -k_n (\dot{X})^2, \quad (35)$$

где k_n – коэффициент парусности:

$$k_n = -\frac{k\gamma\pi d_c^2}{4mg}. \quad (36)$$

Решим уравнение (35) методом понижения его порядка. Для этого примем $\dot{X} = V$. В этом случае:

$$\ddot{X} = \frac{dV}{dX} V. \quad (37)$$

Подставив (37) в (35), получим:

$$V \frac{dV}{dX} = -k_n V^2, \quad (38)$$

или

$$\frac{dV}{dX} = -k_n V.$$

Разделяем переменные:

$$\frac{dV}{V} = -k_n dX. \quad (39)$$

Результат интегрирования уравнение (39):

$$\ln V = -k_n X + \ln C_3,$$

или

$$\ln V = \ln e^{-k_n X} + \ln C_3,$$

где C_3 – произвольная постоянная.

Потенцируя (40), получим:

$$V = C_3 e^{-k_n X}. \quad (41)$$

Постоянная C_3 определится с учетом того, что при $X = 0$ скорость стержня $V = V_c$. Таким образом, уравнение полета стержня в окончательном виде таково:

$$V = V_c e^{-k_n X}. \quad (42)$$

Определим дальность полета стержня X . Для этого запишем уравнение (42) в следующей форме:

$$\frac{dX}{dt} = V_c e^{-k_n X}, \quad (43)$$

или

$$e^{k_n X} dX = V_c dt.$$

В результате интегрирования имеем:

$$\frac{1}{k_n} e^{k_n X} = V_c t + C_4, \quad (44)$$

где C_4 – произвольная постоянная.

Постоянная C_4 определится при $t = 0$ и $X = 0$:

$$C_4 = \frac{1}{k_n}. \quad (45)$$

Учитывая (45), уравнение (44) запишется в виде:

$$\frac{1}{k_n} e^{k_n X} = V_c t + \frac{1}{k_n}. \quad (46)$$

Осуществив некоторые преобразования, отсюда получим:

$$k_n X = \ln(k_n V_c t + 1). \quad (47)$$

Выражение (47) позволяет получить уравнение дальности полета стержня:

$$X = \frac{\ln(k_n V_c t + 1)}{k_n}. \quad (48)$$

Пренебрегая сопротивлением воздуха, время падения стержня будет равно:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad (49)$$

где h – высота падения стержня, м.

С учетом этого, уравнение дальности полета стержня примет вид:

$$X = \frac{\ln\left(k_n V_c \sqrt{\frac{2h}{g}} + 1\right)}{k_n}. \quad (50)$$

Зерно кукурузы можно считать не вполне упругим телом (Труфляк, 2007; Цримов, 2007), поэтому максимальную силу его удара о зубья можно рассчитать по выражению:

$$P_{\max} = P_{yn} + P_{nl}, \quad (51)$$

где P_{yn} и P_{nl} – силы, соответственно, упругой и пластической деформации, Н.

Используя полуэмпирические методы оценки силы удара и учитывая высокие упругие свойства кукурузных зерен, силой пластической деформации можно пренебречь. С учетом этого, зависимость (51) переписывается в виде:

$$P_{\max} = P_{yn} = \phi \lambda^{1.5}, \quad (52)$$

где ϕ – упруго-геометрический коэффициент, равный.

$$\phi = \frac{n_{\phi}}{\eta \sqrt{\sum K}}, \quad (53)$$

где $n_{\phi} = \frac{1}{\sqrt{8k^3}}$; $\eta = \frac{E_1(1-\mu_2^2) + E_2(1-\mu_1^2)}{E_1E_2}$; $\sum K = \frac{1}{\rho_{11}} + \frac{1}{\rho_{12}}$; A_1 и A_2 – модули упругости, соответ-

ственно, зерна и материала зуба, Па; μ_1 и μ_2 – коэффициенты Пуассона, соответственно, зерна и материала зуба; $\sum K$ – суммарная кривизна в окрестности контакта зерна и зуба, м; k – коэффициент, определяемый физико-механическими свойствами зерна; ρ_{11} и ρ_{12} – главные радиусы кривизны зерна, м.

Таким образом, максимальная сила удара будет равна:

$$P_{yn} = \frac{(1,14n_{\phi}E)^{0,4}}{\left(\frac{2(\alpha^2 + \gamma^2)}{\alpha^2\gamma^2B_z} + \frac{1}{r}\right)^{0,2}} \cdot (1,25mV^2)^{0,6}, \quad (54)$$

где $\hat{A}_z$ – ширина зерна, м; α и γ – коэффициенты, определяемые физико-механическими свойствами зерна.

Выводы

Разработано малогабаритное молотильное устройство, позволяющее производить обмолот початков кукурузы с оберткой и без при минимальном травмировании зерен.

Установлены рациональные конструктивно-технологические параметры разработанного устройства: влажность початков 12...22%; частота вращения молотильного барабана 300...400 мин⁻¹; высота зубьев 12...18 мм; шаг зубьев 3...8 мм.

Литература

- Бумбар, И. В., & Кувшинов, А. А. (2017). К оценке обмолота початков кукурузы бильным барабаном зернового комбайна. *Дальневосточный аграрный вестник*, 3, 183-191.
- Елизаров, В. П. (2005). *Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве: Сборник*. М.: Росинформ-агротех.
- Измайлов, А. Ю., & Евтюшенков, Н. Е. (2016). Механизация селекционно-опытной работы. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 4, 4-9.
- Кувшинов, А. А., & Бумбар, И. В. (2018). Совершенствование обмолота кукурузы в условиях Амурской области. В *Материалы всероссийской научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития»* (ч. 1, с. 109-111). Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та.
- Кувшинов, А. А., Бумбар, И. В., & Лонцева, И. А. (2018). Совершенствование обмолота кукурузы зерноуборочным комбайном в условиях Амурской области. *АгроЭкоИнфо*, 1, 40.
- Курасов, В. С., Куцеев, В. В., & Самурганов, Е. А. (2013). *Механизация работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве кукурузы: Монография*. Краснодар: КубГАУ.
- Курасов, В. С., Погосян, В. М., & Цыбулевский, В. В. (2018). Параметры кукурузной селекционной вальцовой молотилки. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*, 136, 1-14. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-136-001>
- Курасов, В. С., Погосян, В. М., Плешаков, В. Н., & Самурганов, Е. Е. (2017). Исследование движения кукурузного початка в вальцовой молотилке. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*, 69, 315-318.
- Курасов, В. С., & Погосян, В. М. (2015). Основные направления совершенствования аппаратов для обмолота семенной кукурузы. В *Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Инновационные направления в научной и образовательной деятельности»* (с. 83-84). Смоленск: ООО «НОВАЛЕНСО».
- Петунина, И. А. (2006). *Обмолот початков кукурузы: Монография*. Краснодар: КубГАУ.
- Петунина, И. А. (2007). *Очистка и обмолот початков кукурузы: Монография*. Краснодар: КубГАУ.
- Петунина, И. А., Короткин, А. В., Курасов, В. С., & Плешаков, В. Н. (2018). Расчет параметров установки для очистки початков семенной кукурузы. *Сельский механизатор*, 10, 10-11.

- Погосян, В. М. (2015). Селекционная однопочатковая молотилка. *Инновации в сельском хозяйстве*, 2, 145-149.
- Погосян, В. М., & Курасов, В. С. (2016). Обмолот початков кукурузы трехвальцовой молотилкой на этапе селекции. *International Scientific and Practical Conference World Science*, 5(1), 11-13.
- Погосян, В. М. (2017). Тенденции развития аппаратов для обмолота кукурузы. В *Сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей Кубанского ГАУ по итогам НИР за 2016 г.* (с. 313-314). Краснодар: КубГАУ.
- Погосян, В. М. (2017а). Обмолот кукурузного початка в вальцовой молотилке. В *Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края* (с. 436-437). Краснодар: КубГАУ.
- Погосян, В. М. (2017б). Анализ технических средств обмолота початков кукурузы. *Наука Кубани*, 3, 4-11.
- Смольников, Г. К., & Бумбар, И. В. (2019). Совершенствование обмолота кукурузы зерноуборочным комбайном. В *Тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития»* (с. 54). Благовещенск: ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ.
- Труфляк, Е. В. (2007). *Физико-механические свойства кукурузы: Монография*. Краснодар: КубГАУ.
- Цримов, А. З. (2007). *Параметры и режимы работы кукурузной молотилки* (Дисс. канд. техн. наук). Нальчик: ФГОУ ВПО «Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия».
- Apazhev, A. K., Shekikhachev, Y. A., Hazhmetov, L. M., Fiaphev, A. G., Shekikhacheva, L. Z., Napov, Y. S., Hazhmetova, Z. L., & Gabachiyev, D. T. (2019). Scientific justification of power efficiency of technological process of crushing of forages. *Journal of Physics: Conference Series*, 1399(5), 055002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1399/5/055002>

Substantiation of the Parameters of a Small-Sized Thresher for Threshing Corn Cobs

Zalina L. Khazhmetova

FSBEI HE "Kabardino-Balkarian State Agrarian University"

1 "v", Lenin Ave., Nalchik, 360030, KBR

E-mail: a.khazhmetova@mail.ru

Yuri A. Shekihachev

FSBEI HE "Kabardino-Balkarian State Agrarian University"

1 "v", Lenin Ave., Nalchik, 360030, KBR

E-mail: shek-fmep@mail.ru

Liuan M. Khazhmetov

FSBEI HE "Kabardino-Balkarian State Agrarian University"

1 "v", Lenin Ave., Nalchik, 360030, KBR

E-mail: hajmetov@yandex.ru

Lyudmila Z. Shekikhacheva

FSBEI HE "Kabardino-Balkarian State Agrarian University"

1 "v", Lenin Ave., Nalchik, 360030, KBR

E-mail: sh-ludmila-z@mail.ru

One of the leading places among grain and fodder crops is maize. About 3,500 types of products are produced from it. This crop is of great importance as a high-energy food for all species of animals and birds. In the process of corn grain production, the most labor-intensive is harvesting - 60 ... 80% of the total labor costs. In the latter, the most labor-intensive stage of corn harvesting is the threshing of the cobs, the quality of which is characterized by two main indicators - injury to the grain and under-threshing of the cobs. At the moment, a large number of threshers have been developed, different in principles and threshing technological schemes. The existing threshers have a large capacity and are designed to thresh large volumes of corn cobs. However, in the structure of maize cultivation, a significant place is occupied by small crops in the private sector. After the corn cobs are harvested, they are threshed by hand or a variety of hand and mechanical threshers are made. In addition, at the present time, when the physical nature of the process of threshing corn with threshers has not yet been sufficiently studied and their theory has not been sufficiently developed, the distribution of threshers according to the principle of threshing by blow or grinding is not complete. In this regard, the article substantiates a constructive and technological scheme of a small-sized thresher, which provides threshing of corn cobs in a wrapper with minimal injury to the grains. As a result of theoretical studies, rational values of the design and technological parameters of the developed threshing device have been established: moisture content of the cobs 12 ... 22%; threshing drum rotation frequency 300 ... 400 min⁻¹; the height of the teeth is 12 ... 18 mm; tooth pitch 3 ... 8 mm.

Keywords: corn, ear, thresher, threshing, seeds, injury, efficiency

References

- Bumbar, I. V., & Kuvshinov, A. A. (2017). K otsenke obmolota pochatkov kukuruzy bil'nyim barabanom zernovogo kombaina [To the evaluation of the threshing of corn cobs with the beater drum of a grain harvester]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik [Far Eastern Agrarian Bulletin]*, 3, 183-191.
- Elizarov, V. P. (2005). *Iskhodnye trebovaniya na bazovye mashinnye tekhnologicheskie operatsii v rastenievodstve: Sbornik [Initial requirements for basic machine technological operations in crop production: Collection]*. Moscow: Rosinformagrotekh.
- Izmailov, A. Yu., & Evtyushenkov, N. E. (2016). Mekhanizatsiya selektsionno-opytnoi raboty [Mechanization of selection and experimental work]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva [Mechanization and Electrification of Agriculture]*, 4, 4-9.
- Kuvshinov, A. A., & Bumbar, I. V. (2018). Sovershenstvovanie obmolota kukuruzy v usloviyakh Amurskoi oblasti [Improving the threshing of corn

- in the conditions of the Amur region]. In *Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya»* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Agroindustrial Complex: Problems and Development Prospects"] (Part. 1, pp. 109-111). Blagoveshchensk: Izd-vo Dal'nevostochnogo gos. agrarnogo un-ta.
- Kuvshinov, A. A., Bumbar, I. V., & Lontseva, I. A. (2018). Sovershenstvovanie obmolota kukuruzy zernouborochnym kombainom v usloviyakh Amurskoi oblasti [Improving the threshing of corn with a combine harvester in the conditions of the Amur Region]. *AgroEkoInfo* [AgroEcoInfo], 1, 40.
- Kurasov, V. S., Kutseev, V. V., & Samurganov, E. A. (2013). *Mekhanizatsiya rabot v seleksii, sortoispytanii i pervichnom semenovodstve kukuruzy: Monografiya* [Mechanization of work in breeding, variety testing and primary seed production of corn: Monograph]. Krasnodar: KubGAU.
- Kurasov, V. S., Pogosyan, V. M., & Tsybulevskii, V. V. (2018). Parametry kukuruznoi selektsionnoi val'tsovoi molotilki [Parameters of corn selection roller thresher]. *Politematicheskii setevoy elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University], 136, 1-14. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-136-001>
- Kurasov, V. S., Pogosyan, V. M., Pleshakov, V. N., & Samurganov, E. E. (2017). Issledovanie dvizheniya kukuruznogo pochatka v val'tsovoi molotilke [Investigation of the movement of an ear of corn in a roller thresher]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University], 69, 315-318.
- Kurasov, V. S., & Pogosyan, V. M. (2015). Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniya apparatov dlya obmolota semЕННОЙ kukuruzy [The main directions of improvement of devices for threshing seed corn]. In *Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Innovatsionnye napravleniya v nauchnoi i obrazovatel'noi deyatel'nosti»* [Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference "Innovative directions in scientific and educational activities"] (pp. 83-84). Smolensk: OOO "NOVALENSO".
- Petunina, I. A. (2006). *Obmolot pochatkov kukuruzy: Monografiya* [Threshing corn cobs: Monograph]. Krasnodar: KubGAU.
- Petunina, I. A. (2007). *Ochistka i obmolot pochatkov kukuruzy: Monografiya* [Cleaning and Threshing Corn Cobs: Monograph]. Krasnodar: KubGAU.
- Petunina, I. A., Korotkin, A. V., Kurasov, V. S., & Pleshakov, V. N. (2018). Raschet parametrov ustanovki dlya ochistki pochatkov semЕННОЙ kukuruzy [Calculation of plant parameters for cleaning seed corn cobs]. *Sel'skii mekhanizator* [Rural Machine Operator], 10, 10-11.
- Pogosyan, V. M. (2015). Seleksionnaya odnopochatkovaya molotilka [Selection single cob thresher]. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve* [Agricultural innovation], 2, 145-149.
- Pogosyan, V. M., & Kurasov, V. S. (2016). Obmolot pochatkov kukuruzy trekhval'tsovoi molotilko na etape seleksii [Threshing of corn cobs with a three-roll thresher at the breeding stage]. *International Scientific and Practical Conference World Science*, 5(1), 11-13.
- Pogosyan, V. M. (2017a). Tendentsii razvitiya apparatov dlya obmolota kukuruzy [Maize Threshing Machine Development Trends]. In *Sbornik statei po materialam 72-i nauchno-prakticheskoi konferentsii prepodavatelei Kubanskogo GAU po itogam NIR za 2016 g.* [Collection of articles based on the materials of the 72nd scientific-practical conference of teachers of the Kuban GAU following the results of research for 2016] (pp. 313-314). Krasnodar: KubGAU.
- Pogosyan, V. M. (2017b). Obmolot kukuruznogo pochatka v val'tsovoi molotilke [Threshing a corn cob in a roller thresher]. In *Sbornik statei po materialam KHI Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoi 95-letiyu Kubanskogo GAU i 80-letiyu so dnya obrazovaniya Krasnodarskogo kraia* [Collection of articles based on the materials of the XI All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University and the 80th anniversary of the founding of the Krasnodar Territory] (pp. 436-437). Krasnodar: KubGAU.
- Pogosyan, V. M. (2017). Analiz tekhnicheskikh sredstv obmolota pochatkov kukuruzy [Analysis of technical means for threshing corn cobs]. *Nauka Kubani* [Science of the Kuban], 3, 4-11.
- Smol'nikov, G. K., & Bumbar, I. V. (2019). Sovershenstvovanie obmolota kukuruzy zernouborochnym kombainom [Improving the threshing of corn with a combine harvester]. In *Tezisy dokladov vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya»* [Abstracts of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Agroindustrial Complex: Problems and Development Prospects"] (p. 54). Blagoveshchensk: FGBOU VO Dal'nevostochnyi GAU.
- Truflyak, E. V. (2007). *Fiziko-mekhanicheskie svoystva kukuruzy: Monografiya* [Physical and mechanical properties of corn: Monograph]. Krasnodar: KubGAU.
- Tsrimov, A. Z. (2007). *Parametry i rezhimy raboty kukuruznoi molotilki* (Diss. kand. tekhn. nauk) [Parameters and operating modes of the corn thresher]

- (Master's thesis)]. Nal'chik: FGOU VPO «Kabardino-Balkarskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya.
- Apazhev, A. K., Shekikhachev, Y. A., Hazhmetov, L. M., Fiaphev, A. G., Shekikhacheva, L. Z., Напов, Y. S., Hazhmetova, Z. L., & Gabachiyev, D. T. (2019). Scientific justification of power efficiency of technological process of crushing of forages. *Journal of Physics: Conference Series*, 1399(5), 055002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1399/5/055002>

Исследование процесса замораживания вторичного сырья предприятий пищевой промышленности

Панченко Сергей Леонидович

ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Адрес: 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 «А»

E-mail: psl84@mail.ru

Ященко Сергей Михайлович

ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Адрес: 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 «А»

E-mail: serge3y@mail.ru

В статье поднимается актуальный вопрос, связанный с переработкой вторичных ресурсов предприятий пищевой промышленности. Основной целью является разработка методики исследования процессов охлаждения и замораживания. Проведен анализ источников загрязнения и состав стоков. Приведены виды современной очистки сточных вод. Рассмотрены характеристики процессов переработки – концентрирования экстрактов плодово-ягодного сырья вымораживанием с целью извлечения полезного для человека вещества – пектина, а также вымораживания жиросодержащего сырья предприятий переработки мяса, молока и растительных масел из сточных вод. Изготовление полезных продуктов из отходов производства не только решает проблему неполного использования входящих в сырье веществ, но и позволяет улучшить экологическую ситуацию, так как утилизация отработанного материала наносит огромный вред окружающей среде. Приведен экологический мониторинг отраслей пищевой промышленности с прогнозом использования вторичных ресурсов. Проведен эксперимент кинетики процесса замораживания настоев плодово-ягодного сырья с целью проведения процесса коагуляции и осаждения пектиновых веществ в виде осадка, после чего они легко удаляются фильтрованием. Получены температуры кристаллизации и начала образования кристаллов. Отмечено влияние параметра температуры на механическую очистку. Проведены исследования вымораживания жиров методом криогенного барботирования инертных газов. Приведена методика расчета энергетических показателей. Указаны характеристики фазового перехода экзотермического процесса охлаждения. Для получения кривых охлаждения и замораживания использовали хромель-копелевые термодатчики, связанные с потенциометром. Данная методика позволяет изучить широкий спектр других пищевых продуктов. Экспериментальные исследования направлены на создание новых видов оборудования холодильной техники, их расчета и конструирования.

Ключевые слова: вторичные ресурсы, плодово-ягодное сырье, жиры, пектиновые вещества, замораживание, кривые охлаждения

Введение

Проблема загрязнения природной среды обитания вредными веществами, образующимися во время различного рода деятельности человека, в современном мире возросла до катастрофических масштабов. Экологическая ситуация и возникающие проблемы обусловлены местными природными условиями и характером воздействия на них промышленности, транспорта

и других видов народного хозяйства. Степень загрязнения воздуха, воды, почвы зависит, как правило, от степени урбанизированности и промышленного развития территории (специфика предприятий, их мощность, размещение, применяемые технологии) (Панченко, Горшков, & Бочаров, 2017). Анализ производственной деятельности предприятий показал, что происходит загрязнение окружающей среды сточными водами (Харитонов, Лисицкая, Мокшина, & Гончаров, 2017). Также на загрязнение окружа-

ющей среды существенно влияют очистные сооружения городских и промышленных сточных вод (Шуклин, Ромашина, & Ручкина, 2012). Затраты на обработку осадков сточных вод, с учетом потребляемой энергии и заработной платы персонала, составляют до 50 % эксплуатационных затрат станций очистки городских сточных вод (Bolzonella, Cavinato, Fatone, Pavan, & Cecchi, 2012). Жиры в сточных водах могут находиться агрегатных состояниях – твердом, жидком и коллоидном. В зависимости от условий образования и состава сточных вод жиры могут быть в виде жировой фазы, образующей на поверхности жидкости пленку, диспергированных частиц в воде (эмульсия) и находиться в растворенном состоянии (Быстранова, Теплых, & Теплых, 2018).

Не является исключением проблема загрязнения окружающей среды при работе пищевых предприятий. Огромная часть отходов, образующихся при работе предприятий мясной, молочной, масложировой, спиртовой, ликероводочной, плодоовощной и других отраслей пищевой промышленности утилизируются простейшим образом – сбрасываются в канализацию или вывозятся на полигон хранения в зависимости от агрегатного состояния. Данные явления приводят к тяжелым последствиям для всех оболочек биосферы. При попадании в водоем пищевые отходы перекрывают доступ кислорода, что приводит к гибели водных организмов и изменению экосистемы. Также вследствие загрязнения вода становится непригодной для хозяйственных и бытовых целей. Практически никаким образом выделяемые осадки городских сточных вод не используются агропромышленными комплексами (Брындина, Полянский, & Бакланова, 2018). Предприятия, перерабатывающие продукцию сельского хозяйства (консервные, спиртовые, молокозаводы, мясокомбинаты и др.), оборудованные примитивными очистными сооружениями, а во многих случаях не имеющих никаких сооружений, вносят значительный вклад в загрязнение окружающей среды (Баутин & Мычка, 2015). Сточная вода мясокомбината представляет собой сложную систему, состоящую из различных компонентов; основные загрязнения – это, в основном, жиры (Акулов, 2013). Источниками загрязнения гидросферы спиртзаводами является барда, ее фильтрат и промывные воды заторных и бродильных чанов. В производствах растительного масла и жирных кислот в зависимости от технологической схемы и способов выделения основных продуктов образуется множество вторичных продуктов и отходов (Адилов, Джиянбаев, & Каршибаев, 2015). Продукты распада твердых отходов уходят в почву, делая ее неплодородной и

непригодной к использованию, а также загрязняя грунтовые воды. При этом выделяющиеся газы загрязняют атмосферный воздух. В соответствии с современными требованиями природоохранного законодательства очистка вод заводов позволит значительно сократить объем свежей воды за счет удаления механических примесей фильтрацией и микробиологической обработки в целях их использования в системе оборотного водоснабжения. (Степанова, Хомутов, & Печерица, 2020). Очистка сточных вод от маслопродуктов в зависимости от их состава и концентрации осуществляется: отстаиванием, обработкой в гидроциклонах, флотацией, фильтрованием.

Теоретическое обоснование

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что утилизация отходов крайне нежелательна и их необходимо перерабатывать. Кроме экологической составляющей, неоспоримым фактором вторичного использования пищевых отходов является то, что при производстве в них из первоначального сырья переходят полезные вещества. Они безвозвратно теряются при утилизации, поэтому помимо загрязнения окружающей среды добавляется еще и безвозвратная потеря полезных белков, углеводов, витаминов и т.д. Переработка вторичных материальных ресурсов, приобретает большую проблему (Гаджиева, Абасова, & Муртазалиева, 2020), так как составная часть принципиальных направлений создания и развития малоотходной технологии, основана на использовании методов рекуперации – возвращения части материала, расходуемого в том или ином технологическом процессе, на повторное использование в том же процессе. Например, пивная дробина состоит, в основном из дробленых зернопродуктов, оставшихся после фильтрования затора. Она имеет высокую усвояемость: белковых веществ – 71-76 %, жира – 80-82 %, безазотистых экстрактивных веществ – 60-65 %, клетчатки – 40-45 % (Волотка & Богданов, 2013) и поэтому представляет собой ценный корм для животных. Барда, образующаяся при производстве спиртов на спиртзаводах, содержит практически все питательные вещества, присущие исходному сырью: протеины, жиры, клетчатку и т.д., в количестве 30 до 40 % сухого вещества исходного сырья и тоже полезна как кормовой материал (Антипов & Журавлев, 2006). В молочной промышленности при производстве творога и сыров образуется вторичное сырье – молочная сыворотка. Она обладает высокой пищевой и биологической ценностью, содержит около 50 % сухих веществ молока (По-

пов, 2015). И это далеко не полный список вторичных ресурсов, получаемых при производстве пищевых продуктов и содержащих полезные вещества, поэтому их необходимо перерабатывать, и работы в данном направлении ведутся по всему миру. Известно, что для получения стабильной ликероводочной продукции, соков и питьевой воды необходимо поддержание в очищенной воде, которая является сырьем, не только заданного солевого состава, прежде всего жесткости, но и определенной щелочности (Рябчиков, 2004).

Предприятия плодоовощной отрасли также образуют вторичные ресурсы, которые нередко утилизируются. Одним из них являются твердые отходы плодов и овощей (выжимки). В высушенном виде они могут использоваться как корма для животноводства, но они очень быстро гнивают, плесневеют и забраживают, после чего становятся непригодными к переработке (Сатыбалдиева, Калманбетова, Шаршеева, & Егембердиева, 2014). Поэтому многие предприятия не успевают их перерабатывать и утилизируют, в то время как данный вторичный ресурс можно использовать более рационально, например, получая пектин, содержание которого в плодово-ягодном сырье велико. Пектин – это полисахарид, образованный главным образом остатками галактуроновой кислоты, очень полезный для организма человека, так как выводит токсические вещества из организма и нормализует обмен веществ (Донченко & Фирсов, 2007). Производство пектина, в том числе из вторичного сырья плодово-ягодной промышленности, в настоящее время развивается, но перерабатываются очень малые объемы.

Поскольку, как говорилось выше, выжимки плодово-ягодного сырья являются скорпортящимися, их необходимо быстро перерабатывать, что является главным сдерживающим фактором для повсеместной переработки. Немногочисленные предприятия, которые используют выжимки, оставшиеся после выработки сока, для производства пектинов, сразу же после удаления сока дробят на молотковой дробилке и сушат при температуре около 90 °С, после чего их охлаждают и просеивают (Сатыбалдиева, Калманбетова, Шаршеева, & Егембердиева, 2014). Извлечение пектина производится 90...95 %-м этиловым спиртом, который превращает его в коллоидную взвесь, легко удаляемую из настоя. Поскольку переработка производится при высоких температурах вызывающих разрушение полезных веществ, в том числе потерю пектина, целесообразно удалять его из выжимок сразу же с помощью этилового спирта, а полученный настой концентрировать вымо-

раживанием. Таким образом, можно сохранить полезные свойства продукта и получить пектин, а заодно и решить экологическую проблему утилизации твердых отходов плодоовощной промышленности.

Цель исследования

Выбор рациональных технологических параметров вымораживания исследуемых настоев должен базироваться на изучении изменений их свойств при температурном воздействии на продукт при кристаллизации влаги в рабочем объеме аппарата (Антипов, Добромиров, & Овсянников, 2004).

Целью исследований является исследование поведения спиртованных настоев плодово-ягодного сырья, а также растительных масел при их охлаждении и замораживании. Результаты экспериментов и расчетов позволят назначить рациональные технологические параметры процесса вымораживания спиртовых растворов плодово-ягодного сырья и растительных масел.

Сведения об охлаждении спиртованных настоев плодово-ягодного сырья крайне скудны, отсутствуют также их некоторые физико-химические характеристики. В связи с этим были проведены эксперименты с целью получения данных о свойствах и поведении спиртованных настоев при их охлаждении, замораживании и вымораживании.

Охлаждение и замораживание экстрактов плодово-ягодного сырья изучены мало, отсутствуют также их некоторые физико-химические характеристики. В связи с этим были проведены эксперименты с целью получения данных о свойствах и поведении спиртованных настоев, а также растительных масел при их охлаждении и замораживании

Основным параметром вымораживания является кристаллизация. Воздействием процесса замораживания на качество продуктов в размороженном состоянии объясняются с позиций кристаллизации воды (Голубева, Пожидаева, Болотова, & Илюшина, 2016).

Основным видом энергетического воздействия на исследуемый продукт при вымораживании является охлаждение, сопровождающееся различного рода фазовыми превращениями. Наиболее широко используемый метод термического анализа позволяет с достаточной степенью точности изучить

фазовые превращения, совершающиеся в системах или индивидуальных веществах, по сопровождающим эти превращения тепловым эффектам¹.

Процессы, сопровождающиеся поглощением или выделением теплоты, исследуют путём измерения температур объекта при равномерном изменении температуры окружающей среды. Происходящие в системе фазовые превращения, в зависимости от характера, регистрируются на кривых в виде соответствующих отклонений и образований наклонных или горизонтальных участков, параллельных оси времени².

Методом термического анализа обнаруживается факт протекания процесса, температурный интервал и его экзо- или эндотермический характер (Губайдуллина, 2010).

Методика исследования

Исследование охлаждения спиртованных настоев проводилось в интервале температур 288...253 К, соответствующих превращениям при охлаждении водных растворов. Для записи кривых охлаждения использовали двенадцатиточечный потенциометр КСП-4 (класс точности 0,5) с хромель-копелевой термопарой (диаметр спая 0,5 мм). Схема для записи кривых охлаждения показана на Рисунке 1.

Для проведения экспериментальных исследований с целью построения кривых охлаждения приготавливали два образца настоев плодово-ягодного сырья, причём использовались такие плоды, в которых содержится наибольшее количество пектиновых веществ: сливы (содержание пектиновых веществ 0,8...1,5 % масс.) и яблоки (содержанием пектиновых веществ 0,8...1,8 % масс.) (Овсянников, 2010, с. 24).

Термический анализ проводили следующим образом. В холодильную камеру 1 низкотемпературного стола Frigera HC 280/70.1 помещали медный блок 2 с крышкой, в углублении которого располагали стакан 3 с исследуемым веществом что обеспечивало равномерный отвод теплоты, избегание местных переохлаждений и влияния конвекционных токов воздуха в камере. В геометрический центр исследуемого вещества помещали хромель-копелевую термопару 4, подключённую к потенциометру 5. Таким обра-

зом измерялась и фиксировалась температура продукта.

Результаты и их обсуждение

Термический анализ всегда сопровождается более или менее значительным изменением внутреннего теплосодержания системы. Превращение ведёт за собой поглощение теплоты (эндотермическое превращение) или выделение теплоты (экзотермическое превращение) (Панченко, 2010).

На Рисунке 2. приведены кривые охлаждения спиртованного настоя слив и яблок. Они показывают, как происходит изменение температуры при охлаждении спиртованных настоев.

Анализируя кривые охлаждения исследуемых спиртованных настоев слив и яблок, следует отметить их схожесть, что указывает на идентичность фазовых изменений, происходящих в них при охлаждении. На кривых явно видны характерные изломы, соответствующие переохлаждению, последующему образованию зародышей кристаллов льда и их росту.

На первом участке кривой охлаждения возможность кристаллизации определяется соотношением между температурой объекта и величиной ориентирующих сил, действующих в жидкости. При малой величине ориентирующих сил можно достигнуть температур ниже криоскопической, не вызвав образования кристаллов. Чем меньше ориентирующие силы и действие увеличивающих их дополнительных факторов (чистота, неподвиж-

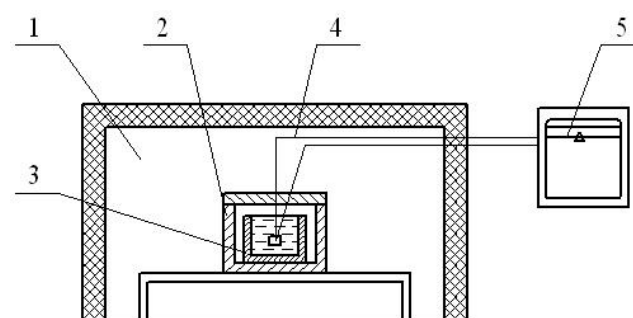


Рисунок 1. Схема для записи термографических кривых: 1 – холодильная камера; 2 – медный блок; 3 – стакан с исследуемым продуктом; 4 – термопара; 5 – потенциометр КСП-4.

¹ Берг, Л. Г. (1969). Введение в термографию. М.: Наука.

² Там же.

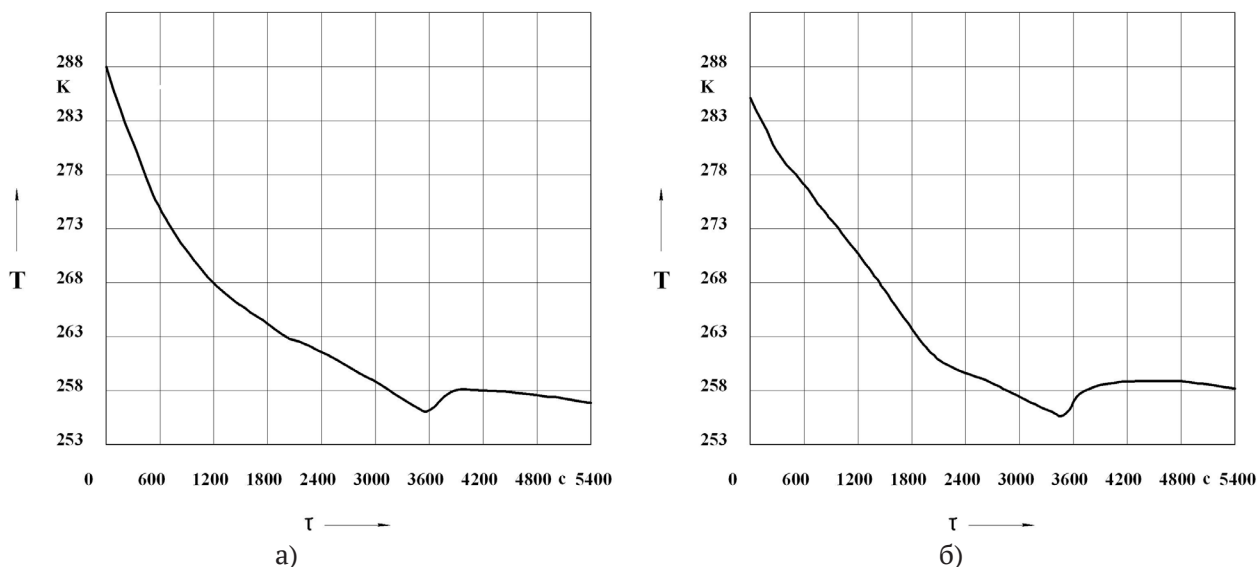


Рисунок 2. Кривые охлаждения спиртованного настоя слив (а) и яблок (б): τ – время, с; T – температура, К

ность жидкости и др.), тем ниже достигаемая температура переохлаждения.

На втором участке кривой выражен процесс переохлаждения жидкости, причём температура переохлаждения тем ниже, чем медленнее протекает процесс снижения температуры. Следовательно, жидкость начинает кристаллизоваться при большей скорости охлаждения.

Фазовое превращение воды в лёд начинается при отводе теплоты в момент нарушения состояния переохлаждения. Поскольку спиртованные настои слив и яблок содержат различные растворённые минеральные и органические вещества, то понижение температуры сопровождается соответствующим изменением концентрации жидкого раствора и выделением некоторого количества теплоты кристаллизации. Наблюдаемые экзотермические эффекты с началом для спиртованного настоя слив при 260,5 К и настоя яблок при 259 К характеризуют начало образования кристаллов льда.

На третьем участке кривой явно выражена криоскопическая температура, причём она не зависит от скорости охлаждения и температуры окружающей среды. Криоскопическая температура, или температура начала образования кристаллов льда, зависит от концентрации раствора, молекулярной массы, диссоциации растворённых веществ и свойств растворителя. Поскольку криоскопическая температура раствора зависит от его концентрации, а последняя в описываемом процессе возрастает с понижением температуры, то процесс можно представить как непрерывное

понижение криоскопической температуры. Поэтому начальной криоскопической температурой принято считать ту, при которой начинается выделение кристаллов льда из раствора без переохлаждения (Овсянников, Кондратьева, Бостынец, & Денежная, 2014; Овсянников & Панченко, 2010).

На четвёртом участке наблюдается дальнейшее охлаждение замороженного продукта. Как и на первом участке охлаждения жидкости, характер поведения кривых идентичен, различима лишь скорость изменения температуры.

На разрыв связей в гидратированных молекулах спиртованного настоя и выделение их в виде твёрдой фазы и воды, как и следовало ожидать, затрачивается энергия, количество которой пропорционально площади экзотермического пика дифференциальной кривой (Ященко 2001). Измерив площадь пика, можно посчитать значение искомой энергии.

На Рисунке 3 показаны термограммы охлаждения жиросодержащих жидкостей в различных фиксированных точках слоя. Характер протекания процесса охлаждения и фазовые переходы аналогичны с термограммами охлаждения спиртованных настоев.

В производственных условиях проведена экспериментально-статистическая оценка процесса вымораживания растительных масел для определения комплексной переработки сырья и промышленной реализации вторичных ресурсов (Ященко, 2017).

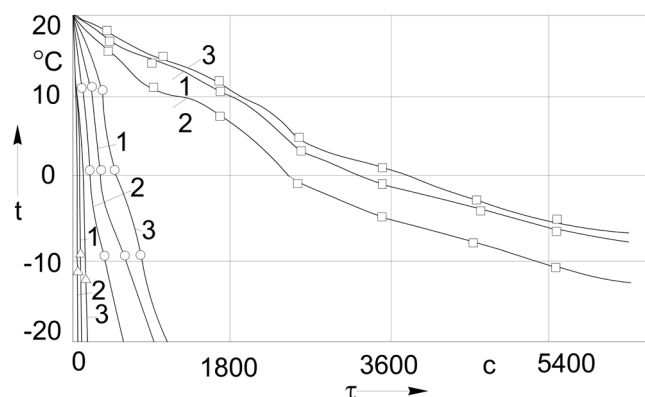


Рисунок 3. Термограммы охлаждения жиросо-
держашего сырья в различных фиксированных
точках слоя от поверхности продукта: 1 – 70 мм;
2 – 100 мм; 3 – 190 мм; при скорости барботиро-
вания: □ – $w_x=1,2$ м/с; ○ – $w_x=2,2$ м/с Δ – $w_x=2,5$ м/с

Выводы

Предложенная методика исследования охлажде-
ния и замораживания спиртованных настоев вто-
ричного сырья плодовоовощного производства
позволяет определить их термические свойства,
а также выявить характерные точки фазовых пре-
вращений. Приведены перспективы использова-
ния жиров и методика их извлечения. Результаты
исследования будут полезны при расчётах и кон-
струировании аппаратов для низкотемпературно-
го концентрирования настоев, которое является
наиболее рациональным методом переработки
плодово-ягодных выжимок для извлечения из них
полезного вещества – пектина. Данная переработ-
ка позволяет наиболее полно использовать отходы
одного из пищевых производств, не утилизируя
их, что, несомненно, вносит огромный вклад в
предотвращение загрязнения окружающей сре-
ды и обеспечения экологической безопасности.

Литература

- Адилов, О. К., Джиянбаев, С. В., & Каршибаев, Ш. Э. (2015). Вторичные продукты масложирового производства. *Молодой ученый*, 2, 118-121.
- Акулов, П. (2013). Современные технологии очист-
ки сточных вод мясоперерабатывающих пред-
приятий. *Все о мясе*, 1, 30-31.
- Антипов, С. Т., Добромиров, В. Е., & Овсян-
ников, В. Ю. (2004). *Тепло- и массообмен при
концентрировании жидких сред вымораживани-
ем: Монография*. Воронеж: ВГТА.
- Антипов, С. Т., & Журавлев, А. В. (2006). *Тепло- и
массообмен при сушке послеспиртовой зерновой*

*барды с закрученным потоком теплоносителя:
Монография*. Воронеж: ВГТА.

- Баутин, В. М., & Мычка, С. Ю. (2015). Направления
развития системы переработки отходов про-
мышленно- производственных подсистем АПК.
Теория науки, 6, 91-95.
- Брындина, Л. В., Полянский, К. К., & Бакланова, О. В.
(2018). Перспективное использование осад-
ков сточных вод в экологическом земледелии. В
*Материалы V Международной научно-практиче-
ской конференции «Продовольственная безопас-
ность: научное, кадровое и информационное обе-
спечение»* (с. 337-341). Воронеж: ВГУИТ.
- Быстранова, А. О., Теплых, С. Ю., & Теплых, Е. А.
(2018). Очистка сточных вод масложировой
промышленности. *Градостроительство и ар-
хитектура*, 8(4), 24-28. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2018.04.5>
- Волотка, Ф. Б., & Богданов, В. Д. (2013). Техно-
логическая и химическая характеристика пив-
ной дробины. *Вестник ТГЭУ*, 1, 114-124.
- Гаджиева, А. М., Абасова, З. У., & Муртазалиева, З. А.
(2020). Ресурсосберегающие технологии ком-
плексной переработки плодовоовощного сырья для
перерабатывающей промышленности Дагестана.
В *Материалы Международной научно-практиче-
ской конференции «Биотехнологические, экологи-
ческие и экономические аспекты создания безопасных
продуктов питания специализированного назначе-
ния»* (с. 359-365). Краснодар: Изд. КубГТУ.
- Голубева, Л. В., Пожидаева, Е. А., Болотова, Н. В.,
& Илюшина, А. В. (2016). Изучение влияния
условий замораживания на микрострукту-
ру творожных полуфабрикатов. В *Материалы
Международной научно-практической конферен-
ции «Явления переноса в процессах и аппаратах
химических и пищевых производств»* (с. 207-210).
Воронеж: ВГУИТ.
- Губайдуллина, А. М. (2010). Теоретические и при-
кладные аспекты применения методов тер-
мического анализа при изучении природных
неорганических систем. *Вестник Казанского
технологического университета*, 8, 250-256.
- Донченко, Л. В., & Фирсов, Г. Г. (2007). *Пектин:
Основные свойства, производство и применение:
Монография*. М.: ДеЛи принт.
- Овсянников, В. Ю., Кондратьева, Я. И., Босты-
нец, Н. И., & Денежная, А. Н. (2014). Исследо-
вание криоскопических температур и вымора-
живания влаги из плодовых соков. *Технологии
пищевой и перерабатывающей промышленности
АПК – продукты здорового питания*, 4, 34-40.
- Овсянников, В. Ю., & Панченко, С. Л. (2010).
Замораживание и размораживание спиртован-
ных настоев. *Хранение и переработка сельхозсы-
рья*, 1, 23-26.

- Панченко, С. Л. (2010). *Исследование процесса концентрирования творожной сыворотки методом вымораживания* (Дисс. канд. техн. наук). Воронеж: ГОУВПО «ВГТА».
- Панченко, С. Л., Горшков, А. Г., & Бочаров, А. И. (2017). Пути решения проблемы загрязнения сточных вод на примере переработки отходов молочной промышленности. В *Материалы V Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций»* (с. 226-227). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России.
- Попов, А. М., Турова, Н. Н., Стабровская, Е. И., Васильченко, Н. В., & Коняев, А. В. (2015). Особенности использования прямого нагрева при концентрировании сыворотки. *Фундаментальные исследования*, 2, 2124-2128.
- Рябчиков, Б. Е. (2004). *Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования*. М.: ДеЛи принт.
- Сатыбалдиева, Д. К., Калманбетова, Г. К., Шаршеева, Э. Б., & Егембердиева, Г. А. (2014). Очистка сточных вод консервного производства. *Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. И. Исанова*, 4, 73-77.
- Степанова, Е. Г., Хомутов, М. П., & Печерица, М. А. (2020). Применение электрокавитации для очистки сточных вод. В *Материалы VII Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: Наука, образование и производство»* (с. 316-319). Воронеж: ВГУИТ.
- Харитонов, Л. А., Лисицкая, Р. П., Мокшина, Н. Я., & Гончаров, Д. В. (2017). Получение адсорбента на основе отходов хлебопекарного производства. В *Материалы VI Международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений»* (с. 98-99). Воронеж: ВГУИТ.
- Щуклин, П. В., Ромашина, Е. Ю., & Ручкина, О. И. (2012). Анализ основных направлений обработки осадков городских сточных вод. *Вестник ПНИПУ. Урбанистика*, 4, 119-133.
- Ященко, С. М. (2001). *Исследование и разработка процесса криогенного вымораживания растительных масел* (Дисс. канд. техн. наук). Воронеж: ВГТА.
- Ященко, С. М. (2017). Комплексная переработка сырья и вторичных ресурсов при производстве растительных масел. В *Материалы III Международной научно-практической конференции «Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья»* (с. 333-336). Воронеж: ВГУИТ.
- Bolzonella, D., Cavinato, C., Fatone, F., Pavan, P., & Cecchi, F. (2012). High rate mesophilic, thermophilic, and temperature phased anaerobic digestion of waste activated sludge: A pilot scale study. *Waste Management*, 32(6), 1196-1201. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.006>

Study of the Process of Freezing Secondary Raw Materials of Food Industry Enterprises

Sergey L. Panchenko

FSOE HE «Military Educational and Scientific Centre of the
Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy»
54 «A», Starykh Bolshevikov Street, Voronezh, 394064, Russian Federation
E-mail: psl84@mail.ru

Sergey M. Yashchenko

FSOE HE «Military Educational and Scientific Centre of the
Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy»
54 «A», Starykh Bolshevikov Street, Voronezh, 394064, Russian Federation
E-mail: serge3y@mail.ru

The article raises an urgent issue related to the processing of secondary resources of food industry enterprises. The main goal is to develop a methodology for investigating cooling and freezing processes. Analysis of sources of pollution and composition of effluents was carried out. The types of modern waste water treatment are given. The characteristics of processes of processing - concentration of extracts of fruit and berry raw materials by frosting in order to extract useful substance for humans - pectin, as well as frosting of fat-containing raw materials of enterprises for processing meat, milk and vegetable oils from waste water are considered. The production of useful products from production waste not only solves the problem of incomplete use of raw materials, but also allows to improve the environmental situation, since the disposal of spent material causes great damage to the environment. Environmental monitoring of food industries with forecast of use of secondary resources is presented. The kinetics experiment of the process of freezing infusions of fruit and berry raw materials was carried out in order to carry out the process of coagulation and precipitation of pectin substances in the form of a precipitate, after which they are easily removed by filtration. Crystallization temperatures and the onset of crystal formation were obtained. Influence of temperature parameter on mechanical cleaning is noted. Studies of fat freezing by cryogenic bubbling of inert gases have been carried out. The method of calculation of energy indicators is given. Characteristics of phase transition of exothermic cooling process are indicated. Chromel copel thermocouples associated with the potentiometer were used to obtain cooling and freezing curves. This technique allows you to study a wide range of other food products. Experimental research is aimed at creating new types of refrigeration equipment, their calculation and design.

Keywords: secondary resources, fruit-berry raw materials, fats, pectin substances, freezing, cooling curves

References

- Adilov, O. K., Dzhiyanbaev, S. V., & Karshibaev, Sh. E. (2015). Vtorichnye produkty maslozhirovogo proizvodstva [Secondary productions of oil and fat production]. *Molodoi uchenyi [Young Scientist]*, 2, 118-121.
- Akulov, P. (2013). Sovremennye tekhnologii oshistki stochnykh vod myasopererabatyvayushchikh predpriyatii [Modern technologies of meat processing enterprises waste water treatment]. *Vse o myase [All about Meat]*, 1, 30-31.
- Antipov, S. T., Dobromirov, V. E., & Ovsyannikov, V. Yu. (2004). *Teplo- i massoobmen pri kontsentrirvani zhidkikh sred vymorazhivaniem: Monografiya [Heat and mass exchange during concentration of the liquid substances by freezing: Monograph]*. Voronezh: VGTA.
- Antipov, S. T., & Zhuravlev, A. V. (2006). *Teplo- i massoobmen pri sushke poslespirtovoi zernovoi bardy s zakruchennym potokom teplonositelya: Monografiya [Heat and mass exchange during drying of the distilled grain stillage with twisting coolant flow: Monograph]*. Voronezh: VGTA.
- Bautin, V. M., & Mychka, S. Yu. (2015). Napravleniya razvitiya sistemy pererabotki otkhodov promyshlenno-proizvodstvennykh podsystem APK [Directions for the development of the waste processing system of industrial production subsystems of APC]. *Teoriya nauki [Theory of Science]*, 6, 91-95.
- Bryndina, L. V., Polyanskii, K. K., & Baklanova, O. V. (2018). Perspektivnoe ispol'zovanie osadkov

- stochnykh vod v ekologicheskom zemledelii [Prospective use of sediments of waste water in ecological agriculture]. In *Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Prodovol'stvennaya bezopasnost': nauchnoe, kadrovoe i informatsionnoe obespechenie"* [Proceedings of 5th International scientific and practical conf. "Food safety: scientific, personnel and informational procuring"] (pp. 337-341). Voronezh: VGUIT.
- Bystranova, A. O., Teplykh, S. Yu., & Teplykh, E. A. (2018). Ochistka stochnykh vod maslozhirovoi promyshlennosti [Oil and fat industry waste water treatment]. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 8(4), 24-28. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2018.04.5>
- Volotka, F. B., & Bogdanov, V. D. (2013). Tekhnologicheskaya i khimicheskaya kharakteristika pivnoi drobiny [Brewer's grain technological and chemical characteristic]. *Vestnik TGEU* [Bulletin of Pacific State Economical University], 1, 114-124.
- Gadzhieva, A. M., Abasova, Z. U., & Murtazaliev, Z. A. (2020). Resursoberegayushchie tekhnologii kompleksnoi pererabotki plodoovoshchnogo syr'ya dlya pererabatyvayushchei promyshlennosti Dagestana [Resource-saving technologies for complex processing of fruit and vegetable raw materials for Dagestan processing industry]. In *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Biotehnologicheskie, ekologicheskie i ekonomicheskie aspekty sozdaniya bezopasnykh produktov pitaniya spetsializirovannogo naznacheniya"* [Proceedings of International scientific and practical conference "Biotechnological, ecological and economical aspects of specialized purpose safety food products creation"] (pp. 359-365). Krasnodar: Izd. KubGTU.
- Golubeva, L. V., Pozhidaeva, E. A., Bolotova, N. V., & Ilyushina, A. V. (2016). Izuchenie vliyaniya uslovii zamorazhivaniya na mikrostrukturu tvorozhnykh polufabrikatov [Study of effect of freezing conditions on microstructure of curd semi-finished products]. In *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Yavleniya perenosa v protsessakh i apparatakh khimicheskikh i pishchevykh proizvodstv"* [Proceedings of International scientific and practical conference "Transfer phenomena in processes and apparatus of chemical and food industries"] (pp. 207-210). Voronezh: VGUIT.
- Gubaidullina, A. M. (2010). Teoreticheskie i prikladnye aspekty primeneniya metodov termicheskogo analiza pri izuchenii prirodnikh neorganicheskikh sistem [Theoretical and applied aspects of use of thermal analysis methods when studying of natural inorganic systems]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 8, 250-256.
- Donchenko, L. V., & Firsov, G. G. (2007). *Pektin: Osnovnye svoystva, proizvodstvo i primeneniye: Monografiya* [Pektin: The main properties, production and applying: monograph]. Moscow: DeLi print.
- Ovsyannikov, V. Yu., Kondrat'eva, Ya. I., Bostynets, N. I., & Denezhnaya, A. N. (2014). Issledovanie krioskopicheskikh temperatur i vymorazhivaniya vlagi iz plodovykh sokov [Research of cryoscopic temperatures and freezing of moisture from fruit juices]. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of Food and Processing Industry AIC – Healthy Food Products], 4, 34-40.
- Ovsyannikov, V. Yu., & Panchenko, S. L. (2010). Zamorazhivanie i razmorazhivanie spirtovannykh nastoev [Freezing and thawing alcoholic infusions]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 1, 23-26.
- Panchenko, S. L. (2010). *Issledovanie protsessa kontsentrirvaniya tvorozhnoi syvorotki metodom vymorazhivaniya* (Diss. kand. tekhn. nauk) [Research of the process of concentration of curd whey by freezing (Master's thesis)]. Voronezh: GOUVPO "VGTA".
- Panchenko, S. L., Gorshkov, A. G., & Bocharov, A. I. (2017). Puti resheniya problemy zagryazneniya stochnykh vod na primere pererabotki otkhodov molochnoi promyshlennosti [Ways of decision of problem pollution of waste water on the example of processing dairy industry waste]. In *Materialy V Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsii"* [Proceedings of All-Russ. scientific and practical conference with international part. "Problems of ensuring safety in liquidation of the consequences of emergency"] (pp. 226-227). Voronezh: FGBOU VO Voronezhskii institut GPS MChS Rossii.
- Popov, A. M., Turova, N. N., Stabrovskaya, E. I., Vasil'chenko, N. V., & Konyaev, A. V. (2015). Osobennosti ispol'zovaniya pryamogo nagreva pri kontsentrirvaniy syvorotki [Features of use direct heating when concentration whey]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Researching], 2, 2124-2128.
- Ryabchikov, B. E. (2004). *Sovremennyye metody podgotovki vody dlya promyshlennogo i bytovogo ispol'zovaniya* [Modern methods of water preparation for industrial and domestic use]. Moscow: DeLi print.
- Satybaldieva, D. K., Kalmanbetova, G. K., Sharshieva, E. B., & Egemberdieva, G. A. (2014). Ochistka stochnykh vod konservnogo proizvodstva [Canning production waste water treatment]. *Vestnik Kyrgyzskogo gosudarstvennogo universiteta stroitel'stva, transporta i arkhitektury im. N. I.*

- Isanova [Bulletin of the Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture. N.I. Isanova], 4, 73-77.
- Stepanova, E. G., Khomutov, M. P., & Pecheritsa, M. A. (2020). Primenenie elektrokavitatsii dlya ochistki stochnykh vod [Electrocavitation using for treatment of waste water]. In *Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Innovatsionnye tekhnologii v pishchevoi promyshlennosti: Nauka, obrazovanie i proizvodstvo"* [Proceedings of International scientific and technical conference "Innovation technologies in food industry: Science, education and production"] (pp. 316-319). Voronezh: VGUIT.
- Kharitonova, L. A., Lisitskaya, R. P., Mokshina, N. Ya., & Goncharov, D. V. (2017). Poluchenie adsorbenta na osnove otkhodov khlebopekarnogo proizvodstva [Obtaining an adsorbent based on bakery waste]. In *Materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Novoe v tekhnologii i tekhnike funktsional'nykh produktov pitaniya na osnove mediko-biologicheskikh vozzrenii"* [Proceedings of International scientific and technical conference "New in technology and technique of functional food products based on biomedical views"] (pp. 98-99). Voronezh: VGUIT.
- Shchuklin, P. V., Romakhina, E. Yu., & Ruchkinova, O. I. (2012). Analiz osnovnykh napravlenii obrabotki osadkov gorodskikh stochnykh vod [Analysis of the main directions of urban waste water sludge treatment]. *Vestnik PNIPU. Urbanistika* [Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Urbanism], 4, 119-133.
- Yashchenko, S. M. (2001). *Issledovanie i razrabotka protsessa kriogenного vymorazhivaniya rastitel'nykh masel* (Diss. kand. tekhn. nauk) [Research and design of process of cryogen freezing of vegetable oils (Master's thesis)]. Voronezh: VGTA.
- Yashchenko, S. M. (2017). Kompleksnaya pererabotka syr'ya i vtorichnykh resursov pri proizvodstve rastitel'nykh masel [Complex processing of raw materials and secondary resources in the production of vegetable oils]. In *Materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Innovatsionnye resheniya pri proizvodstve produktov pitaniya iz rastitel'nogo syr'ya"* [Proceedings of International scientific and practical conference "Innovative decisions in the production of plant-based foods"] (pp. 333-336). Voronezh: VGUIT.
- Bolzonella, D., Cavinato, C., Fatone, F., Pavan, P., & Cecchi, F. (2012). High rate mesophilic, thermophilic, and temperature phased anaerobic digestion of waste activated sludge: A pilot scale study. *Waste Management*, 32(6), 1196-1201. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.006>