

№3 2020

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

№ 3 – 2020

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 Наталья Марковна
Медийный редактор – Вохминцева Елена Павловна

ISSN 2072-9669

eISSN 2658-767X

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

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

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

05.00.00 – Технические науки;
05.18.00 – Технология продовольственных продуктов;
05.20.00 – Процессы и машины агроинженерных систем;
06.00.00 – Сельскохозяйственные науки;
06.01.00 – Агрономия.

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

Адрес:

125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11
Тел. +7 (499) 750-01-11*6585
E-mail: info@spfp-mgupp.ru
Официальный сайт учредителя: mgupp.ru
Официальный сайт редакции: spfp-mgupp.ru

Отпечатано в типографии:

ООО «Информационно-Технологический центр»
Адрес: Российская Федерация, 105203, г. Москва, ул. Нижняя Первомайская, д. 44
Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная. Тираж 500 экз. Подписано в печать 20.03.2020. Свободная цена.

© ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 2020

SPFP

Theoretical and Research & Practice Journal

№ 3 – 2020

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 20.03.2020. Free price.

© FSBEI HE «Moscow State University of Food Production», 2020

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, gnniippspt@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, gnyiippspt@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 Institut of Dairy Industry, gnu-vnimi@yandex.ru
Andrey G. Khramtsov	Academician of RAS, North-Caucasus Federal Univerity, hramtsov@nsctu.ru
Mikhail P. Schetinin	Doctor of Technical Science, Professor, Moscow State University of Food Production, shchetininmihail@mgupp.ru

СОДЕРЖАНИЕ

От редактора

Поздравляем с юбилеем доктора технических наук, профессора Алексея Петровича Нечаева 8

Физические и химические методы переработки сельхозпродукции

Путилина Л.Н., Лазутина Н.А.

Повышение технологического качества сахарной свёклы в результате внекорневого внесения препарата «БиоТерра Антистресс» 9

Донская Г.А., Чумакова И.В.

Влияние температурного воздействия на концентрацию лактоферрина в коровьем молоке 20

Макарова Н.В., Еремеева Н.Б., Елисеева Е.А., Давыдова Я.В.

Исследование органолептических и физико-химических свойств съедобных стаканов на основе яблочного сырья с использованием различных добавок: сухого молока, сухих сливок, картофельного и кукурузного крахмала, карбоксиметилцеллюлозы, лецитина 31

Миневич И.Э., Цыганова Т.Б., Черных В.Я.

Характеристика порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья методом распылительной сушки 46

Исследование свойств веществ и продукции АПК

Зенькова М.Л., Акулич А.В., Мельникова Л.А., Тимофеева В.Н.

Исследование нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси 58

Данильчук Т.Н., Ефремова Ю.Г., Корыстина И.В.

Напитки на основе молочной сыворотки и сублиматов проростков растений 69

Глушаков Р.В., Василенко И.А., Донских А.А., Щетинин М.П.

Оценка иммуногенности и содержания антигена *A. ovis* экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины против анаплазмоза овец 82

Васильева Е.А., Елисеева Е.А., Игнатова Д.Ф., Макарова Н.В.

Органолептические, физико-химические и антиоксидантные свойства снеков на основе черники (*Vaccinium myrtillus*) 102

Проектирование и моделирование продуктов питания нового поколения

Мельденберг Д.Н., Полякова О.С., Семёнова Е.С., Юрова Е.А.

Разработка комплексной оценки белкового состава молока сырья различных сельскохозяйственных животных для выработки продуктов функциональной направленности 118

Егорова М.И., Пузанова Л.Н., Смирнова Л.Ю.

Развитие методологических аспектов идентификации болезней сахарной свеклы при поступлении в технологический поток производства сахара 134

Контроль качества и безопасности продукции АПК

Будылин Д.В., Макарова Н.В., Карпова М.О., Игнатова Д.Ф.

Исследование технологии производства экстрактов зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea Arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea Canephora*) с антиоксидантной активностью: определение типа растворителя 149

Санникова Т.А., Мачулкина В.А., Гулин А.В., Антипенко Н.И.

Безопасный продукт из тыквы – важный залог здорового питания 162

Федосова А.Н., Каледина М.В., Волощенко Л.В.

Психротрофные бактерии сырого молока в технологии полутвердых сыров 171

Слепокурова Ю.И., Василенко И.Н., Жаркова И.М., Лобанов В.Г., Росляков Ю.Ф., Слепокурова А.А.

Аналитическая оценка функционирования отраслевых сегментов зернопродуктовой вертикали АПК России в условиях реализации новой агропромышленной политики 181

Статья-мнение

Ксенафонтов Д.Н., Вьюшинский П.А., Загородников К.А., Якушев А.О.

Современные разработки в области пищевых эмульгаторов и их применение в пищевой промышленности: состояние и перспективы 198

CONTENT

Editorial

Congratulations on the anniversary of Doctor of Technical Sciences, Professor Alexei Petrovich Nechaev 9

Physical and Chemical Methods of Farm Raw Material Processing

L. Putilina, N. Lazutina

Improvement of Sugar Beet Technological Quality as a Result of Foliar Application of the Biologic “Bioterra Antistress” 9

G. Donskaya, I. Chumakova

Temperature Impact on Lactoferrin Concentration in Bovine Milk..... 20

N. Makarova, N. Ereemeeva, E. Eliseeva, Y. Davydova

Study of the Organoleptic and Physico–Chemical Properties of Edible Glasses Based on Apple Raw Materials Using Various Additives: Milk Powder, Dried Cream, Potato and Corn Starch, Carboxymethyl Cellulose, Lecithin..... 31

I. Minevich, T. Tsyganova, V. Chernykh

Characteristics of Powders Produced from Flaxed Raw Materials Using the Spray Drying Method..... 46

Research on Traits of Substances and Agribusiness Products

M. Zenkova, A. Akulich, L. Melnikova, V. Timofeeva

Nutrient Profile Research of Sprouted Soft Wheat Grain Grown in Belarus 58

T. Danilchuk, J. Efremova, I. Korystina

Beverages Based on Whey and Sublimates of Plant Seedlings 69

R. Glushakov, I. Vasilenko, A. Donskikh, M. Shchetinin

Evaluation of the immunogenicity and Antigen Content of A. Ovis of an Experimental Sample of the Adsorbed Inactivated Culture-Cell Vaccine Against Sheep Anaplasmosis..... 82

E. Vasilieva, E. Eliseeva, D. Ignatova, N. Makarova

Organoleptic, Physicochemical and Antioxidant Properties of Blueberry-Based Snacks (*Vaccinium myrtillus*)..... 102

Designing and Modelling the New Generation Foods

D. Meldenberg, O. Polyakova, E. Semenova, E. Yurova

Development of a Comprehensive Milk Protein Composition Assessment From Raw Materials of Various Farm Animals for the Functional Products Production..... 118

M. Egorova, L. Puzanova, L. Smirnova

Development of Methodological Aspects of Identification of Sugar Beet Diseases when Arriving into a Technological Stream for Producing Sugar..... 134

Quality Control and Safety of Agricultural Products

D. Budylin, N. Makarova, M. Karpova, D. Ignatova

Study of the Technology for the Production of Extracts of Grains of Black Roasted Coffee Arabica (*Coffea Arabica*) and Green Coffee Robusta (*Coffea Canephora*) with Antioxidant Activity: Determination of the Type of Solvent 149

T. Sannikova, V. Machulkina, A. Gulin, N. Antipenko

Safe Pumpkin Product is an Important Healthy Plant..... 162

A. Fedosova, M. Kaledina, L. Voloshenko

Psychrotrophic Bacteria of Raw Milk in the Technology of Semi-Hard Cheese..... 171

Y. Slepokurova, I. Vasilenko, I. Zharkova, V. Lobanov, Y. Roslyakov, A. Slepokurova

Analytical Assessment of the Functioning of Industry Segments Vertical Grain Products, Agriculture in Russia in the Implementation of the New Agricultural Policy 181

Version article

D. Ksenafontov, P. V'jushinskij, K. Zagorodnikov, A. Jakushev

Modern Developments in the Field of Food Emulsifiers and Their Application in the Food Industry.. 198

Поздравляем с юбилеем доктора технических наук, профессора Алексея Петровича Нечаева

21 июня 2020 г. кафедра органической химии, коллеги, ученые и педагоги, администрация Московского государственного университета пищевых производств чествовали юбиляра – Алексея Петровича Нечаева. Профессору А.П. Нечаеву исполнилось 90 лет. Он принадлежит к плеяде ученых, трудом которых создавались история и слава университета.

Алексей Петрович Нечаев – активный участник всех значительных событий в МГУПП. Он всегда в гуще общественной жизни университета с наступательной, принципиальной позицией. Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор А.П. Нечаев – создатель и руководитель крупной отечественной научной школы в области липидологии и пищевой химии.

Алексея Петровича отличают энергия, трудолюбие, умение сформулировать новую научную проблему и увлечь коллег на ее реализацию. Доктор технических наук, профессор А.П. Нечаев – ветеран труда РФ, заслуженный изобретатель СССР, отличник высшего образования СССР и России, награжден медалями ВДНХ, имеет правительственные награды.

После окончания в 1953 г. МТИПП по специальности «Технология и синтез витаминов» он работал на Йошкар-Олинском, а затем на Щелковском витаминных заводах. В 1959 г. А.П. Нечаев вернулся в институт и за 6 лет прошел путь от аспиранта до заведующего кафедрой органической химии, которую возглавлял более 35 лет.

Круг его научных интересов – тонкий органический синтез биологически активных соединений, пищевая химия, химия, биотехнология и технология липидов, исследования в области пищевых ингредиентов, белковых композитов, технологии новых пищевых продуктов, методов анализа пищевых систем. В каждое из этих научных направлений он вносит новые идеи, творческие решения, умело объединяя вокруг себя учеников и последователей. Способность генерировать новые научные идеи и организовывать их реализацию – его отличительная черта.

Алексеем Петровичем проведены теоретические исследования каталитической модификации масел и жиров; разработаны новые виды жировых продуктов. Большое внимание он уделяет синтезу и технологиям получения и применения пищевых добавок, организации исследований в этой области. Результаты исследований опубликованы: более 500 статей в отечественных и зарубежных журналах, свыше 60 авторских свидетельств и патентов; десятки выступлений на конференциях как в нашей стране, так и за рубежом.

Вся жизнь А.П. Нечаева связана с подготовкой специалистов. Итог – свыше 80 кандидатских работ, 15 докторских диссертаций, выполненных под его руководством. Ученики А.П. Нечаева работают не только в России, странах СНГ, но и в США, Австралии, Израиле, Индии, ФРГ.

Профессор А.П. Нечаев – один из инициаторов современной концепции химической подготовки специалистов по технологии продуктов питания, чтения новых в нашей стране курсов: «Пищевая химия», «Пищевые и биологически активные добавки и улучшители», «Качество и безопасность продуктов питания» и др. Он является основоположником подготовки специалистов по профилю «Технология пищевых ингредиентов» и по магистерской программе «Пищевые добавки и улучшители», которая успешно реализуется.

Он автор и соавтор многих учебников, научных монографий и методических разработок, принимает активное участие в разработке основных направлений развития науки и техники в пищевых и перерабатывающих отраслях АПК, концепции здорового питания населения России, ее реализации в науке, технологии, подготовке кадров.

Коллектив редакции научного журнала «Хранение и переработка сельхозсырья» еще раз поздравляет Алексея Петровича и желает многих творческих лет ученому и педагогу.

Коллектив ФГБОУ «МГУПП»

Повышение технологического качества сахарной свёклы в результате внекорневого внесения препарата «БиоТерра Антистресс»

Путилина Людмила Николаевна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»

Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, дом 86

E-mail: lputilina@bk.ru

Лазутина Надежда Александровна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»

Адрес: 396030, Воронежская обл., п. ВНИИСС, дом 86

E-mail: lputilina@bk.ru

Важнейшей задачей, стоящей перед аграрным комплексом РФ, является повышение урожайности и улучшение технологического качества сахарной свёклы, что невозможно без полной обеспеченности растений питательными веществами. Целью наших исследований являлось изучение изменений технологических показателей корнеплодов в зависимости от внекорневой подкормки растений новым комплексным биопрепаратом «БиоТерра Антистресс». Для объективной оценки эффективности применения данного препарата в 2019 году проводили исследования в производственных свекловичных посевах 3-х хозяйств Воронежской (ООО «ЮВАГ»), Тамбовской (ООО «Золотая Нива») и Брянской (ООО «Агропродукт») областей, где высевали разные гибриды и в разные периоды осуществляли отбор проб для определения биологической урожайности и технологических характеристик корнеплодов. Внекорневая двукратная подкормка растений сахарной свёклы биопрепаратом «БиоТерра Антистресс» с оптимальной нормой расхода 1,3 л/га (в фазу 2–3 пар листьев и в фазу смыкания рядков) позволила получить прибавку урожайности 5,0–12,5 т/га (или 9,1–14,7%), сахаристости – 0,30–0,70 абс.% относительно соответствующих контрольных вариантов в разных почвенно-климатических условиях. Образцы опытных вариантов превзошли контрольные без обработки по выходу сахара на 0,28–0,58 абс.% и по сбору очищенного сахара с 1 га на 1,34 т/га (19,42%) – Воронежская область, 0,83 т/га (11,38%) – Тамбовская область, 2,17 т/га (18,55%) – Брянская область. Разработанный компанией ООО НПФ «ЭкоБиоТехнология» новый комплексный препарат «БиоТерра Антистресс» для сахарной свёклы, в состав которого входят несколько различных действующих веществ (макро- и микроэлементы в хелатной форме, гуминовые соединения, органические кислоты, микроорганизмы) с разным механизмом действия, показал стабильный эффект в широком диапазоне почвенно-климатических условий. Полученные данные производственных опытов позволяют рекомендовать его к практическому использованию на сахарной свёкле с нормой расхода 1,3 л/га, как экологически безопасный биопрепарат, способствующий увеличению урожайности, сахаристости, прогнозируемого выхода сахара, сбора очищенного сахара с 1 га и рентабельности агроприёма.

Ключевые слова: внекорневая подкормка, биопрепарат, урожайность, сахаристость, выход сахара, сбор очищенного сахара, рентабельность

Введение

В современных условиях свекловодство является одной из главных отраслей сельскохозяйственного производства и в ряде регионов РФ определяет экономику сельхозпредприятий. За последние годы удалось добиться устойчивого роста объёмов производства сахарной свёклы, и, соответственно, выработки сахара из нее. Сред-

няя площадь посевов данной сельскохозяйственной культуры на протяжении последних 5 лет (2015–2019 гг.) была на уровне 1120 тыс. га. За счет применения прогрессивных агротехнологий при возделывании сахарной свёклы средняя урожайность её увеличилась до 470 ц/га. В 2019 году сахаристость корнеплодов при приёме была на уровне 18,0%, биологический сбор сахара с одного гектара посевов составил 8,5 т/га.

Причинами снижения генетического потенциала возделываемых гибридов сахарной свёклы, ограничивающими их продуктивность, являются неблагоприятные погодные условия, несбалансированное минеральное питание и пестицидная нагрузка (Харченко, 2010). Важнейшей задачей, стоящей перед аграрным комплексом РФ, является повышение урожайности и улучшение технологического качества корнеплодов, что невозможно без полной обеспеченности растений питательными веществами. В процессе вегетации сахарная свёкла использует разные элементы питания: макро- (калий, фосфор, азот); мезо- (кальций, сера, магний); микроэлементы (бор, медь, молибден, железо, цинк, марганец, кобальт и др.). Но, согласно закону минимума Либиха полноценное развитие сельскохозяйственных культур зависит от того элемента, который присутствует в минимальном количестве (Сушков, 2016, с. 19–22; Гуреев, 2017, с. 10–13). Кроме этого, большинство элементов питания не полностью усваивается растениями, так как находится в почве в связанном состоянии. Поэтому при возделывании сахарной свёклы большое значение придают внекорневым (листовым) подкормкам (Ксенз, Рущая, 1983, с. 30–31; Костин, Мулянов, 2005, с. 66–68; Костин, Сяпуков, Сяпуков, 2007, с. 124–127; Жердецкий, Заришняк, Ступенко, 2010, с. 20–27; Минакова, Косякин, Александрова, 2019, с. 52–55). Этот агроприём является дополнительным источником питания растений и не заменяет основные этапы внесения удобрений. Изменяя направленность и интенсивность биохимических процессов в растениях, внекорневая подкормка не только обеспечивает сельскохозяйственную культуру необходимыми питательными веществами, но и благоприятно воздействует на корневое питание, и, тем самым, способствует повышению урожайности и качества корнеплодов (Лещенко, Борисюк, 1991, с. 31–33).

В литературе имеются многочисленные сведения об активном использовании сельхозпроизводителями в качестве внекорневых подкормок сахарной свёклы препараты на основе микроэлементов (Шпаар, Дрегер, Захаренко, 2012; Ивановский, Родионов, Малыхин, 2013, с. 27–29; Будыкова, Шедужен, 2014, с. 14–24; Власова, 2018, с. 20–22). Наиболее технологичными в настоящее время считаются микроудобрения в хелатной форме, отличающихся высоким коэффициентом усвояемости растениями (Савенко, 2012, с. 24–26; Заришняк, Стрилец, 2013, с. 10–12; Аскаров, 2016, с. 39–42; Путилина, Косякин, Лазутина, 2018, с. 42–45; Путилина, Гаврин, Кульнева, 2020, с. 49–58).

Современный рынок изобилует разными типами удобрений, предназначенных для листовых подкормок сельскохозяйственных культур: препараты, содержащие только микроэлементы (Рексолин АБС, Аквадон-Микро и др.); препараты, в составе которых присутствуют и макро-, и микроэлементы (Кристалон, Акварин и др.); биологически-активные препараты, которые помимо макро- и микроэлементов содержат фитогормоны, координирующие физиологические процессы, а также различные гуминовые соединения (Спидфол, Лигнас, Лигногумат калия и др.) (Гаврин, Бартечев, Кравец, 2012, с. 27–29).

На сегодняшний день в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и сахарной свёклы, отчетливо проявляется тенденция всемерного увеличения доли азотных удобрений в структуре вносимых удобрений, а также массированного применения разнообразных химических средств защиты растений и агрохимикатов. К сожалению, это вызывает необратимые изменения в биохимических и микробиологических процессах, определяющих плодородие почвы (Завалин, 2005; Дворянкин, Дворянкин, Ярошук, 2010, с. 19–21). Кроме того, наблюдается тенденция сокращения полезных групп микроорганизмов во многих почвах и в то же время увеличение численности и разнообразия вредных видов, что также вызывает ухудшение экологической обстановки агроценозов (Завалин, 2005). Одним из важных направлений биологизации земледелия является разработка биопрепаратов комплексного действия, активизирующих растительно-микробные взаимодействия. Их применение способствует снижению химической нагрузки на агроценоз сельхозугодий, улучшает питание растений, стимулирует интенсивность ростовых процессов и одновременно оказывает защитный эффект от различных внешних стрессовых ситуаций, и, в конечном итоге, все это приводит к росту урожайности и качества сельскохозяйственной продукции (Даскин, Антонова, 2013, с. 24–26; Рамазанов, Назаренко, Пожарский, 2017, с. 20–21).

В связи с вышеизложенным, своевременным является разработка экологически безопасных биопрепаратов, использование которых позволит решить актуальные проблемы в свекловодстве, касающиеся продуктивности и, самое главное, качества свеклосырья для сахарного производства. Целью наших исследований являлось изучение изменений технологических показателей корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от внекорневой подкормки растений новым комплексным биопрепаратом.

Материалы и методы исследований

Для достижения поставленной цели сотрудниками ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» с 2016 по 2019 год проводилась оценка эффективности комплексного препарата «БиоТерра Антистресс» для сахарной свёклы, разработанного компанией ООО НПФ «ЭкоБиоТехнология».

В течение 2016–2018 гг. закладывались мелко-деляночные опыты в хозяйствах Воронежской, Курской, Орловской, Белгородской, Тамбовской и Липецкой областей, которые позволили определить оптимальную норму расхода биопрепарата и фазу вегетирующих растений сахарной свёклы для проведения внекорневой (листовой) подкормки.

Для объективной оценки эффективности применения препарата «БиоТерра Антистресс» в производственных свекловичных посевах в 2019 году проводили исследования в 3-х хозяйствах Воронежской, Тамбовской и Брянской областей с различными почвенно-климатическими условиями, где высевали гибриды фирмы Betaseed, отличающихся селекционным направлением (п-тип – урожайно-сахаристый, z-тип – сахаристый, пе-тип – урожайный) и в разные периоды времени осуществляли отбор проб для определения биологической урожайности и технологических характеристик корнеплодов (Таблица 1).

Препарат «БиоТерра Антистресс» для сахарной свёклы – удобрение с гуминовыми веществами, органическими кислотами, микроэлементами в

хелатной форме, обогащённое микроорганизмами, предназначенное для листовой подкормки, имеет следующий состав (Таблица 2).

Производственный опыт проводили по следующей схеме:

- контроль (без внесения биопрепарата);
- опыт (внекорневая обработка препаратом «БиоТерра Антистресс» для сахарной свёклы, норма расхода биопрепарата 1,3 л/га, рабочего раствора – 200 л/га). Первую листовую обработку вегетирующих растений сахарной свёклы осуществляли в фазу 2–3 пар листьев; вторую – в фазу смыкания рядков.

Обработку свекловичных посевов химическими средствами защиты растений (ХСЗР) проводили согласно технологической схеме рассматриваемых хозяйственных предприятий.

Метеорологические условия вегетационного периода 2019 года в регионах проведения производственных опытов в целом были благоприятны для роста и развития растений сахарной свёклы.

По завершении производственных испытаний в хозяйствах были отобраны пробы корнеплодов диагональным методом согласно методическим указаниям¹, чтобы проанализировать их массу, урожайность, химический состав, сбор очищенного сахара с гектара.

Технологические показатели корнеплодов оценивали в лаборатории хранения и переработки сы-

Таблица 1

Сельскохозяйственные предприятия, в свекловичных посевах которых проводились испытания препарата «БиоТерра Антистресс» (2019 г.)

Хозяйство	Регион	Площадь участка, га		Гибрид	Дата отбора образцов
		контроль	опыт		
ООО «Юго-Восточная Агрогруппа» (ЮВАГ)	Воронежская область (Грибановский р-он, отд. Малая Грибановка, Аф «Грибановская», поле № 115)	234	40	Бритни (п-тип – урожайно-сахаристый)	19.08
ООО «Золотая Нива»	Тамбовская область (Знаменский р-он, с. Дуплято-Маслово, поле № 7)	144	40	БТС 590 (z-тип – сахаристый)	26.08
ООО «Агропродукт»	Брянская область (Комаричский р-он, п. Лупандино)	124	20	БТС 950 (пе-тип – урожайный)	14.10

¹ Апасов И.В., Бартенев И.И., Путилина Л.Н., Смирнов М.А., Подвигина О.А., Гаврин Д.С., Лазутина Н.А., Алименко И.А., Козлов Е.В. Методические указания по организации производственных испытаний гибридов сахарной свёклы // Воронеж: Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2018. 50 с.

Таблица 2

Состав комплексного препарата «БиоТерра Антистресс» для сахарной свёклы

Содержание действующего вещества	% в объёме, не менее
Азот общий (N), в т.ч. нитратный (NO ₃)	5,19
Фосфор, растворимый в воде (P ₂ O ₅)	0,55
Сера, растворимая в воде (SO ₃)	11,20
Калий, растворимый в воде (K ₂ O)	4,58
Магний, растворимый в воде (MgO)	4,26
Железо*, растворимое в воде (Fe ⁺)	0,24
Медь*, растворимая в воде (Cu ⁺)	1,36
Марганец*, растворимый в воде (Mn ⁺)	1,44
Цинк*, растворимый в воде (Zn ⁺)	1,16
Бор, растворимый в воде (B)	9,60
Кобальт*, растворимый в воде (Co ⁺)	0,11
Гуминовые вещества	4,20
Органические соединения	40,00
pH _{вод}	7,50
Споры штамма <i>Bacillus subtilis</i> титр не менее 1x10⁹-КОЕ/мл	
Биодоброение «Никфан» - продуцент гриба-эндифита <i>Symbiophytum hippophae</i> В-01/03	

Примечание: * – в хелатной форме

рья ФГБНУ «ВНИИСС имени А.Л. Мазлумова» с использованием общепринятых методов анализа свёклы и полупродуктов сахарного производства^{2,3,4}.

Результаты исследований

В результате производственных испытаний установлено, что в контрольном варианте биологическая урожайность сахарной свёклы на момент уборки во всех хозяйствах была наименьшей и варьировала от 54,5 до 85,0 т/га (Таблица 3).

Применение биопрепарата «БиоТерра Антистресс» для сахарной свёклы в качестве внекорневой подкормки в разных хозяйствах обеспечило прибавку урожайности в пределах 5,0–12,5 т/га (или 9,1–14,7%) относительно соответствующих контрольных вариантов.

При визуальном осмотре корнеплодов было отмечено, что во всех представленных пробах они были здоровыми, с нормальным тургором. Саха-

ристость корнеплодов в опытных образцах составила 16,60; 16,65 и 17,27%, что на 0,70; 0,30 и 0,55 абс.% выше значений контрольных вариантов соответственно (Таблица 4).

Во всех представленных образцах корнеплодов содержание редуцирующих веществ (РВ) не превысило значение для свёклы удовлетворительного качества по П.М. Силину (0,1% к массе свёклы) и находилось на уровне 0,066–0,089%. Тем не менее, в опытных вариантах анализируемый показатель был ниже в сравнении с соответствующими контрольными вариантами на 3,7–10,1%.

В пробах с обработкой растений препаратом «БиоТерра Антистресс» для сахарной свёклы отмечено повышенное содержание в корнеплодах мелассообразующих веществ: натрия на 6,9–79,4%; калия – на 15,8–37,9%; α-аминного азота – на 16,4–60,5% относительно соответствующих контрольных вариантов. Присутствие этих компонентов, затрудняющих экстракцию кристаллизованного сахара, возможно, оказало влияние на незначительное увеличение его по-

² Лосева В.А., Ефремов А.А., Квитко И.В. Методы исследования свойств сырья и готовой продукции (теория и практика) // Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж: ВГТА, 2008. 247 с.

³ Славянский А.А., Вовк Г.А., Жигалов М.С. Лабораторный практикум по методам исследований свойств сырья и продуктов питания // М.: Издательский комплекс МГУПП, 2006. 124 с.

⁴ Чернявская Л.И., Пустоход А.П., Иволга Н.С. Технохимический контроль сахара-песка и сахара рафинада: учеб. для техникумов по спец. «Технология сахаристых веществ». М.: Колос, 1995. 382 с.

Таблица 3

Биологическая урожайность сахарной свёклы (2019 г.)

Хозяйство	Биологическая урожайность, т/га		Прибавка урожайности, т/га (%)
	контроль	опыт	
ООО «ЮгоВосточная Агрогруппа» (ЮВАГ)	54,5	62,3	7,8 (14,3)
ООО «Золотая Нива»	55,0	60,0	5,0 (9,1)
ООО «Агропродукт»	85,0	97,5	12,5 (14,7)
НСР _{0,5} =4,8 т/га			

Таблица 4

Технологические показатели корнеплодов сахарной свёклы (2019 г.)

Показатель	Сельскохозяйственное предприятие					
	ООО «ЮВАГ»		ООО «Золотая Нива»		ООО «Агропродукт»	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Сахаристость, % НСР _{0,5} = 0,28	15,90	16,60	16,35	16,65	16,72	17,27
Содержание калия, ммоль/100 г свёклы	4,85	6,69	3,39	4,00	4,63	5,36
Содержание натрия, ммоль/100 г свёклы	2,31	2,47	1,94	3,48	0,44	0,60
Содержание α-NH ₂ , ммоль/100 г свёклы	1,78	2,76	1,95	3,13	1,40	1,63
Содержание РВ, % к массе свёклы	0,089	0,080	0,081	0,078	0,072	0,066
Чистота очищенного све- кловичного сока,%	92,2	93,0	92,0	92,5	92,9	93,4
Прогнозируемые потери сахара в мелассе,%	2,25	2,37	2,10	2,12	1,95	2,04
Прогнозируемый выход сахара,%	12,65	13,23	13,25	13,53	13,77	14,23
Коэффициент извлечения сахара из свёклы,%	79,56	79,70	81,04	81,26	82,36	82,40

терь в мелассе в процессе переработки корнеплодов на 0,02–0,12 абс.% относительно вариантов без внекорневой подкормки.

В вариантах с применением биопрепарата чистота очищенного свекловичного сока составила 92,5–93,4%, что выше значений соответствующих контрольных вариантов на 0,5–0,8 абс.%.

Сложный химический состав сахарной свёклы и колебания количества отдельных компонентов обуславливает различные особенности при

её переработке с достижением разных значений содержания сахара в мелассе, его выхода и извлекаемости сахарозы из корнеплодов. Так, в результате расчёта прогнозируемых технологических показателей получено, что, несмотря на незначительное превышение в корнеплодах опытных вариантов с внесением биопрепарата доли вредных несахаров, выход сахара достиг уровня 13,23–14,23%, что на 0,28–0,58 абс.% выше в сравнении с соответствующими контрольными вариантами. Опытные образцы характеризовались лучшей извлекаемостью сахарозы: коэффициент извлечения

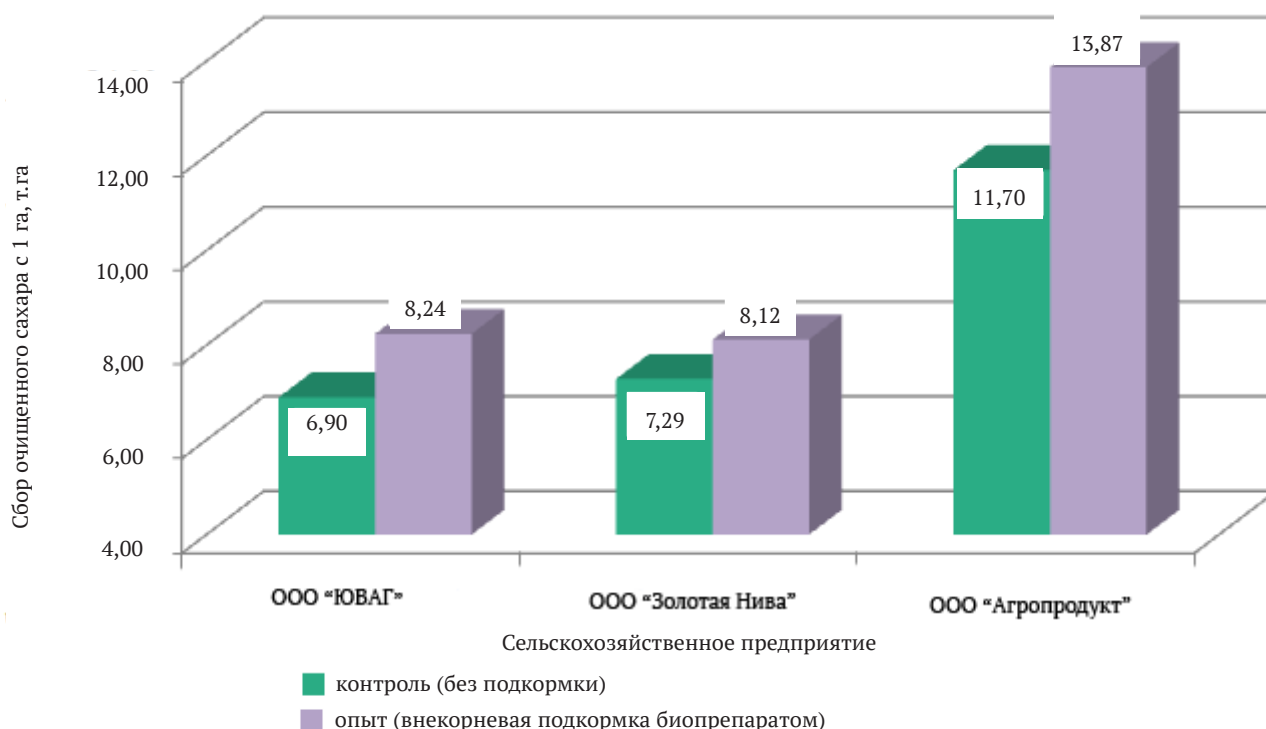


Рисунок 1. Сбор очищенного сахара с 1 га в зависимости от применения препарата «БиоТерра Антистресс» для сахарной свёклы ($НСП_{0,5} = 0,65$ т/га)

сахара из корнеплодов аналогичного качества превысил значения соответствующих контролей на 0,04–0,22 абс.% и составил 79,70–82,40%.

Сбор очищенного сахара с 1 га, напрямую зависящий от урожайности корнеплодов и выхода сахара при переработке сырья на заводе, является основным интегральным показателем, который характеризует эффективность свеклосахарного производства. Полученные данные позволяют судить о том, что опытные варианты с внекорневой подкормкой биопрепаратом комплексного действия превзошли контроль без обработки на 1,34 т/га (ООО «ЮВАГ»), 0,83 т/га (ООО «Золотая Нива»), 2,17 т/га (ООО «Агропродукт») или на 19,42, 11,38, 18,55% соответственно (Рисунок 1).

Затраты на внесение препарата «БиоТерра Антистресс» составили 676 рублей на 1 га с учетом двукратной обработки вегетирующих растений. Дополнительная выручка от его применения при стоимости сахарной свёклы 1800 руб./т достигла 13896 руб. с 1 га (ООО «ЮВАГ»), 9000 руб. с 1 га (ООО «Золотая Нива») и 22464 руб. с 1 га (ООО «Агропродукт»). Дополнительная прибыль в этих хозяйствах составила 13220, 8324, 21788 руб. с 1 га соответственно. Экономический расчет исследуемого агроприёма показал рентабельность применения нового комплексного препарата на посевах

сахарной свёклы – 1955, 1231 и 3223% соответственно.

Обсуждение результатов исследований

Урожайность и качество сельскохозяйственных культур – основные критерии эффективности того или иного агроприёма – являются итогом физиолого-биохимических процессов, протекающих в растениях, направленность которых зависит от генетической природы самого растения и условий внешней среды (Шеуджен, Бондарева, Кизинек, 2013).

Наблюдаемое варьирование урожайности и технологических показателей корнеплодов в контрольных вариантах (без подкормки биопрепаратом) в разных областях на дату отбора проб может быть связано как с генетическими особенностями возделываемых гибридов сахарной свёклы, так и с почвенно-климатическими условиями хозяйств, относящихся к разным географическим зонам. Несмотря на то, что сроки уборки корнеплодов были значительно растянуты (со II декады августа по II декаду октября), сохранялась тенденция повышения урожайности и сахаристости в опытных вариантах с внесением биопрепарата во всех изучаемых хозяйствах.

В результате производственных опытов, проведенных в 2019 году в разных хозяйствах, выявлено, что применение препарата компании ООО НПФ «ЭкоБиоТехнология» – «БиоТерра Антистресс» – в качестве внекорневой подкормки сахарной свёклы способствует увеличению урожайности, сахаристости, прогнозируемого выхода сахара, сбора очищенного сахара и рентабельности агроприёма. Возможно, полученный эффект от внесения испытываемого биопрепарата в баковой смеси с ХСЗР, предусмотренными в хозяйствах, обусловлен его многокомпонентностью. Предполагаем, что содержание небольших доз азота, фосфора и калия в сочетании с микроэлементами и гуминовыми веществами не угнетает микроорганизмы почвы, а, наоборот, стимулирует их рост и активность. Это способствует повышению поглощения и усвоения элементов питания как из самого препарата, так и внесённых в почву минеральных удобрений.

Для бактерий рода *Bacillus subtilis*, используемых в составе комплексного биопрепарата, характерна способность выделять в окружающую их среду ферменты и слабые органические кислоты, обеспечивающие трансформацию трудно растворимых элементов питания почвы в легкодоступные для растений формы; витамины и полисахариды, способствующие активному развитию почвенной биоты; антибиотики, которые подавляют развитие патогенов⁵.

Немаловажное значение в жизни растений играют симбиотические микроорганизмы, которые обеспечивают их минеральным питанием, защищают от патогенов и фитопатогенов, а также повышают адаптационную способность к различным стрессам (Нурмухаметов, Мифтахова, Багаутдинова, Киреева, 2009, с. 395–399). Наибольшее экологическое значение для растений имеют эндосимбионты – микоризные грибы (грибы-эндифиты), обеспечивающие ассимиляцию фосфор- и азотсодержащих веществ из почвы (Дьяков, 2003, с. 73–78). Введение в испытываемый препарат биоудобрения «Никфан» вызвано тем, что оно является продуктом метаболизма грибов-эндифитов из корней облепихи, способных обогащать почву азотом из атмосферы. Как известно, урожайность сельскохозяйственных культур определяется степенью микотрофности, то есть насыщенностью частей растений грибами-эндифитами в совокупности с природными факторами. Основным отличием используемого в биопрепарате продуцента Никфана является то, что он представляет собой

вытяжку фитогормонов, полученных из микроорганизмов определенных штаммов, то есть уже готовое активное вещество.

Таким образом, применение комплексного биопрепарата, разработанного ООО НПФ «ЭкоБиоТехнология», способствует установлению («конструированию») оптимальных природных симбиотических взаимоотношений между почвой, растением и микроорганизмами. Это позволяет сбалансировать питание сахарной свёклы азотом, фосфором, калием и другими макро- и микроэлементами за счет повышения поглощения и усвоения питательных веществ почвы и основного удобрения, стимулировать рост и развитие растений, обеспечить их защиту от стресс-факторов окружающей среды, включая пестицидный, что, в конечном итоге, приводит к повышению продуктивности и качества корнеплодов.

Выводы

Разработанный компанией ООО НПФ «ЭкоБиоТехнология» новый комплексный препарат – «БиоТерра Антистресс» для сахарной свёклы является органически-сбалансированным биопрепаратом, так как в его состав входят несколько различных действующих веществ с разным механизмом действия, и его эффект оказывается стабильным в широком диапазоне природно-климатических условий. Полученные данные производственных опытов позволяют рекомендовать его к широкому практическому использованию на сахарной свёкле разного селекционного направления с нормой расхода 1,3 л/га как экологически безопасный биопрепарат, способствующий увеличению урожайности, сахаристости, прогнозируемого выхода сахара, сбора очищенного сахара и рентабельности агроприёма.

Благодарности

Выражаем благодарность специалистам ООО НПФ «ЭкоБиоТехнология» и лично директору Фёдорову М.Ф., заместителю директора Молоканову Е.И., главному технологу Фомину Е.В. за профессиональную и оперативную помощь в организации и проведении исследований, благодаря которым была доказана эффективность нового комплексного биопрепарата «БиоТерра Антистресс» для сахарной свёклы в хозяйствах Воронежской, Тамбовской и Брянской областей.

⁵ Рахманкулова З.Ф., Рахматуллина С.Р., Фархутдинов Р.Г., Федяев В.В. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений с основами фитопатологии: учебное пособие. Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. 212 с.

Литература

- Аскарлов В.Р. Влияние микроудобрений и фунгицидов на продуктивность свекловичных посевов // Сахарная свёкла. 2016. № 9. С. 39-42.
- Булдыкова И.А., Шеуджен А.Х. Влияние микроудобрений на урожайность и качество корнеплодов сахарной свёклы // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 98(04). С. 14-24.
- Власова Я.В. «Ультрамаг Комби»: микроудобрения, которые разрывают шаблоны // Сахар. 2018. № 5. С. 20-22.
- Гаврин Д.С., Бартенев И.И., Кравец М.В. Особенности современных микроудобрений // Сахарная свёкла. 2012. № 4. С. 27-29.
- Гуреев И.И. Оптимизация питания сельскохозяйственных культур // Сахарная свёкла. 2017. № 5. С. 10-13.
- Даскин В.Ю., Антонова О.И. Формирование качества урожая при внесении Интермаг Профи Свекла и Интермаг Элемент Бор // Сахарная свёкла. 2013. № 4. С. 24-26.
- Дворянкин Е.А., Дворянкин А.Е., Ярошук М.С. Влияние лигногумата Na и подкормок азотом на активность микробиологических процессов в почве // Сахарная свёкла. 2010. № 4. С. 19-21.
- Дьяков Ю.Т. Грибы и растения // Природа. 2003. № 5. С. 73-78.
- Жердецкий И.Н., Заришняк А.С., Ступенко А.В. Влияние некорневой подкормки микроудобрениями на продуктивность сахарной свёклы и содержание в ней микроэлементов // Агрохимия. 2010. № 10. С. 20-27.
- Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай // М.: Издательство ВНИИА, 2005. 302 с.
- Заришняк А.С., Стрилец О.П. Роль микроудобрений в повышении продуктивности сахарной свёклы // Сахарная свёкла. 2013. № 4. С. 10-12.
- Ивановский М.Н., Родионов К.Л., Малыхин А.В. Роль микроудобрений в формировании продуктивности в условиях Центрального Черноземья // Сахарная свёкла. 2013. № 1. С. 27-29.
- Костин В.И., Мулянов А.Г. Влияние предуборочной внекорневой подкормки на качество и технологические показатели сахарной свёклы // Энергосберегающие технологии в растениеводстве: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2005. С. 66-68.
- Костин О.В., Сяпуков Е.Е., Сяпуков И.А. Влияние внекорневой подкормки на технологические качества сахарной свёклы // Современные проблемы технологии производства, хранения, переработки и экспертизы качества продукции. Мичуринск: Изд. ФГОУ ВПО Мич. ГАУ, 2007. Т. 1. С. 124-127.
- Ксенз Л.И., Руцкая С.И. Некорневая подкормка свёклы // Сахарная свёкла. 1983. № 6. С. 30-31.
- Лещенко Е.В., Борисюк В.А. Некорневая подкормка // Сахарная свёкла. 1991. № 3. С. 31-33.
- Минакова О.А., Косякин П.А., Александрова Л.В. Эффективность различных видов подкормки сахарной свёклы в ЦЧР // Сахар. 2019. № 3. С. 52-55.
- Нурмухаметов Н.М., Мифтахова А.М., Багаутдинова Г.Г., Киреева Н.А. Биопрепараты на основе эндомикоризных грибов для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур // Вестник Башкирского университета. 2009. Т. 14, № 2. С. 395-399.
- Путилина Л.Н., Гаврин Д.С., Кульнева Н.Г. Формирование технологического качества корнеплодов сахарной свёклы под действием внекорневых подкормок // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020. № 1. С. 49-58.
- Путилина Л.Н., Косякин П.А., Лазутина Н.А. Влияние микроудобрений в хелатной форме на технологическое качество и продуктивность сахарной свёклы в условиях ЦЧР // Сахар. 2018. № 3. С. 42-45.
- Рамазанов Р.Р., Назаренко Д.Ю., Пожарский В.Г. Инновационный элемент в технологии выращивания сахарной свёклы // Сахарная свёкла. 2017. № 3. С. 20-21.
- Савенко О.В. Эффективность листовых подкормок сахарной свёклы удобрениями-биостимуляторами «Агритекно Фертилизантес» // Сахарная свёкла. 2012. № 4. С. 24-26.
- Сушков М.Д. Минеральное питание и листовая подкормка сахарной свёклы – залог высокого урожая // Сахарная свёкла. 2016. № 2. С. 19-22.
- Харченко С.В. Влияние некорневых подкормок микроэлементами на урожай и качество корнеплодов сахарной свёклы в условиях лесостепи ЦЧЗ: автореф. на соиск. ученой степ. канд. с.-х. наук: 06.01.04 – агрохимия. Воронеж, 2010. 23 с.
- Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В. Агрохимические основы применения удобрений. Майкоп: «Полиграф-Юг», 2013. 572 с.
- Шпаар Д., Дрегер Д., Захаренко А. Сахарная свёкла (Выращивание, уборка, хранение). М.: ИД ООО «ДЛВ Агродело», 2012. 315 с.

Improvement of Sugar Beet Technological Quality as a Result of Foliar Application of the Biologic “Bioterra Antistress”

Lyudmila N. Putilina

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

Nadezhda A. Lazutina

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

The major problem facing an agrarian complex of the Russian Federation is yield increase and technological quality improvement of beet roots that is impossible without complete nutrient supply of plants. Aim of our investigations was to study changes of sugar beet technological indices depending on foliar application of “BioTerra Antistress”, a new complex biologic, for plants. For an objective appraisal of this biologic application effectiveness, the studies were carried out in industrial beet fields of 3 farms (OOO YUVAG, Voronezh region; ООО Золотая нива, Tambov region; and ООО Agroprodukt) in 2019, where different hybrids were sown, and sampling was conducted during different periods to determine biological yield and technological characteristics of beet roots. Foliar double application on the “BioTerra Antistress” biologic with the optimal consumption rate of 1.3 l/ha for sugar beet plants (at the stage of 2–3 pairs of leaves, and at the stage of crop closing) allowed obtaining gain of beet yield (5.0–12.5 t/ha, or 9.1–14.7%) and sugar content (0.30–0.70 absolute %) as compared to the corresponding control variants under different soil-environmental conditions. Samples of the experimental variants surpassed the control ones – without treatment – in sugar output (by 0.28–0.58 absolute %). As for white sugar yield per 1 hectare, it was more by 1.34 t/ha (19.42%) in Voronezh region, 0.83 t/ha (11.38%) in Tambov region, and 2.17 t/ha (18.55%) in Bryansk region, respectively. Developed by the company ООО НПФ EkoBioTekhnologiya the new complex biologic “BioTerra Antistress” which composition includes several various active substances (macro- and microelements in the chelated form, humic compounds, organic acids, and microorganisms) with the different influence mechanisms showed stable effect under a wide range of soil-environmental conditions. The obtained data of the experiments on a farm scale allow recommending the biologic as an ecologically safe one for practical use with consumption rate of 1.3 l/ha for sugar beet as it promotes increase of yield, sugar content, forecasted sugar output, white sugar yield, per 1 hectare and profitability of the mentioned agricultural method.

Keywords: foliar application, biologic, yield, sugar content, sugar output, white sugar yield, profitability

References

- Askarov V.R. Vliyaniye mikroudobreniy i fungitsidov na produktivnost sveklovichnykh posevov [Productivity of sugar beet depending on use microfertilizers and fungicides]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2016, no. 9, pp. 39–42.
- Buldykova I.A., Sheudzhen A. Kh. Vliyaniye mikroudobreniy na urozhaynost i kachestvo korneplodov sakharnoy svekly [Influence of microfertilizers on productivity and quality of sugar beet roots]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU [Scientific journal of KubSAU]*, 2014, no. 98(04), pp. 14–24.
- Daskin V.Yu., Antonova O.I. Formirovaniye kachestva urozhaya pri vnesenii InterMag Profi Svekla i InterMag Element Bor [Results of application of InterMag Pro Beet and InterMag Element Bor in crops of sugar beet]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2013, no. 4, pp. 24–26.
- Dvoryankin E.A., Dvoryankin A.E., Yarovshuk M.S. Vliyaniye lignogumata Na i podkormok azotom na aktivnost mikrobiologicheskikh protsessov v pochve [Influence of nitrogen and Na lignohumate additional fertilizing on activity of microbiological processes in soil E.A. Dvoryank]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2010, no. 4, pp. 19–21.

- Dyakov Yu.T. Griby i rasteniya [Mushrooms and Plants]. *Priroda [Nature]*, 2003, no. 5, pp. 73–78.
- Gavrin D.S., Bartenev I.I., Kravets M.V. Osobennosti sovremennykh mikroudobreniy [Features of modern micronutrient fertilizers]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2012, no. 4, pp. 27–29.
- Gureev I.I. Optimizatsiya pitaniya selskokhozyaystvennykh kultur [Nutrition optimization of crops]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2017, no. 5, pp. 10–13.
- Ivanovskiy M.N., Rodionov K.L., Malykhin A.V. Rol mikroudobreniy v formirovanii produktivnosti v usloviyakh Tsentralnogo Chernozemya [Influence of microfertilizers on efficiency of sugar beet in the conditions of the Central Black Earth region]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2013, no. 1, pp. 27–29.
- Kharchenko S.V. Vliyaniye nekornevykh podkormok mikroelementami na urozhay i kachestvo korneplodov sakharnoy svekly v usloviyakh lesostepi TSCHZ. Avtopref. diss. kand. s.-kh. nauk. [Influence of foliar dressing with microelements on the yield and quality of sugar beet root crops in the forest-steppe conditions of the Central Chernozem Region. Abstract of Ph.D.(Agricultural Sciences) thesis]. Voronezh, 2010. 23 p.
- Kostin O.V., Syapukov E.E., Syapukov I.A. Vliyaniye vnekornevoy podkormki na tekhnologicheskie kachestva sakharnoy svekly [Influence of foliar feeding on the technological qualities of sugar beet]. In *Sovremennyye problemy tekhnologii proizvodstva, khraneniya, pererabotki i ekspertizy kachestva produktsii* [Modern problems of production technology, storage, processing and examination of product quality]. Michurinsk: Izd. FGOU VPO Mich. GAU, 2007. Vol. 1, pp. 124–127.
- Kostin V.I., Mulyanov A.G. Vliyaniye preduborochnoy vnekornevoy podkormki na kachestvo i tekhnologicheskie pokazateli sakharnoy svekly [Influence of pre-harvest foliar feeding on the quality and technological indicators of sugar beet]. In *Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsiya «Energoberegayushchie tekhnologii v rastenievodstve»* [Energy saving technologies in plant growing: Proceedings of All-Russian scientific-practical conference]. Penza, 2005, pp. 66–68.
- Ksenz L.I., Rutskeya S.I. Nekornevaya podkormka svekly [Foliar feeding of sugar beets]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 1983, no. 6, pp. 30–31.
- Лещенко Е.В., Борисюк В.А. Некорневая подкормка [Folia feeding]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 1991, no. 3, pp. 31–33.
- Minakova O.A., Kosyakin P.A., Aleksandrova L.V. Effektivnost razlichnykh vidov podkormki sakharnoy svekly v TSCHR [Effectiveness of different types of sugar beet additional fertilizing in the Central Black-Earth region]. *Sakhar [Sugar]*, 2019, no. 3, pp. 52–55.
- Nurmukhametov N.M., Miftakhova A.M., Bagautdinova G.G., Kireeva N.A. Biopreparaty na osnove endomikoriznykh gribov dlya povysheniya produktivnosti selskokhozyaystvennykh kultur [Biological products based on endomycorrhizal fungi to increase the productivity of agricultural crops]. *Vestnik Bashkirskogo universiteta [Bulletin of the Bashkir university]*, 2009, vol. 14, no. 2, pp. 395–399.
- Putilina L.N., Gavrin D.S., Kulneva N.G. Formirovaniye tekhnologicheskogo kachestva korneplodov sakharnoy svekly pod deystviem vnekornevykh podkormok [Formation of sugar beet root technological quality under influence of foliar applications]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayemyy promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya [Technologies of Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products]*, 2020, no. 1, pp. 49–58.
- Putilina L.N., Kosyakin P.A., Lazutina N.A. Vliyaniye mikroudobreniy v khelatnoy forme na tekhnologicheskoye kachestvo i produktivnost sakharnoy svekly v usloviyakh TSCHR [Influence of microfertilizers in chelate form on technological quality and productivity of sugar beet under the central black-earth region conditions]. *Sakhar [Sugar]*, 2018, no. 3, pp. 42–45.
- Ramazanov R.R., Nazarenko D.Yu., Pozharskiy V.G. Innovatsionnyy element v tekhnologii vyrashchivaniya sakharnoy svekly [An innovative element in the sugar beet growing technology]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2017, no. 3, pp. 20–21.
- Savenko O.V. Effektivnost listovykh podkormok sakharnoy svekly udobreniyami-biostimulyatorami «Agrotekno Fertilizantes» [Efficiency of sugar beet foliar feeding with biostimulant fertilizers “Agrotekno Fertilisantes”]. *Sakharnaya svekla [Sugar Beet]*, 2012, no.4, pp. 24–26.
- Sheudzen A.Kh., Bondareva T.N., Kizinek S.V. Agrokhimicheskie osnovy primeneniya udobreniy [Agrochemical basis for the use of fertilizers]. Maykop: «Poligraf-YUg», 2013. 572 p.
- Shpaar D., Dreger D., Zakharenko A. Sakharnaya svyokla (Vyrashchivaniye, uborka, khraneniye) [Sugar beet (Growing, harvesting, storage)]. Moscow: ID ООО «DLV Agrodello», 2012. 315 p.
- Sushkov M.D. Mineralnoye pitaniye i listovaya podkormka sakharnoy svekly – zalog vysokogo urozhaaya [Mineral nutrition and foliar feeding of sugar beets are the key to a high yield]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2016, no. 2, pp. 19–22.
- Vlasova Y.V. «Ultramag Kombi»: mikroudobreniya, kotorye razryvayut shablony [“Ultramag Combi”: micronutrient fertilizers that break patterns]. *Sakhar [Sugar]*, 2018, no 5, pp. 20–22.

- Zarishnyak A.S., Strilets O.P. Rol mikroudobreniy v povyshenii produktivnosti sakharной svekly [Role microfertilizers in increasing sugar beet productivity]. *Sakharная svekla* [Sugar beet], 2013, no. 4, pp. 10–12.
- Zavalin A.A. Biopreparaty, udobreniya i urozhay [Biologicals, fertilizers and crops]. Moscow: VNIIA, 2005. 302 p
- Zherdetskiy I.N., Zarishnyak A.S., Stupenko A.V. Vliyaniye nekornevoy podkormki mikroudobreniyami na produktivnost sakharной svekly i sodержaniye v ney mikroelementov [Influence of foliar feeding with micronutrient fertilizers on the productivity of sugar beets and the content of microelements in it]. *Agrokhiimiya* [Agrochemistry], 2010, no. 10, pp. 20–27.

Влияние температурного воздействия на концентрацию лактоферрина в коровьем молоке

Донская Галина Андреевна

ФГАНУ «ВНИМИ»

Адрес: 115093, Москва, ул. Люсиновская, д.35, корп.7

E-mail: g_donskaya@vniimi.org

Чумакова Ирина Валерьевна

ФГАНУ «ВНИМИ»

Адрес: 115093, Москва, ул. Люсиновская, д.35, корп.7

E-mail: e_chumakova@vniimi.org

Объектом настоящего исследования являлся сывороточный протеин лактоферрин (ЛФ), который обладает защитными функциями и признан важным компонентом врожденного иммунитета организма. Этот белок проявляет антимикробные, противовирусные свойства, регулирует воспалительный процесс и участвует в активации иммунных клеток. ЛФ определяется в различных биологических жидкостях, но большая его концентрация показана в молозиве и молоке в составе сывороточных белков. Целью настоящей работы является выделение ЛФ из нативного (сырого) и термически обработанного молока для установления влияния температурных режимов на концентрацию этого белка. Объекты исследования: лактоферрин; сырое термически необработанное молоко, полученное из индивидуального хозяйства; пастеризованное молоко. Лактоферрин выделяли из обезжиренного молока с помощью ионообменной хроматографии. Анализы образцов ЛФ проводили методом ВЭЖХ. Концентрацию белка, выделенного из молока, определяли колориметрическим методом по Брэдфорд. Установили, что в молоке, пастеризованном при температуре $(78 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 20 сек., концентрация ЛФ, в сравнении с нативным молоком, снижалась до 29,1%. При температурном воздействии $(92 \pm 1)^\circ\text{C}$ с выдержкой 2 мин. концентрация ЛФ составляла менее 1% от концентрации ЛФ в нативном молоке. Очевидно, что снижение температуры пастеризации молока ниже 78°C будет способствовать большему сохранению сывороточного белка ЛФ, однако при этом потребуется длительная временная выдержка, которая приведёт к изменению физико-химических показателей молока. В связи с высокой термолабильностью сывороточного белка, целесообразно рассмотреть технологии деконтаминации молока без применения высоких температур.

Ключевые слова: лактоферрин, хроматография, сырое молоко, термически обработанное молоко

Введение

В современных научных работах уделяется большое внимание биологической роли белков молока, что особенно важно при создании продуктов функциональной направленности.

Известно, что коровье молоко обладает антиоксидантной и противомикробной активностью благодаря присутствию таких сывороточных белков, как лактоферрин, лактопероксидаза, иммуноглобулины и др. Особая роль отводится лактоферрину, который синтезируется эпителиальными клетками желез внешней секреции млекопитающих. Белок ЛФ входит в состав таких биологических жидкостей организма, как слюна, слеза, кровь, молоко (Gonzales-Chavez, Arevalo-Gallegos, Rascon-Gruz, 2009, p. 301.e1–301.e8; Fang, Zhang,

Jiang, Guo, Zheng, 2014, p. 535–543; Асафов, Танькова, Искакова, Харитонов, Курченко, Головач, 2019, с. 20–25)). ЛФ относится к семейству трансферринов (переносчиков железа), является гликопротеином, связывающим 2 иона Fe^{3+} .

Прежде всего, ЛФ – это важнейший многофункциональный белок грудного молока человека, который является ключевым компонентом врожденного иммунитета и защищает организм новорожденного от патогенных микроорганизмов (Pierce, Legrand, 2009, p. 361–369). Первоначально ЛФ рассматривали как железосвязывающий белок молока с бактериостатическими свойствами. Известно, что при воспалительном процессе ЛФ связывает избыток железа и других металлов, препятствуя развитию патогенной микрофлоры (Костевич, Соколов, Захарова, Васильев, 2014, с. 80–86).

Позднее было установлено, что ЛФ успешно защищает организм не только от различных патогенных микробов (Ward, 2005, p. 2540–2548; Зобкова, Федотова, Фурсова, Зенина, Гаврилина, Шелагинова, 2016, с. 91–100), но и проявляет антивирусную активность (Scarino, 2007, p. 161–162; Chow, Subbaraman, Sheardown, 2009, p. 71–82). Лактоферрин регулирует воспалительные процессы в кишечнике, вызываемые патогеном *Helicobacter pylori*, приводящим к возникновению язвы желудка и двенадцатиперстной кишки (Sachdeva, Nagpal, 2009). ЛФ значительно снижает токсичность при высоком инфицировании *E. coli* (Jenssen, Hancock, 2009, p. 19–29). Известна противогрибковая активность ЛФ (Lupetti, Paulusma-Annema, Welling, Dogterom-Ballering, Brouwer, Senesi, Van Dissel, Nibbering, 2003, p. 262–267).

Литературный обзор

Исследованиями новозеландских учёных установлено, что ЛФ активизирует рост костной ткани и защищает её от истончения (Lorget, Clough, Oliveira, Daury, Sabokbar, Offord, 2002, p. 261–266).

Белок ЛФ вызывает дифференциацию и пролиферацию определенных клеток. Так рост и развитие пищеварительной системы и костной ткани у новорождённых, питающихся материнским молоком, происходит быстрее, чем при вскармливании искусственными молочными смесями (Donovan, 2009, p. 49–61).

Показана важная роль ЛФ при железодефицитной анемии у детей. Для нормализации содержания железа необходимо, в первую очередь, грудное вскармливание (Sachdeva, Nagpal, 2009, p. 720–730). В Италии получены успешные результаты по применению ЛФ для лечения анемии у беременных (Paesano, Pacifici, Benedetti, Berlutti, Frioni, Polimeni, Valenti, 2014, p. 999–1006).

Установлена возможность использования ЛФ в качестве терапевтического агента при острой лучевой болезни. Внутривенное введение ЛФ приводит к улучшению состава периферической крови и обеспечивает высокую выживаемость облучённых сублетальной дозой лабораторных животных (Патент № 2294755, 2007¹).

Показано многочисленное использование ЛФ в пищевой промышленности и медицинской прак-

тике (Комолова, Тихомирова, Ионова, Комолов, 2011, с. 70–71); (Зобкова, Мишина, Бегунова, 2007, с. 60; Зобкова, Мишина, Бегунова, 2008, с. 64–65; Зобкова, Мишина, 2009, с. 49–52; Зобкова, Мишина, Смолянинов, Шехватова, 2009, с. 21–22).

В Японии разработан препарат на основе коровьего ЛФ для лечения диареи у детей, вызванной различными ротовирусными инфекциями (Wakabayashi, Oda, Yamauchi, Abe, 2011, p. 666–671).

Отечественной компанией «Лактобио» разработан ряд препаратов на основе ЛФ. К ним относится «Биферрин», в состав которого входят ЛФ, цинк и витамин Е. Применение этого препарата, содержащего натуральные антиоксиданты, позволяет снизить интоксикацию организма после химиотерапии, нормализовать кроветворение. «Биферрин» хорошо зарекомендовал себя для профилактики анемии, остеопороза и лечения кожных расстройств у подростков².

Известно, что в Японии и Южной Корее большая часть детского питания производится с добавлением ЛФ. Такое же направление использования ЛФ принято в 2019г. в Китае.

Австралия, наряду с США и Новой Зеландией, является крупнейшим производителем ЛФ. В России производство ЛФ ничтожно мало, хотя для его получения достаточно сырьевых ресурсов.

Теоретическое обоснование

Ранее во ВНИМИ проводились исследования по выделению ЛФ из молока с помощью ионообменной хроматографии (Зобкова, Мишина, 2009, с. 49–52).

Сотрудниками ГУ пищевых производств предложена модифицированная методика выделения ЛФ из обезжиренного молока с использованием двойной ионообменной хроматографии (Титов, Тихомирова, Ионова, 2019, с. 91–95). В качестве сорбента применяли карбоксиметилцеллюлозу производства Германии и сорбент США Macro Prep High Support. Рекомендовано использование этой методики для получения ЛФ из сборного молока на предприятиях молочной промышленности. Очевидно, что промышленное производство ЛФ во многом решило бы проблему оздоровления, в первую очередь, детского населения и эта проблема актуальна.

¹ Средство лечения острой лучевой болезни: пат. 2294755 Рос. Федерация / Ю.Б. Дешевой, А.А. Иванов, В.Н. Мальцев, А.М. Уланова; заявл. 21.06.05; опубл. 10.03.07. 4 с.

² Всей семье здоровья с Лактоферрином [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lactobio.ru/> (дата обращения: 13.08.2020).

С другой стороны, необходимо создать такие условия обработки молока, чтобы максимально сохранить в его составе биологически активные нутриенты.

Научными исследованиями показано, что потребление сырого (парного) коровьего молока снижает риск возникновения респираторных инфекций (Loss, Depner, Ulfman, vanNeerven, Hose, 2015, p. 56–62), тогда как переработанное женское и коровье молоко (после пастеризации, кипячения, ультравысокотемпературной обработки) не оказывает профилактического воздействия на эти заболевания у новорожденных (Dritsakou, Liosis, Valsami, Polychronopoulos, Skouroliakou, 2016, p. 1131–1138). Это можно объяснить денатурацией и разрушением присутствующих в сыром молоке активных белков во время нагревания. Тепловая обработка, применяемая в технологии молочных продуктов, подавляет защитные свойства сывороточных белков молока (Brick, Ege, Boeren, Bock, von Mutius, Vervont, Hettinga, 2017, p. 1–14).

Исследование

Цель данных исследований – установление влияния температурных режимов на концентрацию биологически активного сывороточного белка ЛФ в коровьем молоке.

Задачи исследований: выделение ЛФ из нативного термически необработанного молока и из молока, прошедшего термическую обработку; определение концентрации выделенного ЛФ и сравнительный анализ концентраций ЛФ в сыром и термически обработанном молоке.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись: лактоферрин, молоко нативное, термически необработанное; молоко пастеризованное.

ЛФ выделяли из обезжиренного молока. Обезжиривание проводили на центрифуге при 1500 об/мин., в течение 30 мин. при 30°C. Для выделения ЛФ использовали катионообменную смолу сульфопропилсефарозу. Полученные фракции ЛФ анализировали на системе ВЭЖХ. Коммерческий препарат ЛФ применяли как маркерный белок для ВЭЖХ анализа и экспериментов по термообработке образцов. Для определения концентрации белка в растворах использовали

колориметрический метод Бредфорда (Bradford, 1976, p. 248–254).

Ионообменную хроматографию проводили на катионообменном сорбенте сульфопропилсефароза (SP-sepharose BB, GE). Этот сорбент разработан компанией Джениерал Электрик для выделения биополимеров из различных биосубстанций (клеточные лизаты, сыворотки, культуральные жидкости, молоко) без предварительных этапов очистки (осаждения, высаливания и т.д.) (Kong, Liu, Di, Wang, Du, Zhang, 2012, p. 2290–2293). Колонку с 10 мл сорбента сульфопропил-сефароза уравнивали 10 мМ раствором Na-фосфатного буфера, содержащего 0,5 М NaCl. Присутствие 0,5 М соли не позволяет связываться с сорбентом лактопероксидазе, которая имеет близкую изоточку с ЛФ и часто загрязняет фракцию этого белка при выделении. Обезжиренное молоко (1 л) доводили до pH 6,8 1М раствором Трис, добавляли NaCl до 0,5 М и неионный детергент Твин-60 до 0,001%. Перед хроматографией молоко отфильтровывали от крупных казеиновых гранул на стеклянном фильтре №3. Молоко прокачивали через колонку со скоростью 20 мл/мин при помощи перистальтического насоса, затем сорбент промывали посадочным буфером до нулевых (базовых) значений при 280 нм проточного спектрофотометра. Фракцию ЛФ, связанную с катионообменником, элюировали 1М NaCl в 10 мМ фосфатном буфере.

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Полученные фракции белка ЛФ анализировали на системе ВЭЖХ Аджилент 1100 с использованием колонки Симметрии-300, C4, диаметр 4,9 мм, 150мм (Symmetry-300, C4, Waters).

Белковый раствор ЛФ диализовали против 10мМ Na-фосфатного буфера, pH 6,8, в течение ночи при температуре 8°C и 10 мкл диализата наносили на ВЭЖХ колонку с последующей элюцией в линейном градиенте ацетонитрила (от 5 до 80%). В качестве контроля использовали коммерческий препарат ЛФ (ООО «Лактобио»). Элюированные белки детектировали при 280 нм и после интегрирования определяли степень гомогенности ЛФ по площади пика, который ему соответствовал.

Результаты и обсуждение

Так, время выхода пика ЛФ для коммерческого препарата соответствовало 10,78 мин, а чистота белка после интегрирования составила 95,71%. ВЭЖХ анализ коммерческого препарата лактоферрина показан на Рисунке 1.

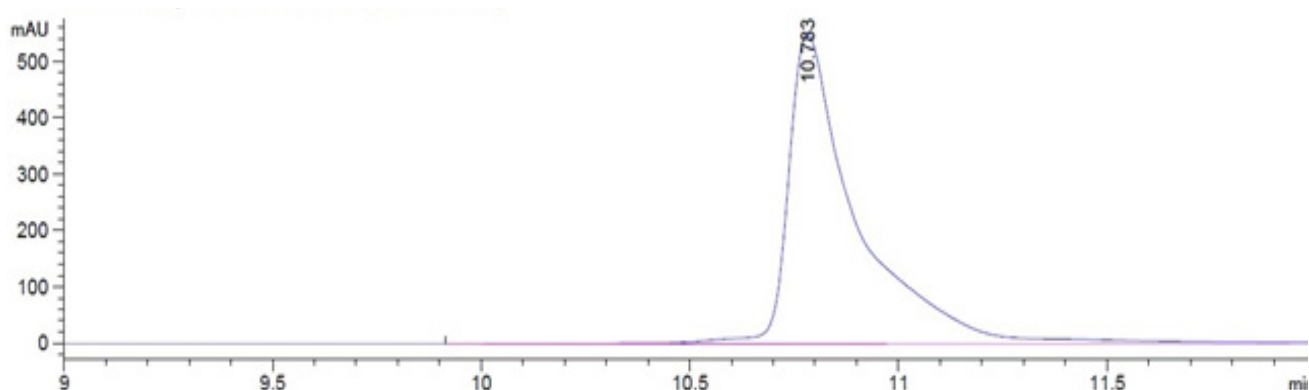


Рисунок 1. ВЭЖХ анализ коммерческого препарата лактоферрина

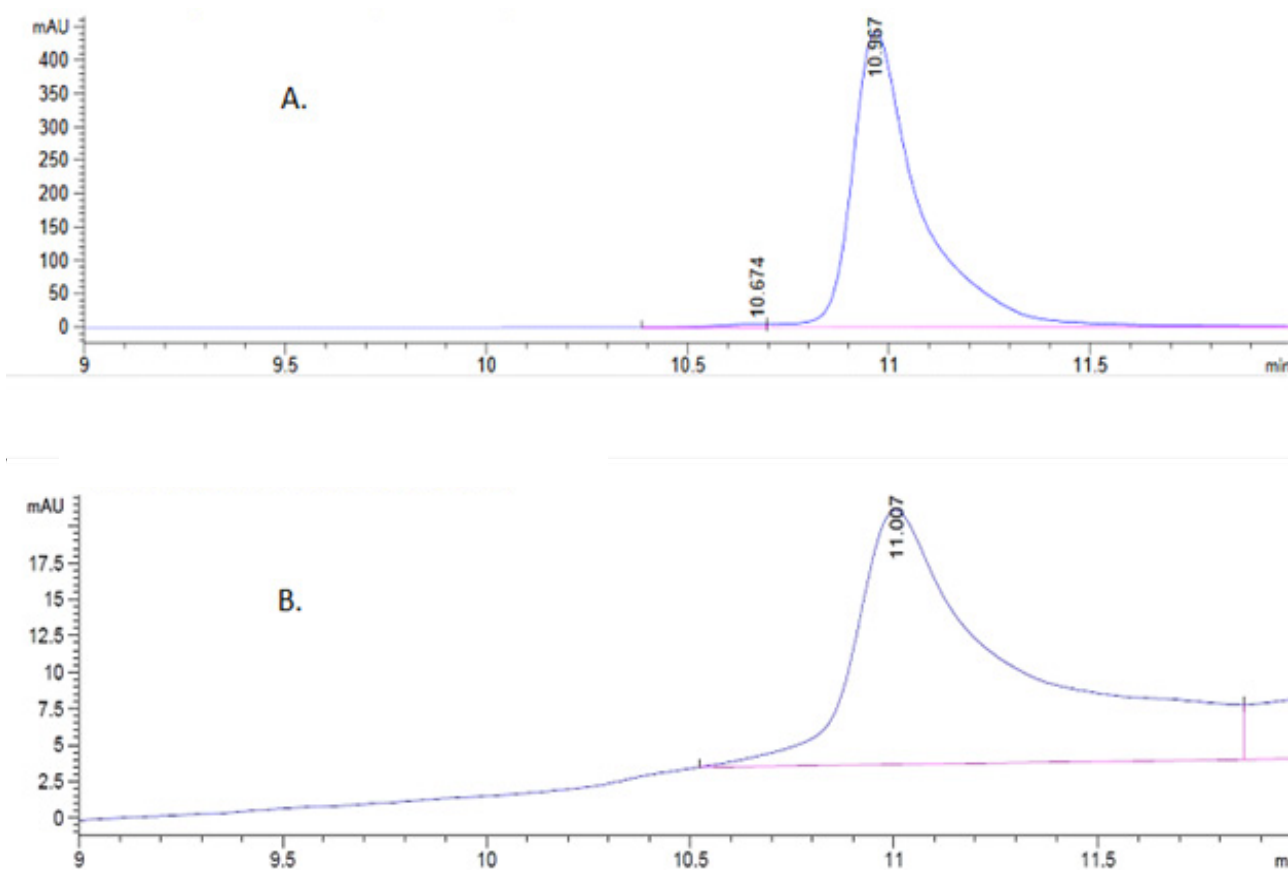


Рисунок 2. ВЭЖХ анализ коммерческого препарата лактоферрина после различных температурных воздействий. А – раствор ЛФ, обработанный при 78°C, 20 секунд., В - раствор ЛФ, обработанный при 92°C в течение 2 минут

На Рисунке 2 представлены результаты ВЭЖХ анализа коммерческого препарата ЛФ после различных режимов термообработки. Пастеризацию образцов проводили при 78°C в течение 20 сек. (А), и при 92°C в течение 2 мин. (В). Затем образцы центрифугировали при 15000 об/мин в течение 10 мин. для осаждения возможных денатурированных по-

липептидов, фильтровали через шприцевую насадку 0,22 мкм и анализировали на ВЭЖХ колонке.

Результаты эксперимента представлены в сводной Таблице 1, где показаны остаточные концентрации белка ЛФ в коммерческом препарате после различных режимов нагревания.

Таблица 1

Остаточные количества ЛФ в коммерческом препарате после пастеризации при различных температурных режимах

Образцы ЛФ	Концентрация общего белка*	ВЭЖХ анализ ЛФ**	Концентрация ЛФ в образце	% сохранения ЛФ
ЛФ без термообработки	20.0 мг/мл	95,7%	19.1 мг/мл	100%
ЛФ после при 78°C 20сек	15.7 мг/мл	95,23%	14.9 мг/мл	78%
ЛФ после 92°C /2 мин.	2.2 мг/мл	40,93%	0.9 мг/мл	4,7%

*Концентрацию белка определяли по методу Брэдфорд (Bradford, 1976),

**Процент ЛФ в образцах определяли по интегрированию хроматографических пиков, которые соответствовали ЛФ.

На Рисунке 3 представлены результаты анализа ЛФ, выделенного с использованием катионообменной хроматографии из сырого коровьего молока (А) и из молока, прошедшего термообработку при 78°C с выдержкой 20 сек. (В) и при 92°C с выдержкой 2 мин. (С). Подготовку выделенного белка для анализа на ВЭЖХ проводили также, как и для коммерческого препарата ЛФ.

В Таблице 2 представлены результаты концентрации ЛФ, выделенного с использовани-

ем ионообменной хроматографии из образцов нативного молока и термически обработанного молока.

Установлено, что концентрация маркерного препарата ЛФ после температурных воздействий (78°C и 92°C) снижалась до 78% и 4,7% соответственно. Это указывает на большую термоустойчивость предварительно выделенного белка ЛФ по сравнению с ЛФ, который подвергался термообработке в составе молока.

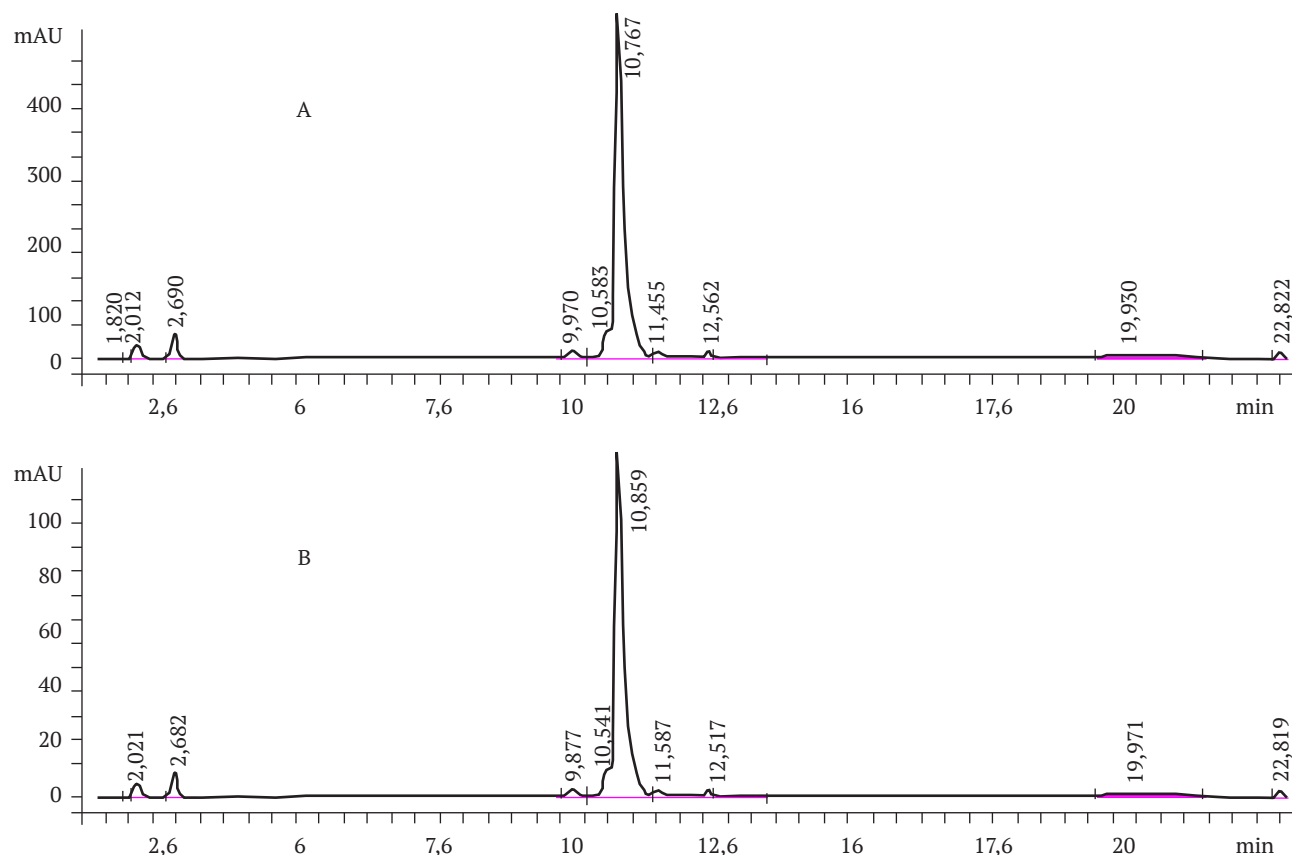


Рисунок 3. ВЭЖХ анализ фракций ЛФ, полученных из сырого коровьего молока с помощью катионно-обменной хроматографии и термически обработанного молока А, В

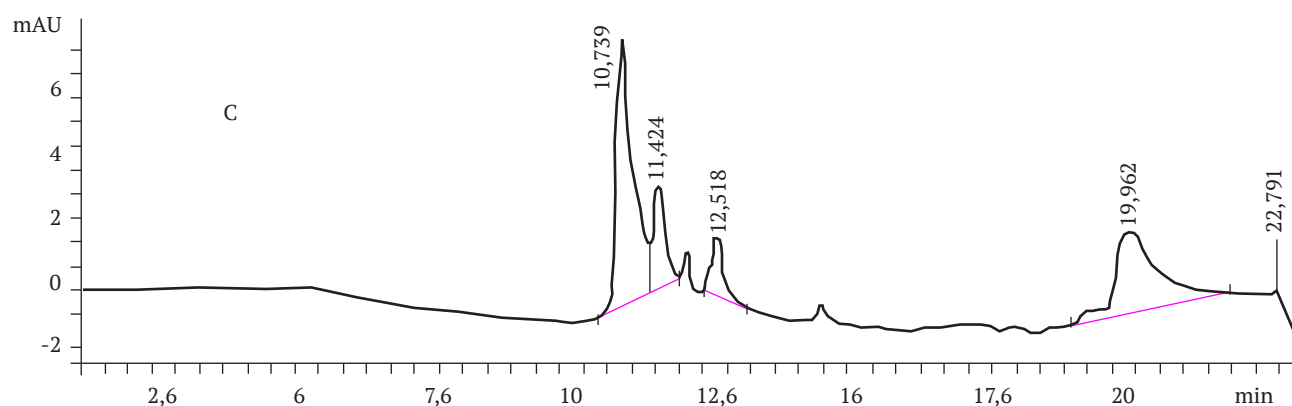


Рисунок 3. ВЭЖХ анализ фракций ЛФ, полученных из сырого коровьего молока с помощью катионно-обменной хроматографии и термически обработанного молока С

Таблица 2

Остаточные количества ЛФ, выделенного из образцов сырого и термически обработанного молока при различных температурных режимах

Образцы молока	Концентрация общего белка*	ВЭЖХ анализ ЛФ**	Концентрация ЛФ в образце	% сохранения ЛФ
Молоко без термообработки	24 мг/мл	84.16%	20.2 мг/мл	100%
Молоко после обработки 78°C/20 сек.	7.3 мг/мл	80.36%	5.87 мг/мл	29,1%
Молоко после обработки 92° С/2 мин	1.2 мг/мл	42.29%	0.51 мг/мл	0,025%

*Концентрацию белка во фракции, полученной после ионообменной хроматографии, определяли по методу Брэдфорд (Bradford, 1976),

**Процент ЛФ в образцах определяли по интегрированию хроматографических пиков, которые соответствовали белку ЛФ по времени выхода

Выводы

Проведено выделение лактоферрина из сырого (нативного) и термически обработанного молока с использованием ионообменной хроматографии.

Определена концентрация лактоферрина, выделенного из нативного и термически обработанного молока.

Исследовано влияние температурных режимов пастеризации молока на содержание в нём биологически-активного сывороточного белка лактоферрина.

Показано, что при температуре пастеризации молока (78+2)°С с выдержкой 20 секунд концентрация ЛФ снижалась на 70,9% относительно сырого молока. При температурном режиме обработки молока (92+2)°С с выдержкой 2 минуты проис-

ходила практически полная денатурация лактоферрина. Полученные результаты коррелируют с исследованиями других авторов, изучающих влияние температурных воздействий на сывороточные белки (Rynne, Beresford, Kelly, Guinnee, 2004, p. 989–1001; Dissanayake, Ramchandran, Donkor, Vasiljevic, 2013, p. 93–99).

Установлено, что при указанных выше температурных режимах происходит резкое снижение концентрации ЛФ, вплоть до его полной денатурации, что снижает биологическую ценность молочного сырья. Очевидно, что уменьшением температуры пастеризации можно добиться большего сохранения ЛФ, но при этом потребуются значительное увеличение временной выдержки, что приведёт к изменениям физико-химических показателей молока.

В связи с этим представляется целесообразным рассмотреть возможность использования новых

технологий обработки молока, которые обеспечивают сохранение биологически активных сывороточных белков.

В настоящее время разрабатываются мембранные технологии пищевой холодной стерилизации (Tomasula, Bonnaillie, 2015, p. 1–32; Panopoulos, Moatsou, Psychogiorgoulou, Moschopoulou, 2020, p. 284–294), обеспечивающие сохранение нативных свойств продуктов. Перспективными являются и технологии по использованию высокого давления для деконтаминации молочного сырья без температурных воздействий (Rashmi, Warriar, 2020, p. 25–49). Указанные технологии могут быть предметом дальнейших научных изысканий.

Литература

- Асафов В.А., Танькова Н.Л., Исакова Е.Л., Харитонов В.Д., Курченко В.П., Головач Т.Н. Некоторые аспекты регулирования микробиологического состава молозива // Пищевая индустрия. 2019. № 4(42). С. 20–25. <https://doi.org/10.24411/9999-008A-2019-10015>
- Зобкова З.С., Мишина А.В. Наночастицы лактоферрина в производстве функциональных молочных продуктов // Хранение и переработка с/х сырья. 2009. № 12. С. 49–52.
- Зобкова З.С., Мишина А.В., Бегунова А.В. Антимикробные свойства лактоферрина // Молочная промышленность. 2007. № 10. с. 60.
- Зобкова З.С., Мишина А.В., Бегунова А.В. О бифидогенных свойствах лактоферрина // Молочная промышленность. 2008. № 7. С. 64–65.
- Зобкова З.С., Мишина А.В., Смолянинов В.В., Шехватова Г.В. Технология экстрагирования лактоферрина из сырого молока // Молочная промышленность. 2009. № 12. с. 21–22.
- Зобкова З.С., Федотова, О. Б., Фурсова Т.П., Зенина Д.В., Гаврилина А.Д., Шелагинова И.Р. Исследование антибактериальных свойств лактоферрина в сметане // Научное обеспечение молочной промышленности: сборник трудов. М.: ФГБНУ «ВНИМИ», Издательство «Франтера», 2016. С. 91–100.
- Комолова Г.С., Тихомирова Н.С., Ионова И.И., Комолов С.А. Лактоферрин коровьего молока // Молочная промышленность. 2011. № 7. С. 70–71.
- Костевич В.А., Соколов А.В., Захарова Е.Т., Васильев В.Б. Анализ содержания и насыщенности железом и медью лактоферрина в молоке у женщин с первого дня и до 5 лет лактации // Медицинский академический журнал. 2014. Т. 14, ч. 1. С. 80–86.
- Титов Е.И., Тихомирова Н.А., Ионова И.И. Выделение и изучение железосвязывающей способности лактоферрина коровьего молока // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 1. С. 91–95. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10011>
- Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Analytical Biochemistry. 1976. Vol. 72, issues 1–2. P. 248–254. <https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999>
- Brick T., Ege M., Boeren S., Bock, A., von Mutius E., Vervont J., Hettinga K. Effect of processing intensity on immunologically active bovine milk serum proteins // Nutrients. 2017. Vol. 9, issue 9. P. 1–14. <https://doi.org/10.3390/nu9090963>
- Chow L.M., Subbaraman L.N., Sheardown H. Kinetics of in vitro Lactoferrin deposition on Silicone hydrogel and FDA group II and group IV hydrogel contact lens materials // Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition. 2009. Vol. 20, issue 1. P. 71–82. <https://doi.org/10.1163/156856208X393509>
- Dissanayake, Ramchandran M., Donkor L., Vasiljevic O.T. Denaturation of whey proteins as function of heat, Ph and protein concentration // International Dairy Journal. 2013. Vol. 31, issue 2. P. 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.02.002>
- Donovan S. Role of human milk components in gastrointestinal development: Current knowledge and future needs // The Journal of Pediatrics. 2006. Vol. 149, issue 5. P. 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2006.06.052>
- Dritsakou K., Liosis G., Valsami G., Polychronopoulos E., Skouroliakou M. Improved outcomes of feeding low birth weight infants with predominantly raw human milk versus donor banked milk and formula // Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine. 2016. Vol. 29, issue 7. P. 1131–1138. <https://doi.org/10.3109/14767058.2015.1038232>
- Fang B., Zhang M., Jiang T., Guo H., Zheng F. Bovine Lactoferrin binds oleic acid to form an antitumor complex similar to hamlet // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular and Cell Biology of Lipids. 2014. Vol. 1841, issue 4. P. 535–543. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2013.12.008>
- Gonzales-Chavez S.A., Arevalo-Gallegos S., Rascon-Gruz Q. Lactoferrin structure, function and application // International Journal of Antimicrobial Agents. 2009. Vol. 33, issue 4. P. 301.e1–301.e8. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2008.07.020>
- Jenssen H., Hancock R. Antimicrobial properties of Lactoferrin // Biochimie. 2009. Vol. 91, issue 1. P. 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2008.05.015>
- Kong Y. Y., Liu M., Di W., Wang C., Du M., Zhang L. W. Purification and identification of lactoferrin from bovine milk // Advanced Materials Research. 2012. Vol. 524–527. P. 2290–2293. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.524-527.2290>

- Lorget F., Clough J., Oliveira M., Daury M., Sabokbar A., Offord E. Lactoferrin reduces in vitro osteoclast differentiation and resorbing activity // *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2002. Vol. 296, issue 2. P. 261–266. [https://doi.org/10.1016/s0006-291x\(02\)00849-5](https://doi.org/10.1016/s0006-291x(02)00849-5)
- Loss G., Depner M., Ulfman L.H., van Neerven R.J., Hose A.J. Consumption of unprocessed cow's milk protects infants from common respiratory infections // *Journal of Allergy Clinical Immunology*. 2015. Vol. 135, issue 1. P. 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2014.08.044>
- Lupetti A., Paulusma-Annema A., Welling M. M., Dogterom-Ballering H., Brouwer C. P., Senesi S., Van Dissel J.P., Nibbering P.H. Synergistic activity of the n-terminal peptide of human lactoferrin and fluconazole against *Candida* species // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2003. Vol. 47, issue 1. P. 262–267. <https://doi.org/10.1128/aac.47.1.262-267.2003>
- Paesano R., Pacifici E., Benedetti S., Berlutti F., Frioni A., Polimeni A., Valenti P. Safety and efficacy of Lactoferrin versus ferrous sulphate in curing Iron deficiency and iron deficiency anaemia in hereditary thrombophilia pregnant women: An interventional study // *BioMetals*. 2014. Vol. 27, issue 5. P. 999–1006. <https://doi.org/10.1007/s10534-014-9723-x>
- Panopoulos, G. Moatsou, C., Psychogiopoulou C., Moschopoulou E. Microfiltration of ovine and bovine Milk: Effect on microbial counts and biochemical characteristics // *Food*. 2020. Vol. 9, issue 3. P. 284–294. <https://doi.org/10.3390/foods9030284>
- Pierce A., Legrand D. Lactoferrin: A Multifunctional Protein // *Medecine Sciences*. 2009. Vol. 25, issue 4. P. 361–369. <https://doi.org/10.1051/medsci/2009254361>
- Rashmi K., Warriar A. Non-thermal processing of dairy foods // *Dairy Processing: Advanced Research to Applications* / J. Minj, V. Sudhakaran, A. Kumari. Singapore: Springer, 2020. P. 25–49. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2608-4_2
- Rynne N., Beresford T., Kelly A., Guinnee T. Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat cheddar cheese // *International Dairy Journal*. 2004. Vol. 14, issue 11. P. 989–1001. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.03.010>
- Sachdeva A., Nagpal J. Meta-analysis: efficacy of bovine lactoferrin in *Helicobacter pylori* eradication // *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*. 2009. Vol. 29, issue 7. P. 720–730. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2009.03934.x>
- Scarino M.L. A sideways glance: Take it or leave It? The role of Lactoferrin in Iron sequestration and delivery within the body // *Genes & Nutrition*. 2007. Vol. 2, issue 2. P. 161–162. <https://doi.org/10.1007/s12263-007-0054-1>
- Tomasula P.M., Bonnaillie L.M. Crossflow micro-filtration in the dairy industry // *Emerging Dairy Processing Technologies: Opportunities for the Dairy Industry* / N. Datta, P.M. Tomasula. N.Y.: John Wiley & Sons Editors, 2015. P. 1–32. <https://doi.org/10.1002/9781118560471.ch1>
- Wakabayashi H., Oda H., Yamauchi K., Abe F. Lactoferrin for prevention of common viral infections // *Journal of Infection and Chemotherapy*. 2014. Vol. 20, issue 11. P. 666–671. <https://doi.org/10.1016/j.jiac.2014.08.003>
- Ward P.P., Paz E., Conneely O.M. Multifunctional roles of Lactoferrin: A critical overview // *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2005. Vol. 62. P. 2540–2548. <https://doi.org/10.1007/s00018-005-5369-8>

Temperature Impact on Lactoferrin Concentration in Bovine Milk

Galina A. Donskaya

FGANU "VMINI"

35/7, Ljusinovskaya Str., Moscow, 115093, Russian Federation

E-mail: g_donskaya@vnimi.org

Irina V. Chumakova

FGANU "VMINI"

35/7, Ljusinovskaya Str., Moscow, 115093, Russian Federation

E-mail: e_chumakova@vnimi.org

The focus of current research was Lactoferrin (LF), whey protein that possesses protective functions and is regarded as an important component of innate immune system. This protein demonstrates antimicrobial and antiviral properties, regulates inflammation and participates in immune cells activation. LF is present in various biological fluids but most of it accumulates in whey proteins of colostrum and milk. The objective of this study was the isolation of LF from native (raw) and heat-treated milk to identify impact of various degrees of heat treatment on LF concentration. The object of research – Lactoferrin; raw unprocessed milk obtained from individual farm; pasteurized milk. Lactoferrin was isolated from skim milk with Ion-exchange Chromatography. Lactoferrin sample analysis was conducted with HPLC. Concentration of protein isolated from milk was done by Bredford calorimetric method. Results demonstrated that in milk, pasteurized at $(78 \pm 2)^\circ\text{C}$ with holding time 20 sec, LF concentration decreased and reached 29.1% when compared with native milk. Lactoferrin concentration at $(92 \pm 1)^\circ\text{C}$ and holding time 2 min was less than 1% of LF concentration in native milk. It is clear that keeping pasteurization temperature below 78°C will promote higher LF stability, however, it will require longer holding time that will impact physico-chemical parameters of milk. Based on high heat resistance of whey protein, it is advisable to evaluate milk decontamination technology without significant heat stress application.

Keywords: lactoferrin, chromatography, raw milk, heat-treated milk

Reference

- Asafov V.A., Tanjkova N.L., Iskakova E.L., Kharitonov V.D., Kurchenko V.P., Golovach T.N. Nekotorye aspekty reulirovaniya mikrobiologicheskogo sostava moloziva [Some aspect of microbiological milk composition regulation]. *Pischevaya industriya* [Food industry], 2019, vol. 42, no. 4, pp. 20–25. <https://doi.org/10.24411/9999-008A-2019-10015>
- Komolova G.S., Tikhomirova N.S., Ionova I.I., Komolov S.A. Lactoferrin korovjogo moloka [Bovine lactoferrin]. *Molochnaya promyshlennost* [Dairy industry], 2011, no. 7, pp. 70–71.
- Kostevic, V.A., Sokolov A.V., Zaharova E.T., Vasiljev V.B. Analiz soderzhaniya i nasyschennosti zhelezom lactoferrina v molokee zhenschin s pervogo dnja b lj 5 let lactacii. [Composition analysis and satiety level of lactoferrin with iron and copper in human milk from the first day and up to 5 years of lactation]. *Meditsinskij akademicheskij zhurnal* [Medical academic journal], 2014, vol. 14, part 1, pp. 80–86.
- Titov E.I., Tikhomirova N.A., Ionova I.I. Vydelenie i izuchenie zhelezosvyvayuschei sposobnosti lactoferrina korovkjego moloka [Isolation and re-search of iron-binding potential of bovine milk lactoferrin]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues], 2019, vol. 88, no. 1, pp. 91–95.
- Zobkova Z.A., Mishina A.V. Nanochasticy lactoferrina v proizvodstve funkcionalnyh molochnyh produktov [Nanoparticles of lactoferrin in production of functional dairy products]. *Hranenie i pererabotka selkhozsyrya cyrja* [Storage and processing of farm products], 2009, no 12, pp. 49–52.
- Zobkova Z.S., Fedotova O.B. Fursova T.P., Zenina D.V., Gavrilina A.D., Shelaginova I.R. Issledovaniye antibakterialnyh svoystv lactoferrina v smetane: sbornik Trudov VNIMI [Research of antibacterial lactoferrin properties in sour cream: Collection of works of All-Russian Research Institute of Dairy Industry]. Moscow: FGBNU "VNIMI", Izdatel'stvo "Frantera", 2016, pp. 1–100.
- Zobkova Z.S., Mishina A.V., Begunova A.V. Antimikrobnyye svoestva lactoferrina [Antimicrobial properties of lactoferrin]. *Molochnaya promyshlennost* [Dairy industry], 2007, no. 10, pp. 60.
- Zobkova Z.S., Mishina A.V., Begunova A.V. O bifidogennyh svoystvah lactoferrina [About bifidogenic

- properties of lactoferrin]. *Molochnaya promyshlennost [Dairy industry]*, 2008, no. 7, pp. 64–65.
- Zobkova Z.S., Mishina A.V., Smoljaninov V.V., Shekvatova G.V. Tehnologija ekstrahirivanja lactoferrina iz syrogo moloka [Lactoferrin extraction technology from raw milk]. *Molochnaya promyshlennost [Dairy industry]*, 2009, no. 12, pp. 21–22.
- Bradford M.M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*, 1976, vol. 72, issues 1–2, pp. 248–254. <https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999>
- Brick T., Ege M., Boeren S., Bock, A., von Mutius E., Vervont J., Hettinga K. Effect of Processing Intensity on Immunologically Active Bovine Milk Serum Proteins. *Nutrients*, 2017, vol. 9, issue 9, p. 1–14. <https://doi.org/10.3390/nu9090963>
- Chow L.M., Subbaraman L.N., Sheardown H. Kinetics of in Vitro Lactoferrin Deposition on Silicone Hydrogel and Fda Group II and Group IV Hydrogel Contact Lens Materials. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 2009, vol 20, issue 1, pp. 71–82. <https://doi.org/10.1163/156856208X393509>
- Dissanayake, Ramchandran M., Donkor L., Vasiljevic O.T. Denaturation of Whey Proteins as Function of Heat, Ph And Protein Concentration. *International Dairy Journal*, 2013, vol. 31, issue 2, pp. 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.02.002>
- Donovan S. Role of Human Milk Components in Gastrointestinal Development: Current Knowledge and Future Needs. *The Journal of Pediatrics*, 2006, vol. 149, issue 5, pp. 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2006.06.052>
- Dritsakou K., Liosis G., Valsami G., Polychronopoulos E., Skouroliahou M. Improved Outcomes of Feeding Low Birth Weight Infants with Predominantly Raw Human Milk Versus Donor Banked Milk and Formula. *Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 2016, vol. 29, issue 7, pp. 1131–1138. <https://doi.org/10.3109/14767058.2015.1038232>
- Fang B., Zhang M., Jiang T., Guo H., Zheng F. Bovine Lactoferrin Binds Oleic Acid to form an Antitumor Complex Similar to Hamlet. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 2014, vol. 1841, issue 4, pp. 535–543. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2013.12.008>
- Gonzales-Chavez S.A., Arevalo-Gallegos S., Rascon-Gruz Q. Lactoferrin Structure, Function and Application. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 2009, vol. 33, issue 4, pp. 301.e1–301.e8. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2008.07.020>
- Jenssen H., Hancock R. Antimicrobial Properties of Lactoferrin. *Biochimie*, 2009, Vol. 91, issue 1, pp. 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2008.05.015>
- Kong, Y. Y., Liu, M., Di, W., Wang, C., Du, M., Zhang, L. W. Purification and Identification of Lactoferrin from Bovine Milk. *Advanced Materials Research*, 2012, vol. 524–527, pp. 2290–2293. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.524-527.2290>
- Lorget F., Clough J., Oliveira M., Daury M., Sabokbar A., Offord E. Lactoferrin Reduces in Vitro Osteoclast Differentiation and Resorbing Activity. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2002, vol. 296, issue 2, pp. 261–266. [https://doi.org/10.1016/s0006-291x\(02\)00849-5](https://doi.org/10.1016/s0006-291x(02)00849-5)
- Loss G., Depner M., Ulfman L.H., vanNeerven R.J., Hose A.J. Consumption of Unprocessed Cow's Milk Protects Infants from Common Respiratory Infections. *Journal of Allergy Clinical Immunology*, 2015, vol. 135, issue 1, pp. 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2014.08.044>
- Lupetti A., Paulusma-Annema A., Welling M. M., Dogterom-Ballering H., Brouwer C. P., Senesi S., Van Dissel J.P., Nibbering P.H. Synergistic Activity of the N-Terminal Peptide of Human Lactoferrin and Fluconazole against Candida Species. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2003, vol. 47, issue 1, pp. 262–267. <https://doi.org/10.1128/aac.47.1.262-267.2003>
- Paesano R., Pacifici E., Benedetti S., Berlutti F., Frioni A., Polimeni A., Valenti P. Safety and Efficacy of Lactoferrin Versus Ferrous Sulphate in Curing Iron Deficiency and Iron Deficiency Anaemia in Hereditary Thrombophilia Pregnant Women: An interventional Study. *BioMetals*, 2014, vol. 27, issue 5, pp. 999–1006. <https://doi.org/10.1007/s10534-014-9723-x>
- Panopoulos, G. Moatsou, C., Psychogiopoulou C., Moschopoulou, E. Microfiltration of Ovine and Bovine Milk: Effect on Microbial Counts and Biochemical Characteristics. *Food*, 2020, vol. 9, issue 3, pp. 284–294. <https://doi.org/10.3390/foods9030284>
- Pierce A., Legrand D. Lactoferrin: A Multifunctional Protein, 2009, vol. 25, issue 4, pp. 361–369. <https://doi.org/10.1051/medsci/2009254361>
- Rashmi K., Warriar A. Non-thermal Processing of Dairy Foods. In J. Minj, V. Sudhakaran, A. Kumari. *Dairy Processing: Advanced Research to Applications*. Singapore: Springer, 2020. P. 25–49. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2608-4_2
- Rynne N., Beresford T., Kelly A., Guinee T. Effect of Milk Pasteurization Temperature and in Situ Whey Protein Denaturation on the Composition, Texture and Heat-Induced Functionality of Half-Fat Cheddar Cheese. *International Dairy Journal*, 2004, vol. 14, issue 11, pp. 989–1001. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.03.010>

- Sachdeva A., Nagpal J. Meta-analysis: efficacy of bovine lactoferrin in *Helicobacter pylori* eradication. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 2009, vol. 29, issue 7, pp. 720–730. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2009.03934.x>
- Scarino M.L. A Sideways Glance: Take It or Leave It? The Role of Lactoferrin in Iron Sequestration and Delivery within the Body. *Genes & Nutrition*, 2007, vol. 2, issue 2, pp. 161–162. <https://doi.org/10.1007/s12263-007-0054-1>
- Tomasula P., Bonnaillie L. Crossflow Microfiltration in the Dairy Industry. In N. Datta, P.M. Tomasula. *Emerging Dairy Processing Technologies: Opportunities for the Dairy Industry*. N.Y.: John Wiley & Sons Editors, 2015. P. 1–32. <https://doi.org/10.1002/9781118560471.ch1>
- Wakabayashi H., Oda H., Yamauchi K., Abe F. Lactoferrin for Prevention of Common Viral Infections. *Journal of Infection and Chemotherapy*, 2014, vol. 20, issue 11, pp. 666–671. <https://doi.org/10.1016/j.jiac.2014.08.003>
- Ward P.P., Paz E., Conneely O.M. Multifunctional Roles of Lactoferrin: A Critical Overview. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 2005, vol. 62, pp. 2540–2548. <https://doi.org/10.1007/s00018-005-5369-8>

Исследование органолептических и физико-химических свойств съедобных стаканов на основе яблочного сырья с использованием различных добавок: сухого молока, сухих сливок, картофельного и кукурузного крахмала, карбоксиметилцеллюлозы, лецитина

Макарова Надежда Викторовна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
Адрес: 443100, город Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244
E-mail: MakarovaNV1969@yandex.ru

Еремеева Наталья Борисовна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
Адрес: 443100, город Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244
E-mail: rmvnatasha@rambler.ru

Елисеева Елена Алексеевна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
Адрес: 443100, город Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244
E-mail: e11seevaml@yandex.ru

Давыдова Яна Владимировна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
Адрес: 443100, город Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244
E-mail: davydova_1998@list.ru

В статье рассмотрены вопросы создания съедобных стаканов на основе яблочного сырья с различными добавками. Впервые приводятся результаты исследования образцов съедобных стаканов с различными добавками (картофельный крахмал, кукурузный крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, лецитин, сухое молоко, сухие сливки). Съедобные стаканы получены на основе одного из самых распространенных видов фруктов – яблок. Для съедобных стаканов изучены органолептические свойства (внешний вид, цвет, вкус, аромат, пережевываемость), микроструктура поверхности стаканов, отношение упаковки к воде и другим пищевым жидкостям, влажность, водопоглощение. Результаты исследований показывают, что съедобные стаканы на основе яблочного сырья вполне приемлемы по органолептическим показателям. Несмотря на отдельные трещины и пустоты в структуре материала стаканов, они обладают высокими характеристиками устойчивости к воде и пищевым жидкостям при низкой и высокой температурах.

Ключевые слова: съедобные стаканы, яблоки, картофельный крахмал, кукурузный крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, лецитин, сухое молоко, сухие сливки, влажность, устойчивость, водопоглощение

Введение

Во всех странах мира доля упакованных в общем объеме продаваемых пищевых продуктов постоянно возрастает, а, следовательно, все более и более становится важным вопрос утилиза-

ции или переработки этой упаковки (Wang, Xu, Yu, Ahmed, Liu, Bai, Zhang, Gao L.-W., Cao X.-Ch., Liu, 2016, p. 1924–1931). При этом огромная часть этой упаковки изготовлена из пластиковых материалов. В статье сербских ученых (Agarski, Vukelic, Micunovic, Budak, 2019, p. 55–65) приведены схемы

и расчеты по переработке упаковочных пластиковых материалов и делается вывод, что дополнительная переработка этих материалов потребует дополнительных энергетических, тепловых затрат и будет вносить существенную нагрузку на экологию. Одной из главных альтернатив пластиковой упаковки на данный момент считается биоразлагаемая упаковка (Fahouri, Martelli, Caon, Velasco, Buontempo, Bilck, Innocentini, 2018, p. 293–300). Однако специалисты отмечают (Taufik, Reinders, Molenveld, Onwezen, 2020, p. 1–10.), что в настоящий момент широкому замещению пластиковой упаковки на биоразлагаемую мешают такие факторы как высокая стоимость, отсутствие четких схем рециклинга, плохое сырьевое обеспечение и т.д.

В настоящее время активно развиваются работы по созданию съедобных пленок как альтернативы пластиковой упаковке. Среди возможного сырья для производства съедобных пленок рассматриваются различные источники. В работе (Liu, Lin, Lopez-Sanchez, Yang, 2020, p. 634–645) изучены цвет, прочность, оптическая прозрачность, плотность, термоустойчивость для съедобных пленок, полученных на основе бактериальной целлюлозы с добавлением конжакового глюкоманнана. Но именно высокое содержание целлюлозы и обеспечивает пленкам высокую механическую прочность.

Китайские ученые предлагают (Zhang, Wang, Zhao, Ma, Cheng, Zhou, Wu, 2020, p.1–8) в качестве исходного сырья для получения съедобных пленок использовать полуфабрикаты из грибов *L. edodes* и *F. velutipes*. При этом сам процесс производства пленки будет включать смешивание на коллоидном уровне. Изучение свойств полученных съедобных пленок показали, что они являются эффективным барьером для воды и кислорода при высокой механической прочности.

Для бургеров, включающих в себя рыбные полуфабрикаты, возможно использование (Albertos, Martin-Diana, Burón, Rico, 2019, p. 1–9) съедобных пленок как средств предотвращения изменения микробиологической среды и физико-химических свойств. Как основное сырье для производства таких пленок используются морские водоросли. При этом пленка включает в себя как саму массу из водорослей, так и экстракт водорослей. В качестве объекта сравнения выступает съедобная пленка из хитозана, которая имеет очень низкие показатели температуры разложения по сравнению с температурой разложения пленки из морской водоросли.

Исследование (Khodaei, 2020, p. 1–9) прочностных и эксплуатационных характеристик съедоб-

ных пленок, полученных на основе желатина с включением смол различного происхождения в нескольких вариативных массовых соотношениях показало, что повышенное содержание смол придает пленке не только гомогенность, но и улучшает ее характеристики.

Проведено (Rodríguez, Sibaja, Espitia, Otoni, 2020, p. 1–12) сравнительное изучение органолептических и физико-химических (толщины, прочности, цветности) свойств съедобных пленок на основе папайи с включением в состав аскорбиновой кислоты и порошка листьев растения *Moringa oleifera*. Результаты экспериментов показывают, что оба компонента могут быть использованы в составе съедобных пленок.

Для сохранения качества серебристого карпа предложено (Munir, Hu, Liu, Xiong, 2019, p. 114–120) использовать съедобную пленку на основе белка и глицерина с включением в ее состав экстрактов кожуры граната и косточек винограда.

Теоретическое обоснование

В качестве исходного сырья для производства съедобных пленок чаще всего выступает крахмал. В последние годы ученые комбинируют крахмал различного происхождения с другими пищевыми компонентами с целью получения съедобных пленок с улучшенными характеристиками. Так, польские ученые используют для получения съедобных пленок (Pająk, Przetaczek-Roznowska, Juszcak, 2019, p. 441–449) крахмал киноа, тыквы с добавлением глицерина. В статье (Yildirim-Yalçın, Şeker, Sadıkoğlu, 2019, p. 6–13) приведены результаты испытаний съедобных пленок на основе модифицированного кукурузного крахмала и виноградного сока, а в работе (Zuo, Song, Chen, Shen, 2019, p. 324–331) получены двухслойные съедобные пленки на основе смеси крахмалов зеина, кукурузы, пшеницы. Тогда как эквадорские ученые (Santacruz, Rivadeneira, Castro, 2015, p. 89–94) используют хитозан для модификации механических свойств съедобных пленок на основе крахмала.

Молоко или полученные на его основе продукты занимают значительную долю в объеме самых востребованных пищевых продуктов (Du Plooy, Schönfeldt, Hall, 2018, p. 22–28). При этом популярность молока связана именно с его доказанным положительным влиянием на организм человека. Так, например, молочные жиры обладают противомикробными, противовоспалительными, антиканцерогенными свойствами (Gómez-Cortés, Juárez, De la Fuente, 2018, p. 1–9). Одними из важнейших компонентов

молока являются белки (Ye, Zhou, Shi, Chen, Du, 2016, p. 89–95). Включение белков в качестве основного или вспомогательного компонента в рецептурный состав является одним из направлений разработки новых вариантов съедобных пленок. При этом комбинации исходного сырья могут быть различными: пюре папайи, желатин, соевые белки (Tulamandi, Rangarajan, Rizvi, Singhal, Chattopadhyay, Saha, 2016, p. 60–71), изолят соевых белков, смола акации, глицерин (Xue, Gu, Wang, Li, Adhikari, 2019, p. 178–189), белки пшеницы, желатин, жирные кислоты (Fakhouri, Martelli, Caon, Velasco, Buontempo, Bilck, Innocentini Mei, 2018, p. 293–300), казеинат кальция и генепин (Lin, Wang, Weng, 2020, p. 1–7).

Лецитин является одним из компонентов пищевого сырья и проявляет способность предупреждать сердечно-сосудистые изменения (Robert, Couëdelo, Vaysse, Michalski, 2020, p. 121–132) и проявлять цитотоксическую активность (Jardim, Neves Siqueira, Báó, Sousa, Parize, 2020, p. 1–10). Именно лецитин совместно с карбоксиметилцеллюлозой выступает как компонент съедобных пленок (Silva-Weiss, Quilaqueo, Venegas, Ahumada, Silva, Osorio, Giménez, 2018, p. 165–173). Тогда как сама карбоксиметилцеллюлоза используется как основа для получения нанокомпозитов в технологии инкапсулирования (Bozaci, Akar, Ozdogan, Demir, Altinisik, Seki, 2015, p. 128–135) или биоразлагаемых материалов (Da Silva, Mageste, Barros e Silva, Ferreira, Ferreira, 2020, p. 1–8; De Melo Fiori, Camani, Rosa, Carastan, 2019, p. 1–9).

Таким образом, исследования по съедобным пленкам имеют постоянно увеличивающийся объем. Использование крахмала, белков, лецитина, карбоксиметилцеллюлозы в составе съедобных пищевых пленок перспективно. При этом применяются различные добавки для получения съедобных пленок с улучшенными характеристиками. Однако, из литературных источников видно, что вопросы создания съедобной посуды из съедобных пленок не имеют значительного объема.

Задачи исследования

Целью работы является: 1) производство нескольких видов съедобной упаковки – съедобных стаканов, полученных на основе яблочного сырья с добавлением пластификатора – пектина в количестве 2% и разного процентного содержания кар-

тофельного и кукурузного крахмала, сухих сливок, сухого молока, соевого лецитина, карбоксиметилцеллюлозы; 2) анализ органолептических свойств, микроструктуры, водопоглотительной способности, устойчивости к воздействию жидких модельных растворов (дистиллированной воды температурой 20–25°C, дистиллированной воды температурой 90–95°C, 5%-ного раствора поваренной соли температурой 20–25°C, 5%-ного раствора лимонной кислоты температурой 20–25°C); 3) сравнительный анализ полученных результатов с целью определения зависимости между изученными свойствами, природой и количеством дополнительной добавки; 4) подбор типа и дозы оптимальной добавки для получения съедобной посуды с заданными характеристиками.

Материалы

Метод производства съедобных стаканов. Для получения яблочного пюре, используемого в качестве основы упаковки, плоды яблок подвергают подготовке, предусматривающей инспекцию, сортировку, калибровку и мойку, удаляют несъедобные части (плодоножку, семенную камеру, кожуру) нарезают и измельчают до пюреобразного состояния, протирают. К полученной массе яблочного пюре добавляют пектин в количестве 2% от массы исходного сырья, специальные добавки (сухое молоко, сухие сливки, картофельный крахмал, кукурузный крахмал, соевый лецитин, карбоксиметилцеллюлоза), подвергают гомогенизации. Съедобную упаковку получают многослойным формованием съедобной пленки. Полученный слой съедобного стакана сушат в течение 1 ч. Последующие слои наносят аналогичным образом, сушат 30 мин. Готовую съедобную упаковку охлаждают до комнатной температуры.

Определение органолептических характеристик съедобных стаканов. Исследования органолептических показателей были проведены по ГОСТ 8756.1–2017¹ Продукты пищевые консервированные. Методы определения органолептических показателей, массы нетто или объема массовой доли составных частей. Для каждого образца упаковки съедобных стаканов были определены такие характеристики как внешний вид, цвет, вкус, аромат и пережевываемость (Kalem, 2018, p. 38–43).

Определение влажности съедобных стаканов. Определение влажности проводится по ГОСТ 28561–90².

¹ ГОСТ 8756.1–2017. Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема. М.: Стандартинформ, 2019. 16 с.

² ГОСТ 28561–90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. М.: Стандартинформ, 2011. 11 с.

Микроскопия съедобных стаканов (Liaotrakoon, Raviyan, 2018, p. 243–249). Микроскопирование образцов многослойной съедобной упаковки проводилось на лабораторном микроскопе Микромед 3–20М.

Определение влагопоглощительной способности съедобных стаканов (Tao, Shi, Cui, 2018, p. 5470–5478). Влагопоглощительная способность была определена для всех видов съедобных упаковок следующим образом: в образцы упаковок помещают дистиллированную воду и выдерживают при 23°C в течении 60 мин. Определяют степень водопоглощения как отношение массы упаковки после эксперимента к массе упаковки до эксперимента в процентах.

Определение устойчивости многослойной съедобных стаканов к модельным жидким средам (Manrich, Moreira, Otoni, Lorevice, Martins, Mattoso, 2017, p. 83–91). Образец многослойной съедобной упаковки выдерживают с модельной жидкостью (дистиллированная вода температурой 20–25°C,

дистиллированная вода температурой 90–95°C, 5 %-ный раствор лимонной кислоты температурой 20–25°C, 5%-ный раствор поваренной соли температурой 20–25°C) и определяют время до потери съедобной упаковкой жесткости и формы.

Результаты и их обсуждение

Органолептические показатели для пищевых продуктов являются очень важными характеристиками, т.к. определяют приемлемость, востребованность, успешность данного продукта на рынке. Съедобные стаканы кроме функциональных свойств должны иметь приемлемые органолептические характеристики. Результаты оценки органолептических свойств съедобных стаканов с добавками представлены в Таблице 1.

Анализ данных по органолептическому анализу съедобных стаканов с добавками (картофельный крахмал, кукурузный крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, сухое молоко, сухие сливки, леци-

Таблица 1

Органолептические характеристики съедобных стаканов с добавками

Показатель	Характеристика
Съедобные стаканы с картофельным крахмалом (1%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с картофельным крахмалом (2,5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая

Показатель	Характеристика
Съедобные стаканы с картофельным крахмалом (5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий с мучнистым привкусом
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом (1%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая

Таблица 1

Показатель	Характеристика
Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом (2,5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом (5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий с мучнистым привкусом
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с карбоксиметилцеллюлозой (1%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Светло-коричневый
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с карбоксиметилцеллюлозой (2,5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Светло-коричневый
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая

Показатель	Характеристика
Съедобные стаканы с карбоксиметилцеллюлозой (5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Светло-коричневый
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с сухим молоком (1%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с сухим молоком (2,5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с сухим молоком (5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий с молочным привкусом
Консистенция	Хорошо пережевываемая

Таблица 1

Показатель	Характеристика
Съедобные стаканы с сухими сливками (5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с сухими сливками (15%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с сухими сливками (25%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая

Показатель	Характеристика
Съедобные стаканы с лецитином (1%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Коричневый
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с лецитином (2,5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Коричневый
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая
Съедобные стаканы с лецитином (5%)	
Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Коричневый
Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая

тин) показывает, что стаканы обладают хорошим внешним видом, приятным вкусом и ароматом, зависящим от типа добавки в рецептуре стаканов, приемлемой пережевываемостью.

Влажность пищевого продукта является важной характеристикой. Влажность съедобных стаканов с различными добавками имеет два аспекта. С одной стороны, чем ниже влажность съедобных стаканов, тем длиннее срок их хранения, ниже вероятность микробиологической и физико-хими-

ческой порчи. Однако слишком низкие значения влажности съедобных стаканов с различными добавками приводят к высокой хрупкости стаканов и их плохой пережевываемости. Результаты определения влажности съедобных стаканов с различными добавками приведены на Рисунке 1.

Самые низкие значения влажности имеют съедобные стаканы с добавлением карбоксиметилцеллюлозы. Тогда как, съедобные стаканы с лецитином показывают влажность в районе 6,5–6,8%. Значе-

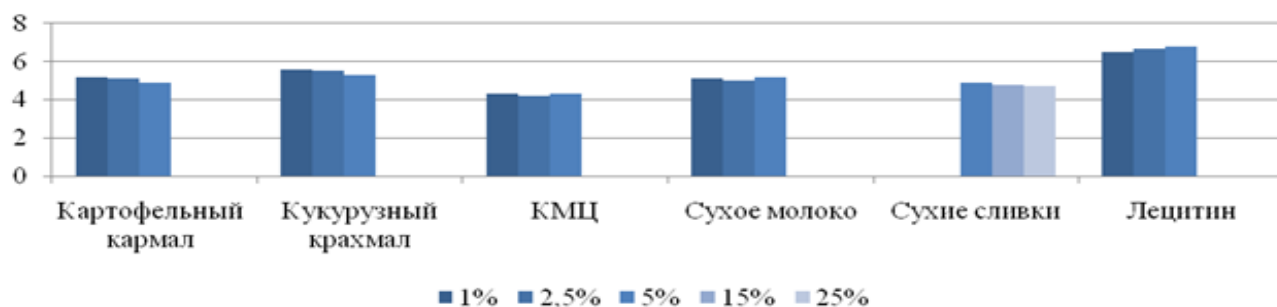


Рисунок 1. Влажность съедобных стаканов с различными добавками

ния влажности стаканов с добавлением картофельного и кукурузного крахмала в разном процентном содержании показывает, что чем выше количество крахмала в рецептуре съедобного стакана, тем ниже процент влажности. Относительно других добавок (сухое молоко, сухие сливки, лецитин, карбоксиметилцеллюлоза) не существует четкой зависимости между количеством добавки и значением влажности.

Микроскопия образцов съедобных стаканов с различными добавками позволят выявить недостатки

в структуре продукта. Наличие большого количества трещин, пустот, неоднородность структуры приводит к деформации стакана, потери прочности, утративанию функциональных свойств упаковки. Результаты микроскопирования образцов съедобных стаканов с различными добавками приведены в Таблице 2.

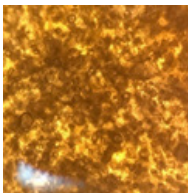
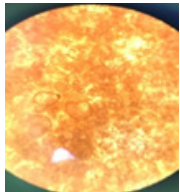
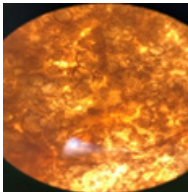
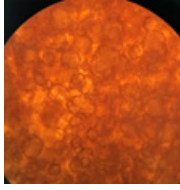
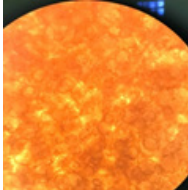
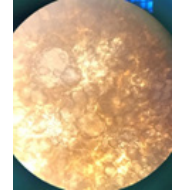
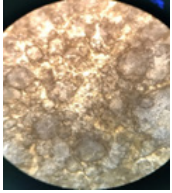
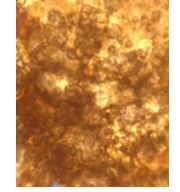
Анализ фотографий микроскопирования образцов стаканов показал, что структура самого стакана однородная, хотя и имеет ряд небольших участков с пустотами из пузырьков воздуха.

Таблица 2

Результаты микроскопирования съедобных стаканов с различными добавками

Образец	Микроскопирование	Образец	Микроскопирование
Съедобные стаканы с картофельным крахмалом 1%		Съедобные стаканы с картофельным крахмалом 2,5%	
Съедобные стаканы с картофельным крахмалом 5%		Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом 1%	
Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом 2,5%		Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом 5%	
Съедобные стаканы с карбоксиметилцеллюлозой 1%		Съедобные стаканы с карбоксиметилцеллюлозой 2,5%	

Таблица 2

Образец	Микроскопирование	Образец	Микроскопирование
Съедобные стаканы с карбоксиметил-целлюлозой 5%		Съедобные стаканы с сухим молоком 1%	
Съедобные стаканы с сухим молоком 2,5%		Съедобные стаканы с сухим молоком 5%	
Съедобные стаканы с сухими сливками 5%		Съедобные стаканы с сухими сливками 15%	
Съедобные стаканы с сухими сливками 25%		Съедобные стаканы с лецитином 1%	
Съедобные стаканы с лецитином 2,5%		Съедобные стаканы с лецитином 5%	

Водопоглощение (влагопоглощение) для съедобных продуктов играет решающую роль, т.к. недостаточное поглощение воды продуктом приводит к его плохому перевариванию в желудке и кишечнике. Съедобные стаканы должны обладать хорошими показателями по водопоглощению. Однако, слишком высокие значения по водопоглощению могут привести стаканы к утрате их формы, функциональным свойствам: стаканы будут протекать, не сохраняя жидкость внутри себя.

Результаты экспериментов по определению водопоглощения съедобных стаканов с различными добавками представлены на Рисунке 2. Все значения по водопоглощению находятся в одних пределах 217–248% и практически мало отличаются друг от друга. Хотя природы и физические свойства различных добавок для съедобных стаканов отличаются друг от друга, но так как вода соприка-

сается с жидкой частью только внутри стакана на небольшом проценте поверхности от общего объема поверхности стакана, то и на водопоглощение съедобного стакана природа добавки практически не влияет. Хотя с увеличением доли добавки в рецептуре стакана показатель водопоглощения также повышается.

Функциональными свойствами съедобных стаканов является их способность сохранять форму, целостность и внешний вид при наполнении их жидкостями различной природы. В качестве таких жидкостей могут выступать не только вода комнатной температуры, но и горячий чай, кофе, безалкогольные напитки, соки, нектары и т.д. Все эти жидкости могут иметь pH и температуру среды отличную от pH и температуры обычной воды. С целью изучения устойчивости съедобных стаканов к таким жидкостям проведены испытания съедоб-

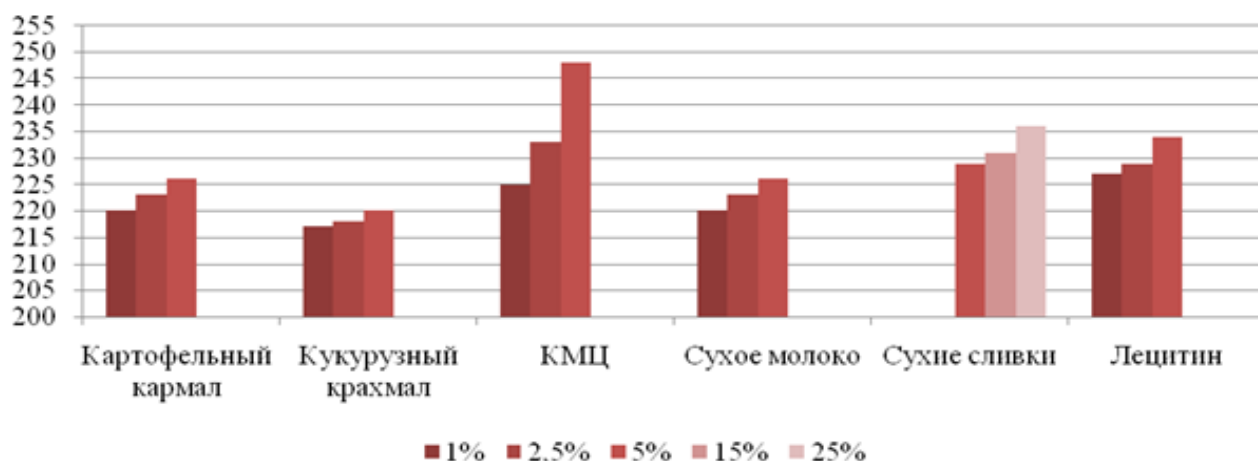


Рисунок 2. Водопоглощение съедобных стаканов с различными добавками

ных стаканов и определено время, в течение которого данные стаканы сохраняют свою форму, твердость граней и функциональные свойства упаковочного материала.

Результаты определения устойчивости съедобных стаканов с различными добавками к четы-

рем модельным жидкостям разной температуры и разного pH среды приведены в Таблице 3. Необходимо отметить, что согласно полученным результатам, стаканы способны сохранять свойства посуды для жидкости даже при температуре 90–95°C течении не менее 40 мин. Практически сходные результаты имеют съедобные стака-

Таблица 3

Устойчивость к модельным жидкостям съедобных стаканов с различными добавками

Образец		Показатель	Характеристика, мин
Картофельный крахмал	1%	Вода 20 °C	75
		Вода 100 °C	50
		Лимонная кислота 5 %	73
		NaCl 5 %	72
	2,5%	Вода 20 °C	74
		Вода 100 °C	48
		Лимонная кислота 5 %	72
		NaCl 5 %	72
	5%	Вода 20 °C	69
		Вода 100 °C	47
		Лимонная кислота 5 %	66
		NaCl 5 %	64
Кукурузный крахмал	1%	Вода 20 °C	72
		Вода 100 °C	48
		Лимонная кислота 5 %	70
		NaCl 5 %	71
	2,5%	Вода 20 °C	69
		Вода 100 °C	45
		Лимонная кислота 5 %	68
		NaCl 5 %	69
	5%	Вода 20 °C	66
		Вода 100 °C	41
		Лимонная кислота 5 %	65
		NaCl 5 %	64

Таблица 3

Образец		Показатель	Характеристика, мин
КМЦ	1%	Вода 20 °С	67
		Вода 100 °С	48
		Лимонная кислота 5 %	66
		NaCl 5 %	67
	2,5%	Вода 20 °С	72
		Вода 100 °С	53
		Лимонная кислота 5 %	72
		NaCl 5 %	71
	5%	Вода 20 °С	77
		Вода 100 °С	57
		Лимонная кислота 5 %	76
		NaCl 5 %	75
Сухое молоко	1%	Вода 20 °С	70
		Вода 100 °С	51
		Лимонная кислота 5 %	68
		NaCl 5 %	69
	2,5%	Вода 20 °С	74
		Вода 100 °С	53
		Лимонная кислота 5 %	73
		NaCl 5 %	72
	5%	Вода 20 °С	68
		Вода 100 °С	49
		Лимонная кислота 5 %	68
		NaCl 5 %	67
Сухие сливки	5%	Вода 20 °С	73
		Вода 100 °С	54
		Лимонная кислота 5 %	72
		NaCl 5 %	71
	15%	Вода 20 °С	70
		Вода 100 °С	51
		Лимонная кислота 5 %	68
		NaCl 5 %	69
	25%	Вода 20 °С	66
		Вода 100 °С	46
		Лимонная кислота 5 %	65
		NaCl 5 %	64
Лецитин	1%	Вода 20 °С	73
		Вода 100 °С	48
		Лимонная кислота 5 %	71
		NaCl 5 %	70
	2,5%	Вода 20 °С	70
		Вода 100 °С	45
		Лимонная кислота 5 %	67
		NaCl 5 %	67
	5%	Вода 20 °С	65
		Вода 100 °С	41
		Лимонная кислота 5 %	63
		NaCl 5 %	62

ны с различными добавками с водой 20–25°C и 5%-ной лимонной кислотой и 5%-ным хлоридом натрия, что свидетельствует, что pH среды практически не влияет на устойчивость стаканов. В целом необходимо отметить, что в среднем не менее 1 ч съедобные стаканы с различными добавками способны сохранять устойчивость к воздействию жидкостей.

Таким образом, нами получены образцы съедобных стаканов с различными добавками (кукурузный и картофельный крахмал, сухое молоко и сливки, карбоксиметилцеллюлоза, лецитин) из многослойной съедобной пленки на основе яблочного сырья с добавлением в качестве пластификатора пектина. В ходе изучения органолептических, структурных свойств установлено, что упаковка имеет приемлемые органолептические характеристики для потребителя. Хотя микроструктура упаковки и является неоднородной, в целом упаковка устойчива к воздействию воды и пищевых жидкостей при разных температурах.

Литература

- Agarski B., Vukelic D., Micunovic M.I., Budak I. Evaluation of the environmental impact of plastic cap production, packaging, and disposal // *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 245. P. 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.078>
- Albertos I., Martín-Diana A.B., Burón M., Rico D. Development of functional bio-based seaweed (*Himanthalia elongata* and *Palmaria palmata*) edible films for extending the shelflife of fresh fish burgers // *Food Packaging and Shelf Life*. 2019. Vol. 22. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100382>
- Bozaci E., Akar E., Ozdogan E., Demir A., Altinisik A., Seki Y. Application of carboxymethylcellulose hydrogel based silver nanocomposites on cotton fabrics for antibacterial property // *Carbohydrate Polymers*. 2015. Vol. 134. P. 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.036>
- Da Silva H.M., Mageste A.B., Barros e Silva S.J., Ferreira G.M.D., Ferreira G.M.D. Anthocyanin immobilization in carboxymethylcellulose/starch films: a sustainable sensor for the detection of Al(III) ions in aqueous matrices // *Carbohydrate Polymers*. 2020. Vol. 230. P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115679>
- De Melo Fiori A.P.S., Camani P.H., Rosa D.S., Carastan D.J. Combined effects of clay minerals and polyethylene glycol in the mechanical and water barrier properties of carboxymethylcellulose films // *Industrial Crops & Products*. 2019. Vol. 140. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111644>
- Du Plooy Z., Schönfeldt H.C., Hall N. The role of traditional foods in food-based dietary guidelines – A South African case study on maas (cultured milk) // *Food Chemistry*. 2018. Vol. 238. P. 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.044>
- Fakhouri F.M., Martelli S.M., Caon T., Velasco J.I., Buontempo R.C., Bilck A.P., Innocentini Mei L.H. The effect of fatty acids on the physicochemical properties of edible films composed of gelatin and gluten proteins // *LWT – Food Science and Technology*. 2018. Vol. 87. P. 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.056>
- Gómez-Cortés P., Juárez M., De la Fuente M.A. Milk fatty acids and potential health benefits: an updated vision // *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 81. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.014>
- Jardim K.V., Neves Siqueira J.L., Bão S.N., Sousa M.H., Parize A.L. The role of the lecithin addition in the properties and cytotoxic activity of chitosan and chondroitin sulfate nanoparticles containing curcumin // *Carbohydrate Polymers*. 2020. Vol. 227. P.1–10. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115351>
- Kalem I.K., Bhat Z.F., Kumar S., Noor S., Desai A. The effects of bioactive edible film containing *Terminalia arjuna* on the stability of some quality attributes of chevon sausages // *Meat Science*. 2018. Vol. 140. P. 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.011>
- Khodaei D., Oltrogge K., Hamidi-Esfahani Z. Preparation and characterization of blended edible films manufactured using gelatin, tragacanth gum and, Persian gum // *LWT – Food Science and Technology*. 2020. Vol. 117. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108617>
- Liaotrakoon V., Raviyan P. Modifying the properties of whey protein isolate edible film by incorporating palm oil and glycerol // *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 2018. Vol. 40. No. 1. P. 243–249. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2018.17>
- Lin H.-Ch., Wang B.-J., Weng Y.-M. Development and characterization of sodium caseinate edible films cross-linked with genipin // *LWT – Food Science and Technology*. 2020. Vol. 118. P.1–7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108813>
- Liu Z., Lin D., Lopez-Sanchez P., Yang X. Characterizations of bacterial cellulose nanofibers reinforced edible films based on konjac glucomannan // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. Vol. 145. P. 634–645. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.109>
- Manrich A., Moreira F.K.V., Otoni C.G., Lorevice M.V., Martins M.A., Mattoso L.H.C. Hydrophobic

- edible films made up of tomato cutin and pectin // *Carbohydrate Polymers*. 2017. Vol. 164. P. 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.01.075>
- Munir S., Hu Y., Liu Y., Xiong Sh. Enhanced properties of silver carp surimi-based edible films incorporated with pomegranate peel and grape seed extracts under acidic condition // *Food Packaging and Shelf Life*. 2019. Vol. 19. P. 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.12.001>
- Pająk P., Przetaczek-Roznowska I., Juszczak L. Development and physicochemical, thermal and mechanical properties of edible films based on pumpkin, lentil and quinoa starches // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 138. P. 441–449. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.074>
- Robert Ch., Couëdelo L., Vaysse C., Michalski M.-C. Vegetable lecithins: a review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention // *Biochimie*. 2020. Vol. 169. P. 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2019.11.017>
- Rodríguez G.M., Sibaja J.C., Espitia P.J.P., Otoni C.G. Antioxidant active packaging based on papaya edible films incorporated with *Moringa oleifera* and ascorbic acid for food preservation // *Food hydrocolloids*. 2020. Vol. 103. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105630>
- Santacruz S., Rivadeneira C., Castro M. Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment // *Food Hydrocolloids*. 2015. Vol. 49. P. 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.019>
- Silva-Weiss A., Quilaqueo M., Venegas O., Ahumada M., Silva W., Osorio F., Giménez B. Design of dipalmitoyl lecithin liposomes loaded with quercetin and rutin and their release kinetics from carboxymethyl cellulose edible films // *Journal of Food Engineering*. 2018. Vol. 224. P. 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.01.001>
- Tao F., Shi Ch., Cui Y. Preparation and physico-chemistry properties of smart edible films based on gelatin – starch nanoparticles // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. Vol. 98. P. 5470–5478. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9091>
- Taufik D., Reinders M.J., Molenveld K., Onwezen M.C. The paradox between the environmental appeal of bio-based plastic packaging for consumers and their disposal behavior // *Science of the total environment*. 2020. Vol. 705. P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135820>
- Tulamandi S., Rangarajan V., Rizvi S.S.H., Singhal R.S., Chattopadhyay S.K., Saha N.Ch. A biodegradable and edible packaging film based on papaya puree, gelatin, and defatted soy protein // *Food Packaging and Shelf Life*. 2016. Vol. 10. P. 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.10.007>
- Wang Y., Xu Sh.-W., Yu W., Ahmed A.-G., Liu X.-J., Bai J.-F., Zhang D., Gao L.-W., Cao X.-Ch., Liu Y. Food packing: A case study of dining out in Beijing // *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. Vol. 15. No. 8. P. 1924–1931. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61282-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61282-5)
- Xue F., Gu Y., Wang Y., Li Ch., Adhikari B. Encapsulation of essential oil in emulsion based edible films prepared by soy protein isolate–gum acacia conjugates // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 96. P. 178–189. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.014>
- Ye M.P., Zhou R., Shi Y.R., Chen H.C., Du Y. Effects of heating on the secondary structure of proteins in milk powders using mid-infrared spectroscopy // *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 100. No. 1. P. 89–95. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11443>
- Yildirim-Yalçın M., Şeker M., Sadıkoğlu H. Development and characterization of edible films based on modified corn starch and grape juice // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 292. P. 6–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.006>
- Zhang K., Wang W., Zhao K., Ma Y., Cheng Sh., Zhou J., Wu Z. Producing a novel edible film from mushrooms (*L. edodes* and *F. velutipes*) byproducts with a two-stage treatment namely grinding and bleaching // *Journal of Food Engineering*. 2020. Vol. 275. P.1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109862>
- Zuo G., Song X., Chen F., Shen Z. Physical and structural characterization of edible bilayer films made with zein and corn-wheat starch // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 18. P. 324–331. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.09.005>

Study of the Organoleptic and Physico-Chemical Properties of Edible Glasses Based on Apple Raw Materials Using Various Additives: Milk Powder, Dried Cream, Potato and Corn Starch, Carboxymethyl Cellulose, Lecithin

Nadezhda V. Makarova

FSBEI HE "Samara State Technical University"
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: MakarovaNV1969@yandex.ru

Natalia B. Ereemeeva

FSBEI HE "Samara State Technical University"
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: rmvnatasha@rambler.ru

Elena A. Eliseeva

FSBEI HE "Samara State Technical University"
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: e11seevaml@yandex.ru

Yana V. Davydova

FSBEI HE "Samara State Technical University"
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: davydova_1998@list.ru

The article considers the creation of edible glasses based on apple raw materials with various additives. For the first time, the results of a study of samples of edible glasses with various additives (potato starch, corn starch, carboxymethyl cellulose, lecithin, milk powder, dried cream) are presented. Edible glasses are obtained on the basis of one of the most common types of fruits – apples. For edible glasses, the organoleptic properties (appearance, color, taste, aroma, chewability), the microstructure of the surface of the glasses, the ratio of packaging to water and other food liquids, humidity, water absorption were studied. The research results show that edible glasses based on apple raw materials are quite acceptable in terms of organoleptic characteristics. Despite individual cracks and voids in the structure of the material of the glasses, they have high characteristics of resistance to water and food liquids at low and high temperatures.

Keywords: edible glasses, apples, potato starch, corn starch, carboxymethyl cellulose, lecithin, milk powder, cream powder, moisture, stability, water absorption

References

- Agarski B., Vukelic D., Micunovic M.I., Budak I. Evaluation of the Environmental Impact of Plastic Cap Production, Packaging, and Disposal. *Journal of Environmental Management*, 2019, vol, 245, pp. 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.078>
- Albertos I., Martín-Diana A.B., Burón M., Rico D. Development of Functional Bio-Based Seaweed (Himanthalia Elongate and Palmaria Palmata) Edible Films for Extending the Shelflife of Fresh Fish Burgers. *Food Packaging and Shelf Life*, 2019, vol, 22, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100382>
- Bozaci E., Akar E., Ozdogan E., Demir A., Altinisik A., Seki Y. Application of Carboxymethylcellulose Hydrogel Based Silver Nanocomposites on Cotton Fabrics for Antibacterial Property. *Carbohydrate*

- Polymers*, 2015, vol. 134, pp. 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.036>
- Da Silva H.M., Mageste A.B., Barros e Silva S.J., Ferreira G.M.D., Ferreira G.M.D. Anthocyanin Immobilization in Carboxymethylcellulose/Starch Films: A Sustainable Sensor for the Detection of Al(III) Ions in Aqueous Matrices. *Carbohydrate Polymers*, 2020, vol. 230, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115679>
- De Melo Fiori A.P.S., Camani P.H., Rosa D.S., Carastan D.J. Combined Effects of Clay Minerals and Polyethylene Glycol in the Mechanical and Water Barrier Properties of Carboxymethylcellulose Films. *Industrial Crops & Products*, 2019, vol. 140, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111644>
- Du Plooy Z., Schönfeldt H.C., Hall N. The role of traditional foods in food-based dietary guidelines – A South African Case Study on Maas (Cultured Milk). *Food Chemistry*, 2018, vol. 238, pp. 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.044>
- Fakhouri F.M., Martelli S.M., Caon T., Velasco J.I., Buontempo R.C., Bilck A.P., Innocentini Mei L.H. The Effect of Fatty Acids on the Physicochemical Properties of Edible Films Composed of Gelatin and Gluten Proteins. *LWT – Food Science and Technology*, 2018, vol. 87, pp. 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.056>
- Gómez-Cortés P., Juárez M., De la Fuente M.A. Milk Fatty Acids and Potential Health Benefits: An Updated Vision. *Trends in Food Science & Technology*, 2018, vol. 81, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.014>
- Jardim K.V., Neves Siqueira J.L., Bão S.N., Sousa M.H., Parize A.L. The Role Of the Lecithin Addition in the Properties and Cytotoxic Activity of Chitosan and Chondroitin Sulfate Nanoparticles Containing Curcumin. *Carbohydrate Polymers*, 2020, vol. 227, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115351>
- Kalem I.K., Bhat Z.F., Kumar S., Noor S., Desai A. The Effects of Bioactive Edible Film Containing Terminalia Arjuna on the Stability of Some Quality Attributes of Chevron Susages. *Meat Science*, 2018, vol. 140, pp. 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.011>
- Khodaei D., Oltrogge K., Hamidi-Esfahani Z. Preparation and Characterization of Blended Edible Films Manufactured Using Gelatin, Tragacanth Gum and, Persian Gum. *LWT – Food Science And Technology*, 2020, vol. 117, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108617>
- Liaotrakoon V., Raviyan P. Modifying the Properties of Whey Protein Isolate Edible Film by Incorporating Palm Oil and Glycerol. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 2018, vol. 40, no. 1, pp. 243–249. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2018.17>
- Lin H.-Ch., Wang B.-J., Weng Y.-M. Development and Characterization Of Sodium Caseinate Edible Films Cross-Linked With Genipin. *LWT – Food Science And Technology*, 2020, vol. 118, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108813>
- Liu Z., Lin D., Lopez-Sanchez P., Yang X. Characterizations of Bacterial Cellulose Nanofibers Reinforced Edible Films Based on Konjac Glucomannan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, vol. 145, pp. 634–645. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.109>
- Manrich A., Moreira F.K.V., Otoni C.G., Lorevice M.V., Martins M.A., Mattoso L.H.C. Hydrophobic Edible Films Made up of Tomato Cutin and Pectin. *Carbohydrate Polymers*, 2017, vol. 164, pp. 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.01.075>
- Munir S., Hu Y., Liu Y., Xiong Sh. Enhanced Properties of Silver Carp Surimi-Based Edible Films Incorporated with Pomegranate Peel and Grape Seed Extracts under Acidic Condition. *Food Packaging and Shelf Life*, 2019, vol. 19, pp. 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.foodpack.2018.12.001>
- Pajak P., Przetaczek-Roznowska I., Juszcak L. Development and Physicochemical, Thermal and Mechanical Properties of Edible Films Based on Pumpkin, Lentil and Quinoa Starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, vol. 138, pp. 441–449. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.074>
- Robert Ch., Couédelo L., Vaysse C., Michalski M.-C. Vegetable Lecithins: A Review of their Compositional Diversity, Impact on Lipid Metabolism and Potential in Cardiometabolic Disease Prevention. *Biochimie*, 2020, vol. 169, pp. 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2019.11.017>
- Rodríguez G.M., Sibaja J.C., Espitia P.J.P., Otoni C.G. Antioxidant Active Packaging Based on Papaya Edible Films Incorporated with Moringa Oleifera and Ascorbic Acid for Food Preservation. *Food Hydrocolloids*, 2020, vol. 103, pp. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105630>
- Santacruz S., Rivadeneira C., Castro M. Edible Films Based on Starch and Chitosan. Effect of Starch Source and Concentration, Plasticizer, Surfactant's Hydrophobic Tail and Mechanical Treatment. *Food Hydrocolloids*, 2015, vol. 49, pp. 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.019>
- Silva-Weiss A., Quilaqueo M., Venegas O., Ahumada M., Silva W., Osorio F., Giménez B. Design of Dipalmitoyl Lecithin Liposomes Loaded with Quercetin and Rutin and their Release Kinetics from Carboxymethyl Cellulose Edible Films. *Journal of Food Engineering*, 2018, vol. 224, pp. 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.01.001>
- Tao F., Shi Ch., Cui Y. Preparation and Physicochemistry Properties of Smart Edible Films

- Based on Gelatin – Starch Nanoparticles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2018, vol. 98, pp. 5470–5478. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9091>
- Taufik D., Reinders M.J., Molenveld K., Onwezen M.C. The Paradox Between the Environmental Appeal of Bio-Based Plastic Packaging for Consumers and their Disposal Behavior. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 705, pp.1–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135820>
- Tulamandi S., Rangarajan V., Rizvi S.S.H., Singhal R.S., Chattopadhyay S.K., Saha N.Ch. A Biodegradable and Edible Packaging Film Based on Papaya Puree, Gelatin, and Defatted Soy Protein. *Food Packaging and Shelf Life*, 2016, vol. 10, pp. 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.10.007>
- Wang Y., Xu Sh.-W., Yu W., Ahmed A.-G., Liu X.-J., Bai J.-F., Zhang D., Gao L.-W., Cao X.-Ch., Liu Y. Food Packing: A Case Study of Dining out in Beijing. *Journal of Integrative Agriculture*, 2016, vol. 15, no. 8, pp. 1924–1931. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61282-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61282-5)
- Xue F., Gu Y., Wang Y., Li Ch., Adhikari B. Encapsulation of Essential Oil in Emulsion Based Edible Films Prepared by Soy Protein Isolate–Gum Acacia Conjugates. *Food Hydrocolloids*, 2019, vol. 96, pp. 178–189. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.014>
- Ye M.P., Zhou R., Shi Y.R., Chen H.C., Du Y. Effects of Heating on the Secondary Structure of Proteins in Milk Powders Using Mid-Infrared Spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 2016, vol. 100, no. 1, pp. 89–95. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11443>
- Yildirim-Yalçın M., Şeker M., Sadıkoğlu H. Development and Characterization of Edible Films Based on Modified Corn Starch and Grape Juice. *Food Chemistry*, 2019, vol. 292, pp. 6–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.006>
- Zhang K., Wang W., Zhao K., Ma Y., Cheng Sh., Zhou J., Wu Z. Producing a Novel Edible Film from Mushrooms (*L. Edodes* and *F. Velutipes*) Byproducts with a Two-Stage Treatment Namely Grinding and Bleaching. *Journal of Food Engineering*, 2020, vol. 275, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109862>
- Zuo G., Song X., Chen F., Shen Z. Physical and Structural Characterization of Edible Bilayer Films Made with Zein and Corn–Wheat Starch. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2019, vol. 18, pp. 324–331. <https://doi.org/10.1016/j.jsas.2017.09.005>

Характеристика порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья методом распылительной сушки

Миневич Ирина Эдуардовна

ФГБНУ «ФНЦ ЛК»

Адрес: 170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский пр. 17/56

E-mail: irina_minevich@mail.ru

Цыганова Татьяна Борисовна

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Адрес: 120080, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, 11

E-mail: ztatianaz@yandex.ru

Черных Валерий Яковлевич

ФГАНУ НИИХП

Адрес: 107553, Россия, Москва, ул. Б.Черкизовская, д. 26А

E-mail: v.chernykh@gosniihp.ru

В настоящее время производство основных видов продуктов питания, как традиционных, так специализированных и функциональных, детского, диетического и спортивного питания невозможно без применения технологических и функциональных ингредиентов. Среди большого ряда ингредиентов производство белковых продуктов, пищевых волокон отнесены к приоритетным направлениям для привлечения инвестиций, направленных на точки роста пищевой промышленности в сфере ингредиентов. Источником белка и пищевых волокон являются семена льна. Соотношение аминокислот различной природы в белковом комплексе семян льна обеспечивает его биологическую активность. Протеины льняного семени могут служить белковыми обогатителями для пищевых продуктов. Пищевые волокна семян льна представлены некрахмальными полисахаридами, и сосредоточены в их слизевых клетках. По функционально-технологическим свойствам они относятся к пищевым добавкам типа гидроколлоидов. Исследование выполнено с целью определения характеристик порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, произведенных соответственно из льняного жмыха и семян льна-долгунца сорта Цезарь путем экстракции с последующей распылительной сушкой, которые и служили объектами исследований. Было установлено, что порошки белкового концентрата и полисахаридного экстракта обладают высокими функционально-технологическими свойствами, в частности водоудерживающей, жирудерживающей и эмульгирующей способностями, превышающие аналогичные показатели промышленных соевых белковых концентратов. Цветовые характеристики исследуемых образцов соответствовали цветовой гамме от светло-бежевого до бежевого. Белковый концентрат и полисахаридный экстракт имели насыпную плотность (кг/м^3) 225 и 251, соответственно. Были оценены характеристики прессования порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья. Полученные данные свидетельствуют о предрасположенности исследуемых ингредиентов к образованию агломератов и формированию структуры в зависимости от параметров технологических процессов производства пищевых продуктов и могут быть использованы в качестве водо- и жиру-удерживающих агентов, эмульгаторов в пищевых технологиях.

Ключевые слова: переработка растительного сырья, масличные семена, льняной жмых, экстракция, белки, полисахариды, распылительная сушка, растительные порошки

Введение

Развитие производства материально-технических ресурсов для производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия должно

обеспечить, в том числе и выпуск широкого ассортимента ингредиентов для пищевой и перерабатывающей промышленности. Такая задача входит в основные направления Доктрины продовольственной безопасности РФ¹.

¹ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]: указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/45106> (дата обращения: 10.08.2020).

Возрождение в Российской Федерации производства пищевых ингредиентов также входит в План мероприятий по реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года (раздел VIII, пп. 30–32)². Разработка современных технологий производства пищевых ингредиентов предусмотрена в программах: «Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы»³; «Программа развития пищевой и перерабатывающей промышленности до 2025 года»⁴

Принятые документы свидетельствуют об актуальности и своевременности развития отечественной индустрии пищевых ингредиентов. В настоящее время производство основных видов продуктов питания, как традиционных, так и функциональных, детского, диетического, специализированного, спортивного питания невозможно без применения технологических и функциональных ингредиентов. Потребность в пищевых ингредиентах связана с разнообразием их технологических функций и возможностью создавать продукты заданного состава, аромата, вкуса, текстуры и качества в течение всего срока годности. В свою очередь функциональные ингредиенты позволяют также повысить пищевую ценность продуктов. Их использование является одним из факторов интенсификации переработки пищевого сырья, совершенствования технологий, расширения ассортимента.

Современный российский рынок пищевых ингредиентов оценивается приблизительно в 3 млрд. долл. при среднем темпе роста 6–7% в год, и при этом, характеризуется высокой импортозависимостью (Семенова П., 2020).

В условиях современного технически развитого общества, характеризующегося неблагоприятной экологической обстановкой, людей все больше интересует связь между здоровьем и питанием, являющимся частью здорового образа жизни. В связи с ростом спроса на продукты здорового питания нарастает потребность в функциональных ингредиентах.

При этом следует подчеркнуть, что среди большого ряда ингредиентов производство белковых продуктов, протеинов растительного и животного происхождения, пищевых волокон отнесены к приоритетным направлениям для привлечения инвестиций, направленных на точки роста пищевой промышленности в сфере ингредиентов.

Цель работы – определение характеристик порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, произведенных из льняного жмыха путем экстракции с последующей распылительной сушкой.

Литературный обзор

В настоящее время наблюдается устойчивый растущий спрос на растительные белковые ингредиенты в пищевой и перерабатывающей промышленности. Белковые ингредиенты широко применяются в производстве хлебобулочных изделий, так, например, их использование в 2016 году выросло на 30%⁵. В современной индустрии пищевых ингредиентов белки в промышленных масштабах получают в основном из бобовых и злаковых культур. Большой интерес в качестве источников белка представляют и масличные культуры. В некоторых странах, в основном Китай и США, производят рапсовый, хлопковый, подсолнечный и арахисовый белки (Доморощенкова, 2004, с. 94–96).

Среди масличных культур перспективным источником белка, характеризующегося полным составом незаменимых аминокислот, являются семена льна (Gutte, Sahoo, Ranveer, 2015, p. 42–51; Amin, Thakur, 2014; Kajla, Sharma, Sood, 2015, p. 1857–1871). Соотношение аминокислот различной природы в белковом комплексе семян льна обеспечивает его биологическую активность: поддерживает функции щитовидной железы, деятельность центральной нервной системы и сердечно-сосудистой системы человека (Kaushik, Dowling, McKnight, Barrow, Wang, Adhikari, 2016, p. 212–220; Barbary, Al-Sohaimy, El-Saadani, 2009, p. 605–621; Kishk, 2013, p. 539–556). Протеины льняного семени могут слу-

² Об утверждении Плана мероприятий по реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 29.06.2016 № 1364-р. URL: www.docs.cntd.ru (дата обращения: 22.04.2020).

³ Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Правительства Рос. Федерации от 25.08.2017 № 996. URL: www.mcx.ru (дата обращения: 22.04.2020).

⁴ Программа развития пищевой и перерабатывающей промышленности до 2025 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 30.06.2016 № 1378-р. URL: www.static.government.ru/media/files/PDF (дата обращения: 22.04.2020).

⁵ Растительный белок: рост спроса и предложения. Бизнес пищевых ингредиентов online [Электронный ресурс]. URL: <http://bfi-online.ru/index.html?kk=c7779f466e&msg=6451> (дата обращения: 15.05.2020).

жить белковыми обогатителями для пищевых продуктов. В семенах льна, в отличие от соевых бобов, отсутствуют вредные для питания человека ингибиторы трипсина, которые препятствуют усвоению белка. После удаления масла в зависимости от технологии процесса в обезжиренных семенах льна (жмыхе или шроте) содержание протеинов варьирует от 25 до 45%. Они являются концентрированным сырьем для получения белковых продуктов (Цыганова, Миневич, Зубцов, Осипова, 2010).

Семена льна также выделяются значительным содержанием некрахмальных полисахаридов, сосредоточенных в их слизевых клетках, которые относят к растворимым пищевым волокнам с доказанным физиологическим воздействием на организм человека (Englyst K.N., Liu, Englyst H.N., 2007, p. 19–39). Их роль в метаболизме пищевых веществ аналогична растительным пищевым волокнам, выделенным из других культур. Они также способствуют снижению гликемического индекса и содержания холестерина в крови, оказывают пребиотическое действие (Gutte, Sahoo, Ranveer, 2015; Тарасова, Ожимкова, Ущиповский, 2018, с. 61–63). Содержание и состав полисахаридов слизи широко варьирует в зависимости от генотипа семян и способов их выделения (Kaewmanee, Bagnasco, Benjakul, Lanteri, Morelli, Speranza, Cosulich, 2014, p. 60–69; Singer, Taha, Mohamed, Gibriel, El-Nawawy, 2011, p. 260–278). Содержание слизи составляет 7–12% массы льняного семени. В состав моносахаридов входят ксилоза, глюкоза, галактоза, рамноза, фукоза и галактуроновая кислота. Полисахариды льняных слизей представляют собой смесь двух фракций: нейтральной и кислой (Warrant, Michaud, Picton, Muller, Courtois, Ralainirina, Courtois, 2005, p. 121–125.). Нейтральная фракция практически не содержит галактуроновою кислоту, ксилоза – основа этой фракции. В кислой фракции преобладает галактуроновая кислота и обнаружены следы ксилозы. При этом было показано влияние окраски семян льна на соотношение полисахаридных фракций (Пороховинова, Павлов, Брач, Морван, 2017, с. 161–171). У желтосемянных линий льна (ген *s1*) обнаружено больше полисахаридов нейтральной фракции (арабиноксиланов), у коричневых семян – больше пектинов, кислой фракции. Соотношение полисахаридных фракций и содержание в них белка имеет важное значение, так как влияет на их функционально-технологические свойства (Singer, Taha, Mohamed, Gibriel, El-Nawawy, 2011, p. 260–278).

Полисахариды слизей относят к пищевым добавкам типа гидроколлоидов (Цыганова, Миневич, Зубцов, Осипова, 2016, с. 12–15). Благодаря своей высокой водоудерживающей способности они препятствуют потере влаги пищевых продуктов и полуфабрикатов, не влияют на текстуру конечного продукта, совместимы со сложными технологическими процессами без дополнительной переработки (Миневич, Осипова, 2017, с. 16–25; Sun, Li, Xu, Zhou, 2011, p. 472–478; Hao, Beta, 2012, p. 1320–1325; Kishk, 2011, p. 539–556).

Технологии по выделению пищевых ингредиентов (белков, пищевых волокон) из льняного сырья: семян льна и льняного жмыха разработаны и используются только в исследовательской практике (Kaushik, Dowling, McKnight, Barrow, Wang, Adhikari, 2016, p. 212–220; Barbary, Al-Sohaimy, El-Saadani, 2009, p. 605–621; Kishk, 2013, p. 539–556)^{6,7}. Получение указанных пищевых ингредиентов из льняного сырья в виде белковых и полисахаридных концентратов обладает перспективами промышленного масштабирования.

Технологии получения белков, полисахаридов и ряда других биополимеров из растительного сырья основаны на водной экстракции при различных условиях процесса: pH, температуре, продолжительности, гидромодуле. На конечной стадии сырые экстракты подвергаются различной обработке и сушке. В промышленных условиях считается эффективной распылительная сушка экстрактов биополимеров, в том числе белков и полисахаридов. Метод распылительной сушки зарекомендовал себя как экономичный, воспроизводимый, масштабируемый процесс для производства порошкообразной продукции и успешно применяется в пищевой, фармацевтической, химической промышленности.

Распылительная сушка широко используется при получении продуктов с заданными структурными, дисперсными характеристиками. При распылении жидких экстрактов образуется большое количество полидисперсных капель. Они имеют большую поверхность вследствие чего происходит интенсивный тепло- и массообмен с сушильным агентом. При быстрой потере влаги капель образуются сферические пористые гранулы. В результате получают порошкообразный продукт, не требующий дополнительного измельчения, обладающий хорошей сыпучестью и прессуемостью,

⁶ Способ получения полисахаридного комплекса из семян льна: пат. 2639770 Рос. Федерация / И.Э. Миневич, В.А. Зубцов, Л.Л. Осипова. 2017. Бюл. № 36.

⁷ Способ получения белка из жмыха семян льна: пат. 2437552 Рос. Федерация / И.Э. Миневич, Л.Л. Осипова, В.А. Зубцов. 2011. Бюл. № 36.

а также легкой растворимостью (Хишова, 2005). Порошки с хорошей сыпучестью легко дозируются и смешиваются. Благодаря минимальной продолжительности распылительной сушки (15–30с) не происходит развития окислительных, денатурационных процессов, что позволяет сохранить биохимический состав продукции и является преимуществом этого вида сушки.

Способ сушки оказывает влияние на функционально-технологические свойства целевого продукта. Так, показано, что полисахаридные продукты, полученные из семян льна с использованием распылительной сушки, имели более светлый цвет, пониженную вязкость (Oomah, Mazza, 2001, p. 135–143; Wang, Li, Wang, Li, Adhikari, 2010, p. 128–133).

Пищевые добавки, полученные из льняного сырья (белковый концентрат и полисахаридный экстракт) с использованием распылительной сушки представляют собой новые порошкообразные продукты. Оценка их технологических свойств позволит разработать рекомендации по их использованию в пищевых технологиях.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований служили: белковый концентрат, полученный из промышленного льняного жмыха, и полисахаридный экстракт, полученный из семян льна-долгунца (сорт Цезарь). Семена льна и льняной жмых были получены из структурных подразделений Федерального научного центра лубяных культур (ФНЦ ЛК).

Получение белкового концентрата заключалось в выполнении следующей последовательности технологических операций: измельчение сырья, экстракция белка, отделение белкового экстракта, осаждение (коагулирование) белка в изоэлектрической точке, отделение влажного белка, распылительная сушка целевого продукта. Процесс экстракции белка из льняного жмыха проводился при следующих условиях: гидромодуль – 20; Т – 40–45°C; продолжительность – 2 ч; экстрагент – 0,5–0,8М раствор NaCl; pH 8,5–9,0. Экстракцию повторяли дважды. Для повторной экстракции использовали гидромодуль 10, а продолжительность экстракции – 1 ч.



Рисунок 1. Информационно-измерительная система на базе прибора «Структурометр СТ-2»

Получение полисахаридного экстракта: экстракцию полисахаридов из цельных семян льна проводили в дистиллированной воде при температуре 45–50°C, при постоянном перемешивании в течение 2 ч, гидромодуль 15. После отделения полисахаридного экстракта от сырья его концентрировали с помощью роторного испарителя до 1/3 объема, далее подвергали распылительной сушке.

Содержание белка в объектах исследования определяли методом Кьельдаля в соответствии с ГОСТ 13496.4⁸; жира – по ГОСТ 15113.9–77⁹; влаги – по ГОСТ 15113.4–77¹⁰; зольность – по ГОСТ 15113.8–77¹¹, pH по ГОСТ Р 53877¹².

Суммарное содержание полисахаридов определяли по методике, основанной на количественном определении водорастворимых полисахаридов методом гравиметрии при экстракции суммы полисахаридов из сырья водой с последующим осаждением их этиловым спиртом (96%) (Pavlov, Paynel, Rihoney, Porokhovina, Bruteh, Morvan, 2014, p. 348–361).

Определение функционально-технологических свойств порошкообразных продуктов из льняного сырья проводили по методикам, описанным в источнике (Гурова, Попело, Сучков, Ковалев, Мартанов, 2001, с. 30–321).

Технологические свойства разработанных ингредиентов: цветовые характеристики, насыпная плотность, показатели прессования были опре-

⁸ ГОСТ 13496.4–93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: Стандартинформ, 2011. 17 с.

⁹ ГОСТ 15113.9–77. Концентраты пищевые. Методы определения жира (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). М.: Стандартинформ, 2002. 9 с.

¹⁰ ГОСТ 15113.4–77. Концентраты пищевые. Методы определения влаги (с Изменением N 1). М.: Стандартинформ, 2002. 3 с.

¹¹ ГОСТ 15113.8–77. Концентраты пищевые. Методы определения золы (с Изменениями N 1, 2). М.: Стандартинформ, 2002. 3 с.

¹² ГОСТ Р 53877–2010. МЕД. Метод определения водородного показателя и свободной кислотности. М.: Стандартинформ, 2011. 12 с.

делены в ФГАНУ НИИХП под руководством Черных В. Я. Цветовые характеристики определяли на приборе «CR-410» (Konica Minolta – Япония). Насыпную плотность порошков определяли с помощью прибора Волюмометра Скотта «PT-SV100».

Характеристики прессования порошков определяли по методике (Черных, Евтушенко, Крашенинникова, Мартиросян, Годунов, 2018, с. 51–55). Для определения показателей прессования были использованы «PT-SV100» и текстуроанализатор «Структурометр СТ-2». Первый прибор использовался как устройство для подготовки пробы. После того как была установлена насыпная плотность порошка, кювета от «PT-SV100» с анализируемым порошком устанавливалась на столик прибора-текстуроанализатора «Структурометр СТ-2» (Рисунок 1) и сжималась с помощью индентора «Диск Ø30», диаметр которого соответствовал диаметру кюветы – 30мм.

Результаты и обсуждение

Распылительная сушка широко используется при получении мелкодисперсных порошков молочных, овощных, фруктово-ягодных, яичных продуктов и пищевых добавок из растительного сырья (Черных, Евтушенко, Крашенинникова, Мартиросян, Годунов, 2018, с. 51–55; Бурыкин, Разгуляев, 2005, с. 49–52; Михалева, Попов, 2012, с. 161–163)¹⁵. Пищевые добавки в виде мелкодисперсных порошков хорошо гомогенизируются с рецептурными компонентами, технологически

удобны при дозировке, могут храниться в герметичной упаковке длительное время.

По разработанной в ФНЦ ЛК технологии из льняного сырья были получены опытные образцы белкового концентрата и полисахаридного экстракта в виде мелкодисперсных порошков. Характеристики этих продуктов представлены в Таблице 1.

Растворы опытных образцов ингредиентов соответствуют нейтральной pH поэтому при введении в пищевые системы не должны изменять их органолептические показатели.

Большое значение для пищевых компонентов имеет водоудерживающая способность (ВУС), от которой зависит консистенция, влажность и выход готовой продукции. Как следует из Таблицы 1, большим значением этого показателя характеризуется полисахаридный экстракт, который относится к пищевым добавкам типа гидроколлоидов, и может использоваться в качестве водоудерживающего агента.

Важной характеристикой сырья при производстве жиросодержащих пищевых продуктов, является способность связывать и прочно удерживать жир. Опытные образцы характеризуются высокой жиरोудерживающей способностью (ЖУС).

По уровню показателей функционально-технологических свойств, представленных в Таблице 1, опытные образцы не уступают аналогичным показателям соевых белковых концентратов промыш-

Таблица 1

Характеристика белкового концентрата и полисахаридного экстракта из льняного сырья

Показатель	Полисахаридный экстракт	Белковый концентрат
Физико-химические свойства		
Содержание белка, %	5,0	58,0
Содержание жира, %	1,8	5,0
Содержание полисахаридов, %	89,0	25,5
Содержание влаги, %	3,0	3,0
Зольность, %	1,2	3,5
pH 1% водного раствора	6,0	6,0
Функциональные свойства		
Водоудерживающая способность (ВУС), г/г	25,6	4,5
Жиरोудерживающая способность (ЖУС), г/10г продукта	8,0	8,5
Эмульгирующая способность, %	80	75

¹⁵ Донченко Л.В., Сокол Н.В., Красноселова Е.А. Пищевая химия. Гидроколлоиды: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2018. 180 с.

ленного производства (Китай). Так, значения ВУС для разных марок соевых белковых концентратов составляли 4,5–5,0 г/г, ЖУС – 7,5 г/10г продукта (Кроха, Геворкян, 2006, с. 22–23; Доморощенкова, Демьяненко, Камышева, Спецакова, Стойкова, Кузнецова, 2007, с. 24–28).

Таким образом, по комплексу функционально-технологических свойств полученные ингредиенты в виде мелкодисперсных порошков могут представлять интерес для ряда пищевых технологий.

При производстве пищевых продуктов большое внимание уделяется оценке цветовых характеристик используемых пищевых порошков, которые в настоящее время могут быть установлены с помощью современных приборов, например, «CR-410» (Konica Minolta – Япония). Цветовое пространство измеряемых характеристик указанного прибора в соответствии со стандартом L:a:b представлено на Рисунке 2.

Цветовые характеристики опытных образцов представлены в Таблице 2. Полученные образцы характеризовались цветовой гаммой от светло-бежевого до бежевого цвета.

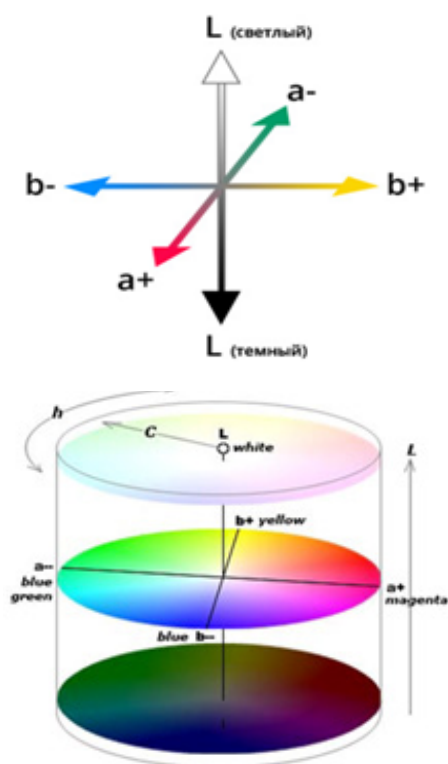


Рисунок 2. Цветовое пространство при определении цветовых характеристик пищевых продуктов в соответствии со стандартом L:a:b – при использовании прибора «CR-410» (Konica Minolta – Япония)

Таблица 2

Цветовые характеристики порошков из льняного сырья

Наименование порошков	Цветовые характеристики CR-410 (L:a:b)		
	L	a	b
Белковый концентрат	93,56	– 0,80	14,45
Полисахаридный экстракт	76,69	2,86	13,00

Реологические характеристики растительных порошков контролируются по показателям прессования. Кривые прессования исследованных материалов показаны на Рисунке 3.

Прессование порошкообразного материала в матрице сопровождается уменьшением его объема и, следовательно, увеличением объемной массы и плотности. Одним из показателей уплотняемости материала является степень уплотнения β .

Величина β определяется как отношение плотности порошка в матрице к насыпной плотности:

$$\beta = \rho_{\text{макс}} / \rho_{\text{нач.}}$$

Вторым показателем уплотняемости материала является его относительное уплотнение ε (относительное уменьшение его высоты в матрице). Перечисленные показатели β и ε связаны между собой следующим соотношением

$$\beta = 1/(1 - \varepsilon).$$

Значения β и ε при сжимающей нагрузке 5 кг совместно с начальной насыпной плотностью, а также результаты обработки диаграмм сжатия в соответствии с линейной моделью $H(F) = A_0 + A_1 \cdot F$ приведены в Таблице 3.

Показатели прессования: K_0 (коэффициент сжатия прессования) и α (коэффициент потери сжимаемости) рассчитывали с использованием известного в практике реологических исследований уравнения Н.Ф. Кунина и Б.Д. Юрченко:

$$\rho = \rho_{\text{пр}} - (K_0/\alpha) \cdot \exp(-\alpha \cdot p)$$

где: $\rho_{\text{пр}}$ – условная предельная плотность; K_0 – коэффициент прессования; α – коэффициент потери сжимаемости; p – давление прессования, Па.

Показатели кривой прессования K_0 и α для исследованных порошков приведены в Таблице 4.

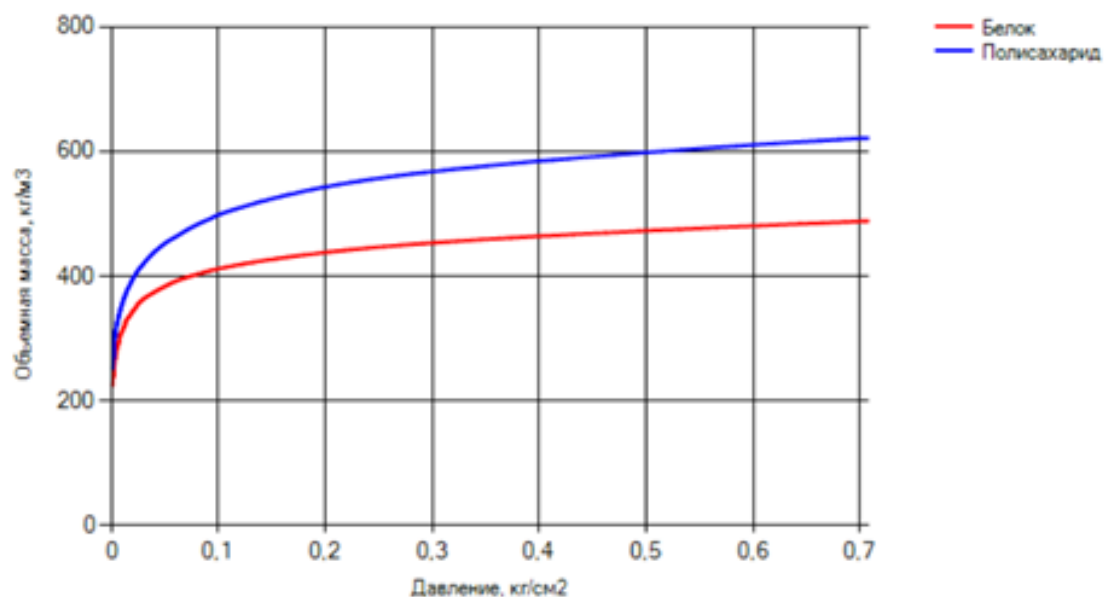


Рисунок 3. Кривые прессования порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья

Таблица 3

Показатели диаграммы сжатия порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья

Наименование показателя	Белковый концентрат	Полисахаридный экстракт
Начальная плотность, $\rho_{\text{нач}}$, кг/м³	225	251
Максимальная плотность, $\rho_{\text{макс}}$, кг/м³	488	621
Условная предельная плотность $\rho_{\text{пред}}$, кг/м³	585	745
Степень уплотнения β	2,713	2,475
Относительное уплотнение ε	0,540	0,596
Коэффициенты линейной модели:		
A_0 , мм	17,04	18,87
A_1 , мм/г	0,000435	0,000407

Таблица 4

Показатели кривых прессования и насыпная плотность порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья

Пищевые растительные порошки	Условная предельная плотность $\rho_{\text{пред}}$, кг/м³	Коэффициенты		Насыпная плотность, P , кг/м³
		K_0	α	
Белковый концентрат	565	123	0,751	225
Полисахаридный экстракт	745	207	0,897	251

Полученные результаты свидетельствуют о существенном различии, как коэффициентов прессования, так и коэффициентов потери сжимаемости, которые могут использоваться для классифика-

ции полученных белковых и полисахаридных порошков по их предрасположенности к образованию конгломератов и формированию структуры, с учетом технологических факторов производства

пищевых продуктов с использованием разработанных пищевых порошков из льняного сырья.

Выводы

В результате проведенных исследований было показано, что порошки белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученные соответственно из льняного жмыха и семян льна-долгунца сорта Цезарь путем экстракции с последующей распылительной сушкой обладают высокими функциональными свойствами, в частности водоудерживающей, жиरोудерживающей и эмульгирующей способностями, превышающие аналогичные показатели промышленных соевых белковых концентратов.

Были определены цветовые характеристики исследуемых образцов, которые соответствовали цветовой гамме от светло-бежевого до бежевого.

Белковый концентрат и полисахаридный экстракт имели насыпную плотность (кг/м³) 225 и 251, соответственно.

Были оценены характеристики прессования порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, в том числе коэффициенты прессования КО имели значения 123 и 207, соответственно.

Полученные данные свидетельствуют о предрасположенности исследуемых ингредиентов к образованию агломератов и формированию структуры в зависимости от параметров технологических процессов производства пищевых продуктов и могут быть использованы в качестве водо- и жиरोудерживающих агентов, эмульгаторов в пищевых технологиях.

Литература

- Бурыкин А.И., Разгуляев А.В. О снижении потерь сухого молока при распылительной сушке // *Молочная промышленность*. 2005. № 9. С. 49–52.
- Гурова Н.В., Попело И.А., Сучков В.В., Ковалев А.И., Марташов Д.П. Методы определения функциональных свойств соевых белковых препаратов // *Мясная индустрия*. 2001. № 9. С. 30–32.
- Доморошенкова М.Л. Производство пищевых растительных белков как перспективное направление переработки маслосемян // *Олійно-жировий комплекс*. 2004. № 4(7). С. 94–96.
- Доморошенкова М.Л., Демьяненко Т.Ф., Камышева И.М., Спецакова И.Д., Стойкова В.Я., Кузнецова О.И. Исследование функционально-технологических свойств изолятов соевых белков // *Масложировая промышленность*. 2007. № 4. С. 24–28.
- Кроха Н.Г., Геворкян Г.Р. Сравнение функциональных свойств белковых соевых препаратов // *Масложировая промышленность*. 2006. № 6. С. 22–23.
- Миневич И.Э., Осипова Л.Л. Гидроколлоиды семян льна: характеристика и перспективы использования в пищевых технологиях // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. 2017. № 3. С. 16–25. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2017-10-3-16-25>
- Михалева Т.В., Попов В.П. Анализ процесса массообмена при распылительной сушке пищевых продуктов в переменном потоке // *Оренбург: Вестник ОГУ*. 2012. № 10(146). С. 161–163.
- Пороховинова Е.А., Павлов А.В., Брач Н.Б., Морван К. Углеводный состав слизи из семян льна и его связь с морфологическими признаками // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т.52, № 1. С. 161–171. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.161rus>
- Семенова П. Российский рынок пищевых ингредиентов: внешнеторговый баланс по итогам 2018 года // *Бизнес пищевых ингредиентов*. 2020. № 2. URL: <http://www.bfi-online.ru/aviews/index.html?msg=7842&kk=> (дата обращения: 10.08.2020).
- Тарасова Р.Н., Ожимкова Е.В., Ущаповский И.В. Исследование пребиотических свойств гетерополисахаридов льна культурного на бактериях *lactobacillus acidophilus* // *Вестник ТГТУ*. 2018. № 33. С. 61–63. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/151241252.pdf> (дата обращения: 10.08.2020).
- Хишова О.М. Таблетирование лекарственного сырья. Витебск, 2005. С. 57–63.
- Цыганова Т.Б., Миневич И.Э., Зубцов В.А., Осипова Л.Л. Перспективы глубокой переработки семян льна // *Хлебопечение России*. 2016. № 4. С. 12–15.
- Цыганова Т.Б., Миневич И.Э., Зубцов В.А., Осипова Л.Л. Пищевая ценность семян льна и перспективные направления их переработки: монография. Калуга: Издательство Эйдос, 2010. 124 с.
- Черных В.Я., Евтушенко А.М., Крашенинникова И.Г., Мартиросян В.В., Годунов О.А. Определение физико-химических характеристик растительных порошков // *Пищевая промышленность*. 2018. № 1. С. 51–55.
- Amin T., Thakur M. *Linum Usitatissimum* L. (Flaxseed) – a multifarious functional food // *Online International Interdisciplinary Research Journal*. 2014. Vol. 4, issue 1. P. 220–238. URL: https://www.academia.edu/12894423/Linum_usitatissimum_L

- Flaxseed_A_Multifarious_Functional_Food (дата обращения: 11.08.2020).
- Barbary O.M., Al-Sohaimy S.A., El-Saadani M.A. Extraction, composition and physicochemical properties of flaxseed mucilage // *Journal of the Advances in Agricultural Researches*. 2009. Vol. 14, issue 3. P. 605–621.
- Englyst K.N., Liu S., Englyst H.N. Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates // *European Journal of Clinical Nutrition*. 2007. Vol. 61, suppl 1. P. 19–39. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602937>
- Gutte K.B., Sahoo A.K., Ranveer R.C. Bioactive components of flaxseed and its health benefits // *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 2015. Vol. 31, no. 1. P. 42–51. URL: <https://globalresearchonline.net/journalcontents/v31-1/09.pdf> (дата обращения: 11.08.2020).
- Hao M., Beta T. Development of chinese steamed bread enriched in bioactive compounds from barley hull and flaxseed hull extracts // *Food Chemistry*. 2012. Vol. 133, issue 4. P. 1320–1325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.008>
- Kaewmanee T., Bagnasco L., Benjakul S., Lanteri S. Morelli C. F., Speranza G., Cosulich, M.E. Characterisation of mucilages extracted from seven Italian cultivars of flax // *Food Chemistry*. 2014. Vol. 148. P. 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.022>
- Kajla P., Sharma A., Sood D.R. Flaxseed – a potential functional food Source // *Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 52, issue 4. P. 1857–1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>
- Kaushik P., Dowling K., McKnight S., Barrow C., Wang B., Adhikari B. Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate // *Food Chemistry*. 2016. Vol. 197, part A. P. 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.106>
- Kishk Y.E.M. Optimization of isolation flaxseed mucilage from methanolic extract and its functional characteristics// *Journal of Food and Dairy Science*. 2013. Vol. 4, issue 10. P. 539–556. <https://doi.org/10.21608/JFDS.2013.72097>
- Kishk Y.M.K., Elsheshetawy H.E., Mahmoud E.A. Influence of isolated flaxseed mucilage as a non-starch polysaccharide on noodle quality // *International Journal of Food Science and Technology*. 2011. Vol. 46, issue 3. P. 661–668. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02547.x>
- Maramde P.W., Shond P.J., Wanasundara J.P.D. An in-vitro investigation of selected biological activities of hydrolysed flaxseed (*Linum Usitatissimum* L.) protein // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2008. Vol. 85, issue 12. P. 1155–1164. <https://doi.org/10.1007/s11746-008-1293-z>
- Oomah B.D., Mazza G. Optimization of a spray drying process for flaxseed gum // *International Journal of Food Science and Technology*. 2001. Vol. 36, issue 2. P.135–143. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00442.x>
- Pavlov A., Paynel F., Rihoney C., Porokhovina E., Bruteh N., Morvan C. Variability of seed traits and properties of soluble mucilages in lines of the flax genetic collection of Vavilov institute // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2014. Vol. 80. P. 348–361. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.04.020>
- Singer F.A.W., Taha F.S., Mohamed S.S., Gibriel A., El-Nawawy M. Preparation of mucilage/protein products from flaxseed // *American Journal of Food Technology*. 2011. Vol. 6, issue 4. P. 260–278. <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.260.278>
- Sun J., Li X., Xu X., Zhou G. Influence of various levels of flaxseed gum addition on the water-holding capacities of heat-induced porcine myofibrillar protein // *Journal of Food Science*. 2011. Vol. 76, issue 3. P. 472–478. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02094.x>
- Wang Y., Li D., Wang L.J., Li S.J., Adhikari B. Effects of drying methods on functional properties of flaxseed gum powders // *Carbohydrate Polymers*. 2010. Vol. 81, issue 1. P. 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.02.005>
- Warrand J., Michaud P., Picton L., Muller G., Courtois B., Ralainirina R., Courtois, J. Structural investigations of the neutral polysaccharide of *Linum Usitatissimum* L. seeds mucilage // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2005. Vol. 35, issue 3–4. P. 121–125. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2004.12.006>

Characteristics of Powders Produced From Flaxed Raw Materials Using the Spray Drying Method

Irina E. Minevich

*The Federal State Budget Research Institution
Federal Research Center for Bust Fiber Crops (CBFC)
17/56, Komsomol'skij pr., Tver', 170041, Russian Federation,
E-mail: irina_minevich@mail.ru*

Tatyana B. Tsyganova

*Moscow state University of food production
11, Volokolamsk highway, Moscow, 120080, Russian Federation,
E-mail: ztatianaz@yandex.ru*

Valery Ya. Chernykh

*The Federal State Autonomous Scientific Institution
"Research Institute of the baking industry" (NIIHP)
26A B, Cherkizovskaya st., Moscow, 107553, Russian Federation,
E-mail: v.chernykh@gosniihp.ru*

Currently, the production of basic types of food, both traditional and functional, for children, diet, specialized, sports nutrition is impossible without the using of technological and functional ingredients. Among the wide range of ingredients, the production of protein products and dietary fiber are the priority areas for attracting investments aimed at the growth points of the food industry in the field of ingredients. The source of protein and dietary fiber are flax seeds. The ratio of amino acids of various nature in the protein complex of flax seeds ensures its biological activity. Flaxseed proteins can serve as protein fortifiers for food. The dietary fiber of flax seeds is represented by non-starch polysaccharides concentrated in their mucus cells. By functional properties, they relate to food additives such as hydrocolloids. The study was carried out to determine the characteristics of powders made from flaxseed using spray drying. The objects of research were protein concentrate and polysaccharide extract. It was found that powders of protein concentrate and polysaccharide extract possessed high functional properties, in particular, water-holding, fat-holding and emulsifying abilities, exceeding those of industrial soy protein concentrates. The color characteristics of the studied samples corresponded to the color range from light beige to beige. The protein concentrate and polysaccharide extract had a bulk density (kg / m³) of 225 and 251, respectively. The compression characteristics of protein concentrate powders and polysaccharide extract obtained from flaxseed were evaluated. The data obtained indicate the predisposition of the investigated ingredients to the formation of agglomerates and the formation of a structure depending on the parameters of the technological processes of food production and can be used as water and fat-retaining agents, emulsifiers in food technology.

Keywords: processing of plant materials, oilseeds, flaxseed cake, extraction, proteins, polysaccharides, spray drying, vegetable powders

Reference

- Burykin A.I., Razgulyaev A.V. O snizhenii poter' suhogo moloka pri raspylitel'noj sushke [On reducing the loss of milk powder during spray drying]. *Molochnaya promyshlennost' [Dairy industry]*, 2005, no. 9, pp. 49–52.
- Chernykh V.Ya., Evtushenko A.M., Krashenninnikova I.G., Martirosyan V.V., Godunov O.A. Opredelenie fiziko-himicheskikh harakteristik rastitel'nyh poroshkov [Determination of the physical-chemical characteristics of plant powders]. *Pishchевaya promyshlennost' [Food Industry]*, 2018, no. 1, pp. 51–55.
- Domoroshchenkova M.L. Proizvodstvo pishchevyh rastitel'nyh belkov kak perspektivnoe napravlenie pererabotki maslosemyan [Production of edible vegetable proteins as a promising direction of

- oilseed processing]. *Olijno-zhirovij kompleks* [Oil-fat complex], 2004, no. 4(7), pp. 94–96.
- Domoroshchenkova M.L., Dem'yanenko T.F., Kamysheva I.M., Specakova I.D., Stojkova V.YA., Kuznecova O.I. Issledovanie funktsional'no-tekhnologicheskikh svoystv izolyatov soevykh belkov [The study of the functional and technological properties of soy protein isolates]. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Oil and fat industry], 2007, no. 4, pp. 24–28.
- Gurova, N.V., Popelo I.A., Suchkov V.V., Kovalev A.I., Martashov D.P. Metody opredeleniya funktsional'nykh svoystv soevykh belkovykh preparatov [Methods for determining the functional properties of soy protein preparations]. *Myasnaya industriya* [Meat industry], 2001, no. 9, pp. 30–32.
- Kroha N.G., Gevorkyan G.R. Sravnenie funktsional'nykh svoystv belkovykh soevykh preparatov [Comparison of the functional properties of protein soya preparations]. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Oil and fat industry], 2006, no. 6, pp. 22–23.
- Mihaleva T.V., Popov V.P. Analiz processa massoobmena pri raspylitel'noj sushke pishchevykh produktov v peremennom potoke [Analysis of the mass transfer process during spray drying of food in an alternating flow]. *Orenburg: Vestnik OGU* [Orenburg: Vestnik OSU], 2012, no. 10 (146), pp. 161–163.
- Minevich I.E., Osipova L.L. Gidrokolloidy semyan l'na: karakteristika i perspektivy ispol'zovaniya v pishchevykh tekhnologiyah [Flax seed hydrocolloids of: their characteristics and prospects of use food technology]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment], 2017, no. 3, pp. 16–25. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2017-10-3-16-25>
- Porohovinova E.A., Pavlov A.V., Brach N.B., Morvan K. Uglevodnyy sostav slizi iz semyan l'na i ego svyaz' s morfologicheskimi priznakami [Carbohydrate composition of flax mucilage and its relation to morphological characters]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2017, vol. 52, no. 1, pp. 161–171. <https://doi.org/10.15389/agrobiolog.2017.1.161rus>
- Semenova P. Rossijskij rynek pishchevykh ingredientov: vneshnetorgovyj balans po itogam 2018 goda [The Russian market of food ingredients: foreign trade balance at the end of 2018]. *ZHurnal «Biznes Pishchevykh Ingredientov»* [Journal “Business of Food Ingredients”], 2020, no. 2. URL: <http://www.bfi-online.ru/aviews/index.html?msg=7842&kk=> (accessed 10.08.2020).
- Tarasova R.N., Ozhimkova E.V., Ushchapovskij I.V. Issledovanie prebioticheskikh svoystv geteropolisaharidov l'na kul'turnogo na bakteriyah lactobacillus acidophilus [Investigation of the prebiotic properties of cultivated flax heteropolysaccharides on bacteria lactobacillus acidophilus]. *Vestnik TGTU* [Vestnik TSTU], 2018, no. 33, pp. 61–63. <https://core.ac.uk/download/pdf/151241252.pdf>
- Tsyganova T.B., Minevich I.E., Zubcov V.A., Osipova L.L. Perspektivy glubokoj pererabotki semyan l'na [Prospects for the deep processing of flax seeds]. *Hlebopechenie Rossii* [Baking in Russia], 2016, no. 4, pp. 12–15.
- Tsyganova T.B., Minevich, I.E., Zubcov, V.A., Osipova, L.L. Pishchevaya cennost' semyan l'na i perspektivnye napravleniya ih pererabotki. Monografiya [Nutritional value of flax seeds and promising directions for their processing. Monograph]. Kaluga: Publ. Ejdos, 2010. 124p.
- Amin T., Thakur M. Linum Usitatissimum L. (Flaxseed) – a Multifarious Functional Food. *Online International Interdisciplinary Research Journal*, 2014, vol. 4, issue 1, pp. 220–238. URL: https://www.academia.edu/12894423/Linum_usitatissimum_L_Flaxseed_A_Multifarious_Functional_Food (accessed 11.08.2020).
- Barbary O.M., Al-Sohaimy S.A., El-Saadani M.A. Extraction, Composition and Physicochemical Properties of Flaxseed Mucilage. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 2009, vol. 14, issue 3, pp. 605–621.
- Englyst K.N., Liu S., Englyst H.N. Nutritional Characterization and Measurement of Dietary Carbohydrates. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2007, vol. 61, suppl 1, pp. 19–39. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602937>
- Gutte K.B., Sahoo A.K., Ranveer R.C. Bioactive Components of Flaxseed and Its Health Benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 2015, vol. 31, no. 1, pp. 42–51. <https://globalresearchonline.net/journalcontents/v31-1/09.pdf>
- Hao M., Beta T. Development of Chinese Steamed Bread Enriched in Bioactive Compounds from Barley Hull and Flaxseed Hull Extracts. *Food Chemistry*, 2012, vol. 133, issue 4, pp. 1320–1325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.008>
- Kaewmanee T., Bagnasco L., Benjakul S., Lanteri S. Morelli C. F., Speranza G., Cosulich, M.E. Characterisation of Mucilages Extracted from Seven Italian Cultivars of Flax. *Food Chemistry*, 2014, vol. 148, pp. 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.022>
- Kajla P., Sharma A., Sood D.R. Flaxseed – a Potential Functional Food Source. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, vol. 52, issue 4, pp. 1857–1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>
- Kaushik P., Dowling K., McKnight S., Barrow C., Wang B., Adhikari B. Preparation, Characterization and

- Functional Properties of Flax Seed Protein Isolate. *Food Chemistry*, 2016. vol. 197, part A, pp. 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.106>
- Kishk Y.E.M. Optimization of Isolation Flaxseed Mucilage from Methanolic Extract and Its Functional Characteristics. *Journal of Food and Dairy Science*, 2013, vol. 4, issue 10, pp. 539–556. <https://doi.org/10.21608/JFDS.2013.72097>
- Kishk Y.M.K., Elsheshetawy H.E., Mahmoud E.A. Influence of Isolated Flaxseed Mucilage as a Non-Starch Polysaccharide on Noodle Quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 2011, vol. 46, issue 3, pp. 661–668. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02547.x>
- Maramde P.W., Shond P.J., Wanasundara J.P.D. An In-Vitro Investigation of Selected Biological Activities of Hydrolysed Flaxseed (*Linum Usitatissimum* L.) Protein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2008, vol. 85, issue 12, pp. 1155–1164. <https://doi.org/10.1007/s11746-008-1293-z>
- Oomah B.D., Mazza G. Optimization of a Spray Drying Process for Flaxseed Gum. *International Journal of Food Science and Technology*, 2001, vol. 36, issue 2, pp. 135–143. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00442.x>
- Pavlov A., Paynel F., Rihoney C., Porokhovina E., Bruteh N., Morvan C. Variability of Seed Traits And Properties of Soluble Mucilages in Lines of the Flax Genetic Collection of Vavilov Institute. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2014, vol. 80, pp. 348–361. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.04.020>
- Singer F.A.W., Taha F.S., Mohamed S.S., Gibriel A., El-Nawawy M. Preparation of Mucilage/Protein Products from Flaxseed. *American Journal of Food Technology*, 2011, vol. 6, issue 4, pp. 260–278. <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.260.278>
- Sun J., Li X., Xu X., Zhou G. Influence of Various Levels of Flaxseed Gum Addition on the Water-Holding Capacities of Heat-Induced Porcine Myofibrillar Protein. *Journal of Food Science*, 2011, vol. 76, issue 3, pp. 472–478. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02094.x>
- Wang Y., Li D., Wang L.J., Li S.J., Adhikari B. Effects of Drying Methods on Functional Properties of Flaxseed Gum Powders. *Carbohydrate Polymers*, 2010, vol. 81, issue 1, pp. 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.02.005>
- Warrand J., Michaud P., Picton L., Muller G., Courtois B., Ralainirina R., Courtois, J. Structural Investigations of the Neutral Polysaccharide of *Linum Usitatissimum* L. Seeds Mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2005, vol. 35, issue 3–4, pp. 121–125. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2004.12.006>

Исследование нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси

Зенькова Мария Леонидовна

*Белорусский государственный экономический университет
220070, Беларусь, город Минск, пр-т Партизанский, д.26
E-mail: zenkova@bseu.by*

Акулич Александр Васильевич

*Могилевский государственный университет продовольствия
212027, Беларусь, город Могилев, пр-т Шмидта, 3
E-mail: akulichav57@mail.ru*

Мельникова Людмила Александровна

*Белорусский государственный экономический университет
220070, Беларусь, город Минск, пр-т Партизанский, д.26
E-mail: la_mel75@mail.ru*

Тимофеева Валентина Николаевна

*Могилевский государственный университет продовольствия
212027, Беларусь, город Могилев, пр-т Шмидта, 3
E-mail: valya.timofeeva.1951@mail.ru*

Проращивание зерна считается одним из способов, улучшающим пищевую ценность и функциональные свойства зерна. Данный процесс вызывает активацию гидролитических ферментов, которые делают питательные вещества доступными для роста растения, а также для организма человека. В статье приведены исследования по содержанию пищевых веществ в пророщенном зерне мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси. На этой основе представлен нутриентный профиль пророщенного зерна мягкой пшеницы, в котором дано содержание 42 пищевых веществ. В качестве объекта исследования использовано пророщенное зерно мягкой пшеницы влажностью $(44,4 \pm 1,0)\%$ и с размером ростков $(2,0 \pm 0,5)$ мм. Наиболее значимыми с точки зрения обеспечения человека макронутриентами, поступающими с пророщенным зерном пшеницы, являются углеводы $(37,77 \pm 0,6)\%$ и белки $(6,67 \pm 0,02)\%$. В пророщенном зерне пшеницы содержатся все незаменимые аминокислоты (20,6% к общему количеству аминокислот). Среди заменимых аминокислот высокое содержание глутаминовой кислоты (2456,4 мг/100 г) и пролина (958,4 мг/100 г). Сахара в пророщенном зерне пшеницы представлены D-глюкозой, D-фруктозой, сахарозой, мальтозой и лактозой. В 100 г пророщенного зерна пшеницы содержится 105% от суточной потребности в марганце, 18,1% в меди, 17,1% в магнии и около 40% от суточного потребления витамина B1 (тиамина). Кроме этого, пророщенное зерно мягкой пшеницы содержит клетчатку, в среднем 18,5% от суточной потребности в 100 г.

Ключевые слова: пшеница, пророщенное зерно, нутриентный профиль, макронутриенты, микронутриенты

Введение

Рост популярности продуктов на основе пророщенного зерна во всем мире связывают с необходимостью профилактики многих заболеваний. Это обусловлено тем, что люди долгое время использовали растения не только в качестве источника пищи, но и для лечения многих болезней. Биологическую активность натурального расти-

тельного сырья связывают с гармоничным сочетанием всех составляющих его компонентов и их синергическим действием на организм. Однако, люди употребляют в пищу продукты, не только в натуральном, но и в переработанном виде. В процессе технологической обработки пищевое сырье подвергается большим или меньшим изменениям, в результате чего его компоненты переходят в готовый продукт без существенных измене-

ний, с изменившимися исходными свойствами, либо появляются вновь образовавшиеся компоненты. Достаточное и адекватное содержание в пище существенных для жизнедеятельности нутриентов является необходимым условием для поддержания здоровья, а нехватка или избыток нутриентов в пище создают условия для развития заболеваний. Согласно принципам оптимального питания, рацион человека должен включать широкий спектр пищевых продуктов, составляющих разнообразную комбинацию питательных веществ, необходимых организму для обновления клеток и тканей, обеспечения энергозатрат и являющихся регуляторами многочисленных обменных процессов (Тутельян и др., 2010). К числу таких продуктов, благоприятно влияющих на здоровье, относится пророщенное зерно, которое используют как самостоятельное блюдо на завтрак или как гарнир на обед, а также вводят в виде добавки в разные продукты широкого потребления, придавая им новые органолептические характеристики и полезные свойства (Wu F., Xu X., 2019).

Использование пророщенного зерна для обогащения пищевых продуктов получило широкое распространение в мировой практике (Johnston, Martin, Vetch, Byker-Shanks, Finnie, Giroux, 2019; Simahina, Bazhay-Zhezherun, Mykoliv, Bereza-Kindzerska, Antoniuk, 2016; Mardar, Zhygunov, Znachek, 2016; Самченко, Меркучева, 2015). С этой целью проводятся исследования по изучению процессов, происходящих в зерновом сырье при проращивании, изменению его химического состава, разрабатываются способы подготовки и введения пророщенного зерна в пищевой продукт с минимальным изменением рецептуры и технологии (Урбанчик, Шалюта, 2012; Mridula, Sharma, Gupta, 2015; Конева, Бугаец, 2017; Кузнецова и др., 2019). Так, пророщенная пшеница, высушенная и измельченная в муку, может быть использована в разработке рецептур и технологии хлебобулочных изделий, обладающих высокими потребительскими характеристиками (Poutanen, Flander, Katina, 2009; Лукин, Меренкова, 2016), комбинированных молочных продуктов, мясорастительных полуфабрикатов (Чижикова, Нижельская, Коршенко, 2017; Веретнова, Сафронова, 2015).

Установлено, что в процессе проращивания зерна пшеницы происходят существенные изменения в белковом комплексе (Бутенко, Лигай, 2013; Benincasa, Falcinelli, Lutts, Stagnari, Galieni, 2019; Lemmens et al., 2019), повышается доступность сахаров, свободных аминокислот, включая лизин, накапливаются γ -аминомасляная кислота,

фенольные соединения, повышается антиоксидантная активность.

Пищевая ценность зерновых культур увеличивается при контролируемом проращивании. Так, под действием фермента фитазы минеральные вещества становятся доступными для кишечной абсорбции, а витамины синтезируются и накапливаются. Однако на данный момент нет общепринятого определения характеристик и требования к пророщенным зерновым культурам. В научных статьях цельное зерно рассматривается как пророщенное, если у него есть ясно видимый корешок (Положенцева, Платонова, 2011; Бережная, Дубцов, Войно, 2015). Предполагается, что проросшие зерна могут оказать благотворное влияние на уровень холестерина и глюкозы у животных, кровяное давление и усвоение минеральных веществ.

Следовательно, есть очевидная потребность в характеристике пророщенного зерна с точки зрения нутриентного состава. Нутриентный профиль пророщенного зерна пшеницы – это информация о составе пророщенного зерна пшеницы, которая включает данные о содержании в нем макро- и микронутриентов. Данные о специфическом составе пророщенного зерна важны для каждого вида и создают основу для оценки индивидуального нутриентного профиля.

Целью исследования является установление нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси, на основе соотношения в нем основных пищевых веществ.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования выбрано пророщенное зерно мягкой пшеницы (сорт Рассвет и сорт Дарья), выращенное в Беларуси. Замачивание и проращивание зерна осуществлялось в питьевой воде в течение 48 ч при температуре $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$. При замачивании и проращивании воду меняли на свежую каждые 5–6 ч, зерно для аэрации перемешивали, выдерживая воздушную паузу в течение 60 мин. Влажность зерна в конце проращивания составляла $(44,4 \pm 1,0)\%$, размер ростков $(2,0 \pm 0,5)$ мм (рисунок 1), эндосперм зерна становился мягким (рисунок 2).

Исследования проведены на кафедре товароведения продовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета и в Научно-практическом центре Национальной

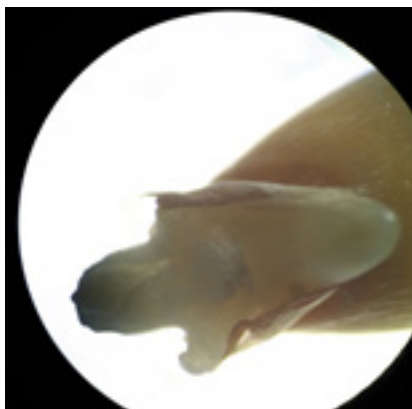


Рисунок 1. Росток пшеничного зерна. (увеличение в 4,5 раза, микроскоп стереоскопический DSM 300–300)

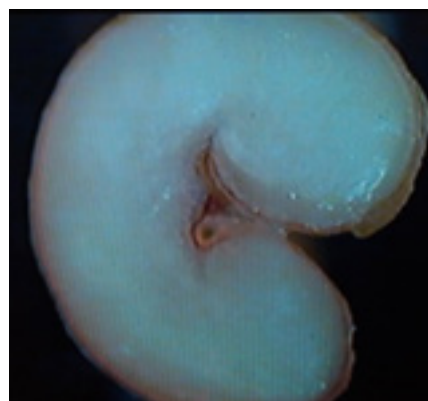


Рисунок 2. Структура эндосперма пророщенного зерна мягкой пшеницы

академии наук Беларуси по продовольствию. Осуществлена статистическая обработка полученных данных с помощью программы Microsoft Excel.

Определяемые пищевые вещества, методы и оборудование, которые применены для исследований, приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Методы исследований и оборудование для определения содержания нутриентов в пророщенном зерне мягкой пшеницы

Нутриенты	Метод исследования и оборудование
Белок	содержание азота определено по ГОСТ 26889-86 ¹ на автоматической установке Turbotherm для разложения по методу Кьельдаля с дистиллятором Vapodest; содержание белка рассчитано путем умножения величины содержания азота на коэффициент $k=5,7$
Аминокислотный состав	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) по МВИ.МН 1363-2000 «Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии» ² на жидкостном хроматографе Agilent 1200
Липиды	содержание жира определено по ГОСТ 29033-91 ³ на анализаторе жира Soxterm методом Сокслета
Крахмал	содержание крахмала определено по ГОСТ 10845-98 ⁴ поляриметрическим методом
Общий сахар	общее количество сахаров (в расчете на инвертный) определено по ГОСТ 8756.13-87 ⁵ перманганатным методом
D-глюкоза	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) с рефрактометрическим детектором по МВИ.МН 4475-2012 «Определение содержания сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, мальтоза и мальтодекстрин) в специализированных продуктах питания, биологически активных и пищевых добавках» ⁶ на жидкостном хроматографе Agilent 1200
D-фруктоза	
Сахароза	
Мальтоза	
Лактоза	

¹ ГОСТ 26889-86. Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кьельдаля. М.: Стандартинформ, 2010. 7 с.

² МВИ.МН 1363-2000. Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Минск, 2000. 24 с.

³ ГОСТ 29033-91. Государственный стандарт союза ССР. Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира. М.: Стандартинформ, 2004. 6 с.

⁴ ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала. М.: Стандартинформ, 2009. 6 с.

⁵ ГОСТ 8756.13-87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. М.: Стандартинформ, 2010. 11 с.

⁶ МВИ.МН 4475-2012. Определение содержания сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, мальтоза и мальтодекстрин) в специализированных продуктах питания, биологически активных и пищевых добавках [Электронный ресурс]. URL: http://oei.by/pagevalues/view?model_id=587&node_id=53 (дата обращения: 10.08.2020).

Таблица 1

Нутриенты	Метод исследования и оборудование
Клетчатка	содержание сырой клетчатки определено по ГОСТ 13496.2-91 ⁷ на анализаторе клетчатки Fibretherm FT 12
Минеральные вещества	метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой по МУК 4.1.1482-2003 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах ⁸ , поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой» на атомно-эмиссионном спектрометре Optima 2100 DV
витамин В ₁ (тиамин)	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) по ГОСТ EN14122-2013 ⁹ на жидкостном хроматографе Agilent 1200.
витамин В ₂ (рибофлавин)	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) по ГОСТ EN14152-2013 ¹⁰ на жидкостном хроматографе Agilent 1200.
витамин В ₅ (пантотеновая кислота)	газовая хроматография по МВИ.МН 3008-2008 «Методика определения массовой доли пантотеновой кислоты в специализированных продуктах питания и БАД» ¹¹ на газовом хроматографе Trace 1310 GX.
витамина В ₆ (пиридоксин)	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) по ГОСТ EN14164-2013 ¹² на жидкостном хроматографе Agilent 1200.
витамин С (аскорбиновая кислота)	по ГОСТ 24556-89 ¹³ титриметрическим методом
витамин Е (токоферолы)	высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) по ГОСТ EN12822-2014 ¹⁴ на жидкостном хроматографе с диодно-матричным и масс-спектрометрическими детекторами ACELLA LC.

Результаты и обсуждение

Изменения содержания нутриентов в мягкой пшенице обусловлены различными факторами, в том числе почвенно-климатическими условиями выращивания и внесением удобрений, а также потерями нутриентов при проращивании. Результаты исследований по содержанию макро- и микронутриентов в пророщенном зерне мягкой пшеницы представлены в Таблицах 2–6. Дана оценка результатов исследований на основе дисперсионного анализа, а в таблицах представлено среднеквадратичное отклонение значений.

Профилирование пищевых веществ не является новым, но позволяет проводить различия между продуктами питания, которые являются полезными для здоровья человека. Применение профилирования пищевых веществ продукта может повысить пищевую ценность рационов питания человека в целом. При разработке профиля пророщенного зерна пшеницы ориентировались на санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденные постановлением Мини-

⁷ ГОСТ 13496.2-91. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки. М.: Стандартинформ, 1992. 11 с.

⁸ МУК 4.1.1482-03 Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой. М.: Минздрав России, 2003. 28 с.

⁹ ГОСТ EN 14122-2013. Продукты пищевые. Определение витамина В(1) с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Стандартинформ, 2014. 23 с.

¹⁰ ГОСТ EN 14152-2013. Продукты пищевые. Определение витамина В(2) с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (Переиздание). М.: Стандартинформ, 2014. 15 с.

¹¹ МВИ.МН 3008-2008. Методика определения массовой доли пантотеновой кислоты в специализированных продуктах питания и БАД. Минск, 2008. 18 с.

¹² ГОСТ EN 14164-2014. Продукты пищевые. Определение витамина В(6) с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Стандартинформ, 2016. 18 с.

¹³ ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М.: Стандартинформ, 2003. 11 с.

¹⁴ ГОСТ EN 12822-2014. Продукты пищевые. Определение содержания витамина Е (альфа-, бета-, гамма- и дельта-токоферолов) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.

стерства здравоохранения Республики Беларусь 20.11.2012 № 180¹.

В пророщенном зерне мягкой пшеницы содержится в среднем ($6,67 \pm 0,02$) г/100г белка (Таблица 2). С точки зрения питания белки важны, прежде всего, из-за их вклада в биологическую и энергетическую ценность.

Изучению аминокислотного состава зерна пшеницы, а также изменению аминокислотного состава в процессе проращивания посвящены работы ученых (Римарева и др., 2018), в которых имеются некоторые противоречия по содержанию лимитирующих аминокислот. При проращении пшеничного зерна, содержащиеся в нем белковые вещества, подвергаются гидролизу протеолитическими ферментами до аминокислот и пептидов, которые используются для построения новых тканей ростка и необходимого обмена веществ. Можно предположить, что различные способы проращивания зерна пшеницы и методики определения аминокислотного состава неоднозначно характеризуют полученные данные. В результате исследований установлено, что в пророщенном зерне пшеницы содержатся все незаменимые аминокислоты, необходимые для развития человека, и в процентном отношении составляют 20,6% к общему количеству аминокислот (Таблица 3). Среди заменимых аминокислот отмечено высокое содержание пролина и глютаминовой кислоты. Их сумма составляет 3414,8 мг в 100 г белка пророщенных зерен пшеницы.

Липиды необходимы в питании как энергетический и структурный материал (входят в состав стенок клеток). Кроме того, они участвуют в обмене

других пищевых веществ, например способствуют усвоению витаминов А и D. Содержание липидов в пророщенном зерне пшеницы невелико ($0,21 \pm 0,01$) г/100г, представлены они основными жирными кислотами линолевой ($C_{18:2}$), олеиновой ($C_{18:1}$) и пальметиновой (C_{16}).

Источником энергии в пророщенном зерне пшеницы являются углеводы и прежде всего, крахмал ($34,43 \pm 0,9$) г/100 г, который хорошо усваивается организмом человека наряду с простыми сахарами (Таблицы 2 и 4). Сахара (моно- и дисахариды) в пророщенном зерне пшеницы представлены глюкозой, фруктозой, сахарозой, мальтозой и лактозой (Таблица 4).

Суммарное содержание моно- и дисахаридов в пророщенном зерне пшеницы составляет $2,86 - 3,83$ г/100 г. Соотношение глюкозы, фруктозы и сахарозы в пророщенном зерне зависит от многих факторов, в том числе от условий проращивания, и составляет в среднем $1,8 : 1,5 : 1,3$ (глюкоза : фруктоза : сахароза). Также в пророщенном зерне пшеницы обнаружены мальтоза (среднее значение $0,82$ г/100 г) и лактоза (среднее значение $0,10$ г/100 г).

Пищевые волокна представляют собой важный компонент пророщенного зерна. Пищевые волокна практически не перевариваются и не обладают энергетической ценностью, проходя через желудочно-кишечный тракт человека, улучшают перистальтику и нормализуют кишечную микрофлору. Пищевые волокна играют важную роль в рационе человека. На настоящий момент нет единой общепризнанной методики для измерения содержания пищевых волокон в пророщенном зерне. Так по некоторым данным пищевые волокна в проро-

Таблица 2

Содержание белков, жиров и углеводов в пророщенном зерне мягкой пшеницы (в 100 г зерна)

Показатели	Пророщенное зерно пшеницы	Суточная потребность (18-59 лет)
Белки, г	$6,67 \pm 0,02$	58-61
Липиды, г	$0,21 \pm 0,01$	60-67
Углеводы, г		257-274
крахмал	$34,43 \pm 0,9$	
сахара общие	$3,34 \pm 0,3$	
Пищевые волокна, г	$3,7 \pm 0,2$	20*

* Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. Москва, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

¹ Постановление министерства здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]: 20 ноября 2012 г. № 180. URL: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/blr163786.pdf> (дата обращения: 10.08.2020).

Таблица 3

Аминокислотный состав пророщенного зерна мягкой пшеницы (мг на 100 г)

Показатели	Пророщенное зерно пшеницы	Аминокислотный образец ФАО/ВОЗ
Незаменимые аминокислоты	1325,3	360
в том числе:		
валин	163,0	50
изолейцин	111,5	40
лейцин		
415,5		
70		
лизин	120,4	55
метионин + цистин	106,2	35
треонин	72,3	40
триптофан	60	10
фенилаланин + тирозин	473,9	60
Заменимые аминокислоты	5115,5	
в том числе:		
аланин	268,6	
аргинин	265,4	
аспарагиновая кислота	309,4	
гистидин	26,7	
глицин	281,0	
глутаминовая кислота	2456,4	
пролин	958,4	
серин	352,1	
Общее количество аминокислот	6440,8	

Таблица 4

Содержание моно- и дисахаридов в пророщенном зерне мягкой пшеницы, г/100 г (min-max)

Моносахариды			Дисахариды	
D-глюкоза	D-фруктоза	сахароза	мальтоза	лактоза
0,96-1,21	0,68-0,82	0,50-0,68	0,63-1,01	0,09-0,11

щенном зерне пшеницы составляют 11,3% (Чижикова и др., 2017). Наиболее значимыми пищевыми волокнами пророщенного зерна пшеницы является клетчатка, содержание которой составляет по результатам исследований $(3,7 \pm 0,2)\%$ (Таблица 2).

Для обеспечения здоровья человека содержание в рационе минеральных веществ должно поддерживаться на уровне, соответствующем физиологическим потребностям человека. Потребность человека в эссенциальных минеральных веществах варьируется в пределах от

нескольких микрограммов до почти одного грамма в день. Однако на химический состав, в том числе минеральный состав зерна пшеницы влияет много разных факторов: генетически обусловленные факторы, условия выращивания, агротехнические особенности и другие. Минеральные вещества не обладают энергетической ценностью, однако без них жизнь человека невозможна, так как они участвуют в важных обменных процессах организма – водно-солевом, кислотно-щелочном. В отличие от витаминов и аминокислот, минеральные вещества не разла-

гаются при воздействии высоких температур, окислителей, кислот и щелочей и других факторов (Дамодаран, Паркин, Феннема, 2012). Наиболее важным фактором, приводящим к потерям минеральных веществ, является проращивание зерна. Так во время проращивания минераль-

ные вещества становятся доступными для усвоения организмом человека (Lemmens et al., 2019). Содержание минеральных веществ в пророщенном зерне пшеницы, а также нормы физиологической потребности в минеральных веществах представлены в Таблице 5.

Таблица 5

Содержание минеральных веществ в пророщенном зерне мягкой пшеницы (в 100 г зерна)

Показатели	Пророщенное зерно пшеницы	Суточная потребность (18-59 лет)*	% от суточной потребности
Кальций, мг	34,6	1000	3,5
Магний, мг	68,3	400	17,1
Калий, мг	174,0	2500	7,0
Марганец, мг	2,1	2	105
Железо, мг	2,2	10 мужчины 18 женщины	22,0 12,2
Медь, мг	0,181	1	18,1
Цинк, мг	1,9	12	15,8
Хром (III), мкг	10	50	20,0

*Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь 20.11.12 №180

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. Москва, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

Содержание минеральных веществ в пророщенных зернах пшеницы не высокое, чтобы удовлетворять потребности человека. Следует отметить достаточно высокое содержание марганца, магния, меди, цинка и хрома. По сравнению с продуктами животного происхождения большинство продуктов растительного происхождения, в том числе и пророщенные зерна пшеницы, являются лучшим источником марганца, который участвует в формировании соединительных тканей. Содержание магния в пророщенной пшенице составляет 17,1% от суточной потребности, его роль очень важная, так как он участвует в формировании костей, регуляции работы нервной ткани, в обмене углеводов и энергетическом обмене. Медь входит в состав многих ферментов, без нее невозможен синтез эндорфинов – гормонов, снижающих болевые ощущения и гормоноподобных веществ – простагландинов, регулирующих артериальное давление, ритмичность работы сердца, процессы заживления ран (Зорин, Баяржаргал, Гмошинский, Мазо, 2007). Содержание меди в пророщенном зерне составляет 18,1% от суточной потребности.

Витамины имеют особое значение в питании человека, так как участвуют во многих важных фер-

ментативных реакциях. Основным источником витамина С принято считать продукты растительного происхождения. Однако в пророщенном зерне мягкой пшеницы содержание витамина С составляет 1,45–3,32 мг/100 г (Таблица 6).

Содержание витамина В₁ (тиамина) в пророщенном зерне пшеницы составляет 40,7% от суточной потребности. Этот витамин необходим для нормального функционирования клеток организма человека, особенно нервных клеток. А также известна его важная роль в предотвращении развития катаракты. Он участвует в расщеплении жиров, белков, углеводов, обеспечивая организм энергией. Содержание других витаминов группы В составляет от 3,9 % до 8,7% от суточной потребности.

Витамин Е присутствует в пророщенных зернах мягкой пшеницы в нескольких изомерных формах: δ-, β- и γ- токоферолы, которые обладают антиоксидантными свойствами. Является универсальным стабилизатором клеточных мембран, необходим для функционирования половых желез, сердечной мышцы. Превращение веществ, обладающих свойствами витамина Е, особенно δ-токоферола, достаточно хорошо изучены. Он способствует по-

Таблица 6

Содержание витаминов в пророщенном зерне мягкой пшеницы (в 100 г зерна)

Показатели	Пророщенное зерно пшеницы (min-max)	Суточная потребность (18-59 лет)*	% от суточной потребности
Витамин В ₁ (тиамин), мг	0,59–0,63	1,5	40,7
Витамин В ₂ (рибофлавин), мг	0,069–0,072	1,8	3,9
Витамин В ₃ (пантотеновая кислота), мг	0,43–0,44	5,0	8,7
Витамин В ₆ (пиридоксин), мг	0,087–0,088	2,0	4,3
Витамин С, мг	1,45–3,32	90,0	2,6
Витамин Е, мг	0,537–0,558	15,0	3,7
в том числе:			
δ-токоферола	0,407–0,441		
β-токоферола и	0,117–0,130		
γ-токоферола			
δ-токоферола	не обн.		

*Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь 20.11.12 №180

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. Москва, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

вышению стабильности других веществ, связывая по мере своего разложения синглетный кислород (Дамодаран, Паркин, Феннема, 2012).

Выводы

Исследован нутриентный профиль пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси с применением современных методов анализа. Наиболее значимыми с точки зрения обеспечения человека макронутриентами, поступающими с пророщенным зерном пшеницы являются углеводы ($37,77 \pm 1,2$) г/100г и белки ($6,67 \pm 0,02$) г/100г. Также в пророщенном зерне мягкой пшеницы содержатся все незаменимые аминокислоты. Среди заменимых аминокислот высокое содержание глютаминовой кислоты (2456,4 мг/100 г) и пролина (958,4 мг/100 г). Сахара в пророщенном зерне пшеницы представлены D-глюкозой, D-фруктозой, сахарозой, мальтозой и лактозой. В 100 г пророщенного зерна пшеницы содержится 105,0% от суточной потребности в марганце, 18,1% в меди, 17,1% в магнии и около 40,0% от суточного потребления витамина В₁ (тиамина). Кроме этого, пророщенное зерно пшеницы со-

держит клетчатку, в среднем 18,5% от суточной потребности. Нутриентный профиль пророщенного зерна мягкой пшеницы включает информацию о содержании макро-и микронутриентов и зависит от условий выращивания и процесса проращивания мягкой пшеницы.

Информация, представленная в нутриентном профиле, может использоваться при некоммерческих коммуникациях, в том числе при употреблении пророщенного зерна мягкой пшеницы в пищу, а также при разработке пищевых продуктов с добавлением пророщенного зерна и не может использоваться в других целях, в том числе в целях маркировки продукции.

Литература

- Бережная О.В., Дубцов Г.Г., Войно Л.И. Проростки пшеницы – ингредиент для продуктов питания // Пищевая промышленность. 2015. № 5. С. 26–29.
- Бутенко Л.И., Лигай Л.В. Исследования химического состава пророщенных семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы // Фундаментальные исследования. 2013. № 4. С. 1128–1133.

- Веретнова О.Ю., Сафронова Т.Н. Разработка рецептуры мясных комбинированных фаршей с использованием пророщенного зерна пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2015. № 10. С. 112–115.
- Дамодаран Ш., Паркин К.Л., Феннема О.Р. Химия пищевых продуктов. СПб.: Профессия, 2012. 1040 с.
- Зорин С.Н., Баяржаргал М., Гмошинский И.В., Мазо В.К. Комплексная оценка органических форм эссенциальных микроэлементов цинка, меди, марганца и хрома в опытах *in vitro* и *in vivo* // Вопросы питания. 2007. Т. 76, № 5. С. 74–79.
- Конева М.С., Бугаец Н.А. Использование пророщенного зерна злаковых культур в технологии изготовления продукции общественного питания // Наука Кубани. 2017. № 2. С. 55–62.
- Кузнецова Е.А., Учасов Д.С., Гаврилина В.А., Громова В.С., Насруллаева Г.М., Кузнецова О.В., Кузнецова Е.А., Апанайкин М.А. Изменение состава и микроструктуры зерна пшеницы при прорастании // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2019. № 6(59). С. 23–28.
- Лукин А.А., Меренкова С.П. Разработка технологии производства хлебобулочного изделия с использованием муки из пророщенного зерна пшеницы // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2016. Т. 4, № 3. С. 5–12. <https://doi.org/10.14529/food160301>
- Положенцева Е.И., Платонова О.В. Сравнительный анализ качества проростков пшеницы как функциональных продуктов питания // Пищевая промышленность. 2011, № 8. С. 20–21.
- Римарева Л.В., Фурсова Н.А., Соколова Е.Н., Волкова Г.С., Борщева Ю.А., Сербя Е.М., Кривова А.Ю. Биодеструкция белков зернового сырья для получения новых хлебобулочных изделий // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № 6. С. 67–75. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10068>
- Самченко О.Н., Меркучева М.А. Пророщенное зерно - перспективное сырье для разработки новых видов изделий // Новый университет. Серия: Технические науки. 2015. № 7–8(41–42). С. 27–32.
- Тутельян В.А., Вялков А.И., Разумов А.Н., Михайлов В.И., Москаленко К.А., Одинец В.Г., Сбежнева В.Г., Сергеев В.Н. Научные основы здорового питания. М.: Панорама, 2010. 816 с.
- Урбанчик Е.Н., Шалюта А.Е. Получение продуктов быстрого приготовления на основе пророщенного зерна пшеницы и тритикале // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 7. С. 24–26.
- Чижикова О., Нижельская К., Коршенко Л. Использование продуктов переработки зерна пшеницы для мясных рубленых полуфабрикатов геродиетического назначения // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2017. №4(84). С. 123–131. <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2017-4/123-131>
- Benincasa P., Falcinelli B., Lutts S., Stagnari F., Galieni A. Sprouted Grains: A Comprehensive Review // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, issue 2. P. 1–29. <https://doi.org/10.3390/nu11020421>
- Johnston R., Martin J. M., Vetch J. M., Byker-Shanks C., Finnie S., Giroux M. J. Controlled Sprouting in Wheat Increases Quality and Consumer Acceptability of Whole-Wheat Bread // *Cereal Chemistry*. 2019. Vol. 96, issue 5. P. 866–877. <https://doi.org/10.1002/cche.10187>
- Lemmens E., Moroni A. V., Pagand J., Heirbaut P., Ritala A., Karlen Y., Lê K.A., Van den Broeck H.C., Brouns F., De Brier N., Delcour J. A. Impact of Cereal Seed Sprouting On Its Nutritional And Technological Properties: A Critical Review // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019. Vol. 18, issue 1. P. 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>
- Mardar M., Zhygunov D., Znachek R. QFD Methodology to Develop a New Health-Conducive Grain Product // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 2, issue 11(80). P. 42–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65725>
- Mridula D., Sharma M., Gupta, R. K. Development of Quick Cooking Multi-Grain Dalia Utilizing Sprouted Grains // *Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 52. P. 5826–5833. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1634-x>
- Poutanen K., Flander L., Katina, K. Sourdough and Cereal Fermentation in a Nutritional Perspective // *Food Microbiology*. 2009. Vol. 26, issue 7. P. 693–699. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.011>
- Simahina, G., Bazhay-Zhezherun, S., Mykoliv, T., Bereza-Kindzerska L., Antoniuk M. The Use of the Biologically Activated Grain is in Technology of Health Products // *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2016. Vol. 9. P. 147–153. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/25028>
- Wu F., Xu X. Sprouted Grains-Based Fermented Products // *Sprouted Grains* / H. Feng, B. Nemzer, J.W. DeVries (ed.) AACC International Press, 2019. P. 143–173. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00007-5>

Nutrient Profile Research of Sprouted Soft Wheat Grain Grown in Belarus

Maria L. Zenkova

Belarusian State Economic University
26, Partizanski Av., Minsk, 220070, Republic of Belarus
E-mail: zenkova@bseu.by

Alexander V. Akulich

Mogilev State University of Food Technologies
3, Shmidt Av., Mogilev, 212027, Republic of Belarus
E-mail: akulichav57@mail.ru

Lyudmila A. Melnikova

Belarusian State Economic University
26, Partizanski Av., Minsk, 220070, Republic of Belarus
E-mail: la_mel75@mail.ru

Valentina N. Timofeeva

Mogilev State University of Food Technologies
3, Shmidt Av., Mogilev, 212027, Republic of Belarus
E-mail: valya.timofeeva.1951@mail.ru

Sprouting grain is considered one of the ways to improve the nutritional value and functional properties of the grain. This process triggers the activation of hydrolytic enzymes that make nutrients available for plant growth, as well as for the human body. The article presents research on the content of food substances in the sprouted grain of soft wheat grown in Belarus. On this basis, the nutrient profile of sprouted soft wheat grain is presented, which contains 42 nutrients. As an object of research, we used a sprouted grain of soft wheat with a moisture content ($44,4 \pm 1,0$ %) and a sprout size ($2,0 \pm 0,5$) mm. The most significant from the point of view of providing human macronutrients coming from sprouted wheat grain are carbohydrates ($37,77 \pm 0,6$ %) and proteins ($6,67 \pm 0,02$ %). Sprouted wheat contains all the essential amino acids. Among the nonessential amino acids, there is a high content of glutamic acid (2456,4 mg/100 g) and proline (958,4 mg/100 g). Sugars in sprouted wheat grains are represented by D-glucose, D-fructose, sucrose, maltose and lactose. 100 g of sprouted wheat contains 105% of the daily requirement for manganese, 18,1% for magnesium, 17,1% for magnesium, and about 40% of the daily intake of vitamin B1 (thiamine). In addition, the sprouted grain of soft wheat contains fiber, on average 18,5% of the daily requirement of 100 g.

Keywords: wheat, sprouted grain, nutrient profile, macronutrients, micronutrients

Reference

- Berezhnaya O.V., Dubtsov G.G., Voyno L.I. Prorostki pshenitsy – ingredient dlya produktov pitaniya [Wheat germ – an ingredient for food products]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food processing industry], 2015, no. 5. pp. 26–29.
- Butenko L.I., Ligay L.V. Issledovaniya khimicheskogo sostava proroshchennykh semyan grechikhi, ovsa, yachmenya i pshenitsy [Researches of the chemical composition of germinated seeds of the buckwheat, oats, barley and wheat]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2013, no 4, pp. 1128–1133.
- Chizhikova O., Nizhel'skaya K., Korshenko L. Ispol'zovanie produktov pererabotki zerna pshenitsy dlya myasnykh rublenykh polufabrikatov gerodieticheskogo naznacheniya [Use of wheat grain processing products for meat chopped semi-finished products of gerodietetic purposes]. *Izvestiya Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. Ekonomika i upravlenie* [The bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management], 2017, no. 4(84), pp. 123–131. <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2017-4/123-131>
- Damodaran Sh., Parkin K. L., Fennema O. R. (red.-sost.). *Khimiya pishchevykh produktov* [Food chemistry]. S-Petersburg: Professiya Publ., 2012. 1040 p.

- Koneva M.S., Bugaets N.A. Ispol'zovanie proroshchenno-go zerna zlakovykh kul'tur v tekhnologii izgotovleniya produktsii obshchestvennogo pitaniya [The use of sprouted grains cereal crops in technology of production catering]. *Nauka Kubani [Science of Kuban]*, 2017, no. 2, pp. 55–62.
- Kuznetsova E.A., Uchasov D.S., Gavrilina V.A., Gromova V.S., Nasrullaeva G.M., Kuznetsova O.V., Kuznetsova E.A., Apanaykin M.A. Izmenenie sostava i mikrostruk-tury zerna pshenitsy pri prorastanii [Changes in the composition and microstructure of wheat grain when springing]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsion-nykh pishchevykh produktov [Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs]*, 2019, no. 6(59), pp. 23–28.
- Lukin A.A., Merenkova S.P. Razrabotka tekhnologii proizvodstva khlebobulochnogo izdeliya s ispol'zo-vaniem muki iz proroshchennogo zerna pshenitsy [Development of the bakery goods production technol-ogy using flour from germinated wheat grains]. *Vestnik YuUrGU. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii [Bulletin of the south ural state university. Series: Food and bio-technology]*, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 5–12. <https://doi.org/10.14529/food160301>
- Polozhentseva E.I., Platonova O.V. Sravnitel'nyy anal-iz kachestva prorostkov pshenitsy kak funktsional'-nykh produktov pitaniya [The comparative analysis of quality of sprouts of wheat as functional foodstuff]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food processing indus-try]*, 2011, no. 8, pp.20–21.
- Rimareva L.V., Fursova N.A., Sokolova E.N., Volkova G.S., Borshcheva Yu.A., Serba E.M., Krivova A. Yu. Biodestruktsiya belkov zernovogo syr'ya dlya polucheniya novykh khlebobulochnykh izdeliy [Biodegradation of proteins of grain raw materials for the production of new bakery products]. *Voprosy pitaniya [Problems of Nutrition]*, 2018, vol. 87, no. 6, pp. 67–75. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10068>
- Samchenko O.N., Merkucheva M.A. Proroshchennoe zer-no - perspektivnoe syr'e dlya razrabotki novykh vi-dov izdeliy [Germinated seed - perspective raw materi-al to develop new types of products]. *Novyy universitet. Seriya: tekhnicheskie nauki [New university. Series: Technical sciences]*, 2015, no. 7–8(41–42), pp. 27–32.
- Tutel'yan V.A., Vyalkov A.I., Razumov A.N., Mikhaylov V.I., Moskalenko K.A., Odinets V.G., Sbezhneva V.G., Sergeev V.N. Nauchnye osnovy zdorovogo pitaniya [Scientific foundations of healthy eating]. Moscow: Panorama, 2010. 816 p.
- Urbanchik E.N., Shalyuta A.E. Poluchenie produktov bystrogo prigotovleniya na osnove proroshchennogo zerna pshenitsy i tritikale [Getting fast food on the ba-sis of sprouted wheat and triticale]. *Khranenie i pere-rabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of farm products]*, 2012, no.7, pp. 24–26.
- Veretnova O.Yu, Safronova T.N. Razrabotka retseptury my-asnykh kombinirovannykh farshey s ispol'zovaniem proroshchennogo zerna pshenitsy [The development of the combined minced meat formulation with the use of the sprouted wheat grain]. *Vestnik KrasGAU [The Bulletin of KrasGAU]*, 2015, no. 10, pp. 112–115.
- Zorin S. N., Bayarzhargal M., Gmoshinskiy I. V., Mazo V. K., Kompleksnaya otsenka organicheskikh form essen-tsial'nykh mikroelementov tsinka, medi, margantsa i khroma v opytakh in vitro i in vivo [Multipurpose as-sessment of organic forms of essential trace elements: zinc, copper, manganese, chromium in vitro and in vivo experiments]. *Voprosy pitaniya [Nutricion Problems]*, 2007, vol. 76, no. 5, pp.74–79.
- Benincasa P., Falcinelli B., Lutts S , Stagnari F., Galieni A. Sprouted Grains: A Comprehensive Review. *Nutrients*, 2019, vol. 11, issue 2, pp. 1–29. <https://doi.org/10.3390/nu11020421>
- Johnston R., Martin J.M., Vetch J.M., Byker-Shanks C., Finnie S., Giroux M.J. Controlled Sprouting in Wheat Increases Quality and Consumer Acceptability of Whole-Wheat Bread. *Cereal Chemistry*, 2019, vol. 96, issue 5, pp. 866–877. <https://doi.org/10.1002/cche.10187>
- Lemmens E., Moroni A. V., Pagand J., Heirbaut P., Ritala A., Karlen Y., Lê K.A., Van den Broeck H.C., Brouns F., De Brier N., Delcour J. A. Impact of Cereal Seed Sprouting On Its Nutritional And Technological Properties: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019, vol. 18, issue 1, pp. 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>
- Mardar M., Zhygunov D., Znachek R. QFD Methodology to Develop a New Health-Conducive Grain Product. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, vol. 2, issue 11(80), pp. 42–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65725>
- Mridula D., Sharma M., Gupta, R. K. Development of Quick Cooking Multi-Grain Dalia Utilizing Sprouted Grains. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, vol. 52, pp. 5826–5833. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1634-x>
- Poutanen K., Flander L., Katina, K. Sourdough and Cereal Fermentation in a Nutritional Perspective. *Food Microbiology*, 2009, vol. 26, issue 7, pp. 693–699. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.011>
- Simahina, G., Bazhay-Zhezherun, S., Mykoliv, T. Bereza-Kindzerska L., Antoniuk M. The Use of the Biologically Activated Grain is in Technology of Health Products. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*, 2016, vol. 9, pp. 147–153. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/25028>
- Wu F., Xu X. Sprouted Grains-Based Fermented Products. In H.Feng, B. Nemzer, J.W. DeVries (ed.) *Sprouted Grains*. AACC International Press, 2019, pp. 143–173, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00007-5>

Напитки на основе молочной сыворотки и сублиматов проростков растений

Данильчук Татьяна Николаевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

E-mail: danilchuktn@mgupr.ru

Ефремова Юлия Геннадиевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

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

Корыстина Ирина Владимировна

ООО Вкусвилл

Адрес: 123592, город Москва, ул. Кулакова, 20 к.1

E-mail: ryabova.9@yandex.ru

В настоящее время актуальным является вопрос о расширении ассортимента продуктов здорового питания. Особым спросом у населения пользуются различные напитки и перспективным направлением представляется разработка новых напитков с функциональными свойствами, в частности на основе молочной сыворотки. В статье рассмотрен вопрос создания таких напитков, обогащенных растительными компонентами. Для обогащения, предложены препараты из проростков амаранта, пшеницы и рапсуса, обладающие антиоксидантной активностью, придающие продуктам функциональные свойства. Это позволит обогатить продукты витаминами, пищевыми волокнами, белками, ферментами, макро- и микроэлементами. Дана сравнительная характеристика функционально-технологических свойств готовых продуктов. В работе описаны методики: проращивания семян, сублимационная сушка проростков и определение антиоксидантной активности готовых образцов продуктов. В результате эксперимента установлены оптимальные концентрации вносимых сублиматов пшеницы, рапсуса и амаранта, разработаны рецептуры сывороточных напитков и определены наиболее благоприятные режимы пастеризации. Проведена также сравнительная органолептическая оценка качества полученных продуктов и исследованы микробиологические показатели безопасности продуктов. Предлагаемые авторами настоящей статьи подходы позволили разработать рецептуры и технологии изготовления напитков на основе молочной сыворотки, обогащенных антиоксидантами, растительными белками, не перевариваемыми волокнами, ферментами, витаминами, макро- и микроэлементами.¹ Получены продукты, обладающие функциональными свойствами: иммуномодулирующими (с сублиматами проростков амаранта), гепатопротекторным (с проростками рапсуса), стимулирующими обмен веществ (с проростками пшеницы).

Ключевые слова: сыворотка, амарант, пшеница, сублиматы, проростки семян, сывороточный напиток

Введение

Питание большинства взрослого населения не соответствует принципам здорового питания из-за потребления продуктов, содержащих большое количество жира животного происхождения, недостатка в рационе овощей и фруктов, что приводит к росту избыточной массы тела и ожирению, распространенность которых за последние 8–9 лет возросла с 19 до 23%; увеличивает

риск развития сахарного диабета и заболеваний сердечно-сосудистой системы (Ермакова, Атабаева, 2014, с.338–340). В наши дни, когда жизнь человека тесно связана с воздействием множества неблагоприятных факторов, необходимо находить средства укрепления здоровья, повышения иммунитета (Тутельян, Лашнева, 2008, с. 19–24; Ипатов, Козлов, Гернет, 2009, с. 60–61). В связи с этим актуальным является разработка малокалорийных продуктов питания, в том числе

¹ Соляник Т.В., Гласкович М.А., Красочко П.А., Карпенко Л.Ю., Гласкович А.А., Вербицкий А.А., Красочко П.П. Микробиология: учебно-методическое пособие. Горки: БГСХА, 2017. 2. 214 с.

на основе молочной сыворотки, содержащей минеральные компоненты, стимулирующие усиление иммунитета.

Молоко и молочные продукты, которые образуются при переработке молока, являются одними из наиболее важных для жизнедеятельности и имеют медико-биологическое значение для населения планеты. Регулярно употребляя их в нормированных количествах, человек укрепляет свой иммунитет, защищает себя от различных недугов (Ермакова, Атабаева, 2014, с. 338–340).

Весьма актуальной для многих молокоперерабатывающих предприятий является проблема рационального использования молочной сыворотки. Решение этого вопроса позволит улучшить экономические показатели за счет производства дополнительной продукции из молочного сырья (Кравченко, Волкова, 2005, с. 56–58).

Наиболее перспективным направлением промышленного использования сыворотки, содержащий комплекс биологически активных веществ, представляется изготовление на ее основе напитков с добавками ингредиентов, придающих напиткам функциональные свойства.

При добавлении к сыворотке препаратов из проростков растений, напиток обогащается антиоксидантами, которые нейтрализуют действие свободных радикалов (продуктов распада), образующихся в процессе жизнедеятельности организма и помогают их выведению из организма человека; происходит обогащение продукта макро- и микроэлементами (кальций, магний, фосфор, железо, цинк, калий, селен, марганец, йод, кальций, хром, бор) и витаминами (А, С, D, Е, К, F, B1, B2 и др.) в биологически доступном виде (Devasagayam, Tilak, Boloor, Sane, Ghaskadbi, Lele, 2004, pp. 794–804). Функциональная направленность готового продукта зависит от вида вносимых проростков.

Роль молочной сыворотки в питании человека

Высокая биологическая ценность молочной сыворотки определяется содержанием в ней белкового, углеводного и липидного комплексов, органических кислот, ферментов, витаминов и минералов (Остроумов, Гаврилов, 2006, с. 47–48).

Молочная сыворотка является эффективным успокаивающим, общеукрепляющим средством. В сыворотке практически нет жира, и его можно употреблять в качестве напитка для похудения (Таблица 1). Рекомендуется употреблять сыворотку людям, имеющим проблемы с пищеварительной системой, для улучшения микрофлоры желудочно-кишечного тракта, снижения скорости распространения гнилостных процессов и газообразования. Кроме того, сыворотка обладает способностью расщеплять вредные вещества в организме, помогает выводить из организма лишнюю жидкость, токсины, продукты распада и предотвращает возникновение отеков (Гурьева, Артюхова, 2005, с. 182–185). При постоянном употреблении сыворотки увеличивается выработка гормона серотонина, который отвечает за отличное настроение.

Благодаря высокому содержанию витаминов группы В (Таблица 2), напитки, приготовленные на основе молочной сыворотки, способствуют улучшению кровообращения и стабилизируют работу нервной системы, оказывают положительное действие на организм человека в целом². Количество пиридоксина, холина и, реже, рибофлавина в сыворотке часто превышает их содержание в цельном молоке, что связано с активностью молочнокислых бактерий. Содержание витаминов в молочной сыворотке подвержено колебаниям и резко уменьшается при хранении. Рекомендуется включать сыворотку в рацион питания людям, страдающим атеросклерозом, ревматизмом и заболеваниями сердечно-сосудистой системы (Гапова, Полежаева, Волотовская, 2004, с. 52–53; Храмцов, Василисин, 2003, 100 с.).

Вредный сахар в этом продукте заменяется лактозой, которая быстро усваивается организмом и положительно влияет на работу пищеварительного тракта. Основным углеводом молочной сыворотки является дисахарид лактозы³.

Белки молочной сыворотки используются в изготовлении продуктов детского питания, так как по составу сходны с белками материнского молока. В сыворотке содержатся все незаменимые аминокислоты. Состав свободных аминокислот в сырной сыворотке в 4 раза, а в сырной в 10 раз больше, чем в сыром молоке. Молочная сыворотка является сырьем для промышленного производства напитков, концентратов биологически активных

² Напиток на основе молочной сыворотки с экстрактом амаранта: пат. 2451452С2 Рос. Федерация № 2010138024/10 / Соколенко Г.Г., Вострикова Т.В., Полянский К.К. ; заявл. 21.09.2010 ; опубл. 27.05.2012, Бюл. № 15. 5 с.

³ Храмцов А.Г., Василисин С.В. Справочник технолога молочного производства. СПб.: ГИОРД, 2004. Т. 5. 567 с.

Таблица 1

Содержание основных составных частей в молочной сыворотке (Гурьева, Артюхова, 2005, с. 182–185)

Сырье	Массовая доля, %				
	сухих веществ	белков	молочного жира	молочного сахара	минеральных веществ
Молочная сыворотка	6,3	0,9	0,3	4,5	0,6

Таблица 2

Относительное содержание витаминов в сыворотке (Тихомирова, 2008, 560 с.)

Витамины	Относительное содержание витаминов (в %) в сравнении с их содержанием в цельном молоке
Тиамин (В1)	88
Рибофлавин (В2)	91
Пиридоксин (В6)	136
Кобаламин (В12)	58
Аскорбиновая кислота (С)	78
Никотиновая кислота (РР)	54
Холин	102
Ретинол (А)	11
Биотин (Н)	90
Токоферол (Е)	32

веществ, продуктов микробного синтеза (Гапова, Полежаева, Волотовская, 2004, с. 52–53; Храмцов, Василисин, 2003, 100 с.). Сывороточные белки могут служить дополнительным источником аргинина, гистидина, метионина, лизина, треонина, триптофана и лейцина (Таблица 3). Это позволяет относить их к полноценным белкам, которые играют важную роль в жизни организма (Гапова, Полежаева, Волотовская, 2004, с. 52–53; Храмцов, Василисин, 2003, 100 с.).

В целом, сыворотка с точки зрения набора полезных веществ является биологически полноценным продуктом (Храмцов, Василисин, 2003, 100 с.). Особая ценность сыворотки как пищевого продукта, укрепляющего здоровье, была признана лишь недавно. В настоящее время отечественными и зарубежными технологами разработан определенный ассортимент напитков на основе молочной сыворотки, однако он недостаточно широк. В связи с этим, актуальным является разработка новых напитков на основе молочной сыворотки, обогащенных различными полезными веществами.

Полезные свойства проростков растений

В современном мире экологическая обстановка становится всё хуже из года в год. В этих условиях человеку для нормальной работы организма требуется правильная, функциональная пища с полным набором нутриентов: ферментов, антиоксидантов, витаминов, аминокислот, жирных кислот, микро- и макро- элементов, пищевых волокон и многих других компонентов в естественном, природном соотношении. Такими продуктами являются пророщенные семена и ростки (Брыкалов, Пилипенко, 2011, с. 79–83).

Полезные свойства проростков обусловлены, прежде всего, биохимическим составом исходных се-

Таблица 3

Состав белков молочной сыворотки по фракциям (Тихомирова, 2008, 560 с.)

Фракция белков	Состав, %	Изоэлектрическая точка, рН	Температура денатурации,
Лактоальбуминовая			
Лактоглобулин А	0,4-0,5	5,20	75-110
Лактоглобулин В		5,10	60-95
Лактоглобулин +В		5,30	60-95
Лактоглобулин С	0,3-0,6	5,33	60-90
Сывороточный альбумин		4,70	60-95
Лактоглобулиновая			
Эвоглобулин	0,06-0,08	6,00	75-90
Псевдо глобулин		5,60	75-90
Протеозопептонная		5,30	70-110

мян (Зверев, Зверева, 2007, 176 с.). В химический состав семян входят белки, жиры, моно и дисахариды, крахмал, клетчатка, витамины, минеральные вещества. Проростки семян представляют особую ценность. Они обладают уникальными свойствами, приобретаемыми в процессе проращивания благодаря значительным биохимическим изменениям (белки преобразуются в аминокислоты, крахмал – в солодовый сахар, жиры – в жирные кислоты).⁴ При употреблении в пищу проростков семян усвоение всех содержащихся в них полезных веществ происходит намного легче и быстрее, потому что эти вещества уже находятся в расщепленном состоянии. Наиболее ценным свойством пищевых проростков является их высокая антиоксидантная активность, которая появляется в процессе проращивания благодаря синтезу витаминов (Wanjiku, 2004, pp. 20–24). Например, содержание витамина С увеличивается в 5 раз, а витамина Е – в 3 раза. Высокая биологическая доступность синтезированных витаминов обусловлена тем, что синтезированные витамины встроены в живую ткань. Антиоксиданты – неотъемлемая часть здорового и полноценного питания и защита от опасных болезней и стресса (Шидловская, Юрова, 2010, с. 23–25). Содержащиеся в проростках антиоксиданты (природные флавоноиды, фенольные кислоты, витамины С, Е и др.), дезактивируют свободные радикалы, накапливающиеся в процессе жизнедеятельности в организме человека, и помогают их выведению из организма. Регулярное использование проростков для питания:

- компенсирует витаминную и минеральную недостаточность,
- стимулирует обмен веществ и кроветворение,
- способствует очищению организма от шлаков и эффективному пищеварению,
- повышает иммунитет,
- замедляет процессы старения.

Среди приверженцев здорового образа жизни особой популярностью пользуется проросшая пшеница. Это обусловлено, главным образом, наличием в зерне пшеницы идеально сбалансированных по составу компонентов, самым важным из которых является растительный белок, насыщенный аминокислотами и ферментами. Проростки пшеницы не только укрепляют и очищают организм, но и снабжают его энергией.

Пророщенная пшеница стимулирует обмен веществ, восполняет недостаток витаминов и минералов в организме, может помочь организму очиститься от шлаков, помогает работе желудочно-кишечного тракта, восстанавливает микрофлору кишечника, рекомендуется при лечении ожирения, сахарного диабета, всевозможных видов аллергии⁵. Проростки пшеницы содержат витамины В1, В2, В3, В5, В6, В9, Е, F большое количество белков, углеводов, фосфора, калия, магния, марганца, кальция, цинка, железа, селена, меди, ванадия и др, а так же биотин, целлюлозу и живые ферменты. Их употребление является профилактикой многих заболеваний. Рядом уникальных особенностей, позволяющих, увеличить работоспособность клеток и органов, улучшить функциональное состояние человека при различных нарушениях обмена веществ, обладают проростки других культур, в частности проростки амаранта и расторопши.

В состав семян расторопши входят флавоноиды, флавонолигнаны, алкалоиды, сапонины, белки, жирное масло, жирорастворимые витамины (А, Д, Е, К), смолы, тирамин, слизи, гистамин, макро- и микроэлементы: магний, калий, кальций, хром, йод, селен, ванадий, стронций. В проростках *расторопши* содержится большое количество *силима-рина*, за счет которого препараты из проростков этого растения обладают гепатопротекторным действием и улучшают желчеотделение.

В зернах амаранта содержатся ненасыщенные жирные кислоты Омега 6, микро и макро элементы кальций, магний, фосфор, железо, витамины (В1, В2, С, Е, Д), а так же незаменимая аминокислота – лизин, входящая в состав многих белков. Ростки амаранта содержат ненасыщенный углеводород – сквален, сильнейший антиоксидант, благотворно влияющий на организм и замедляющим процессы старения. Сквален регулирует уровень холестерина, помогает выводить токсины из организма, активизирует и продлевает жизнь клеток, в целом улучшает функционирование организма. Есть также в продукте линоленовая и олеиновая кислоты. Токоферол в его составе благоприятно влияет на обменные процессы, понижает количество холестерина в крови. Он связывает и удаляет свободные радикалы. Фосфолипиды помогают регенерации клеток, фитостеролы и флавоноиды оказывают превосходное влияние на сердеч-

⁴ Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А.Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

⁵ Целебный пищевой продукт «Ауксомин»: пат. 940030124 АИ Рос. Федерация / В.П. Гондарюк В.П., В.Г. Пашинин В.Г., В.Р. Плюхин В.Р. ; опубл. 20.07.1996. Бюл. № 20.

но-сосудистую систему. В амаранте присутствуют и другие компоненты, важные для правильного функционирования организма. Среди них витамины А, РР, группы В, аскорбиновая кислота, минералы, такие как цинк, кальций, магний, натрий и другие (Данильчук, Рогов, Демидов, 2014, с. 16–21). Отсутствие сахаров в пророщенных семенах делает эту пищу абсолютно безопасной для диабетиков, способствует нормализации функции щитовидной железы. Проростки растений содержат редкие микроэлементы, полезные при нервном истощении, депрессии и диабете. Таким образом, проростки семян представляют особую ценность в качестве обогатителей при создании новых продуктов питания.

Полезные свойства пектина

Полисахарид пектин содержится в тканях большинства растений (особенно фруктов). Это биологически активное вещество практически не усваивается организмом человека, однако обладает пребиотическими свойствами - оно помогает поддерживать достаточное количество «полезных» бактерий в кишечном тракте и позволяет избежать многих заболеваний пищеварительного тракта. Пектин обладает выраженными противовоспалительными, вяжущими, антимикробными, регенерирующими, обволакивающими свойствами; предотвращает развитие атеросклероза; сохраняет бактериологический баланс кишечного тракта; нормализует пищеварительные, обменные процессы, улучшает моторику кишечника; способствует омоложению, предотвращает процессы старения; положительно влияет на функционирование поджелудочной железы, мочеполовой системы, печени; благотворно влияет на сердечно-сосудистую систему; защищает слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта от воздействия негативных факторов.

Основным назначением пектина является его использование в качестве стабилизатора и загустителя при изготовлении пищевых продуктов. В последнее время пектин все шире используется в медицинской и фармацевтической отраслях как физиологически активное вещество для доставки лекарств внутри организма.

Исследование

Целью данной работы является разработка напитков функциональной направленности, содержащих сбалансированный комплекс полезных

веществ в органической форме, обладающих антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Получить проростки хорошего качества.
2. Получить сублиматы проростков.
3. Разработать рецептуру сыровоточных напитков с добавлением сублиматов.
4. Исследовать физико-химические и органолептические свойства образцов готовых напитков.
5. Исследовать микробиологические показатели готовой продукции.

Материалы

В качестве объектов исследования были выбраны основа, состоящая из творожной сыворотки и обезжиренного сухого молока, препараты из проростков амаранта, расторопши и пшеницы.

Сухое молоко – белый порошок, полученный из обезжиренного молока сельскохозяйственных животных путем его сгущения и сушки. Как сухое молоко, так и цельное молоко состоят из белков, а также жиров, минералов и молочного сахара. В то же время обезжиренный продукт содержит гораздо меньше жира, чем цельный жир, но содержание в нем белков и сахара намного выше. Сухое молоко содержит минимальное количество холестерина, поэтому его можно безопасно употреблять взрослым и детям, страдающим сердечно-сосудистыми патологиями и гипертонией. По концентрации кальция этот продукт значительно превосходит все другие известные в природе молочные продукты.

Под сывороткой мы подразумеваем жидкость, которая на самом деле является вторичным сырьем переработки молока - это соответствует терминологии, принятой в пищевой промышленности. Молочная (творожная) сыворотка является побочным продуктом производства творога и сыров. Творожная сыворотка считается диетическим и в то же время лекарственным средством, которое врачи рекомендуют употреблять как можно чаще. Творожная сыворотка - не более чем разновидность сыворотки.

В качестве препаратов из проростков растений использовали сублиматы проростков амаранта, расторопши и пшеницы. Сублиматы проростков растений

обрабатывали ионизирующим излучением, что значительно уменьшало их обсемененность.

Методы исследования

Проращивание семян проводили на оборудовании российского производства (собственная аэропонная установка ООО «Фитоинтех») следующим образом:

1. Семена тщательно промывали и обрабатывали безопасным пищевым реагентом для создания асептических условий проращивания.
2. Семена замачивали в обогащенной кислородом воде.
3. Семена помещали тонким слоем в поддоны из нержавеющей стали, которые устанавливаются под светодиодные лампы аэропонного всхода в стерильную климатическую камеру с высокой степенью автоматизации.
4. Через 5–7 дней (в зависимости от типа растения) проростки собирали, промывали, снова дезинфицировали и отправляли на сублимацию.

В работе для увеличения биологической ценности и полезных свойств напитка использовали проростки амаранта, пшеницы и расторопши. Данные проростки подвергали сублимационной сушке. Преимущества продуктов сублимационной сушки заключается в том, что они легко вписываются в любой технологический процесс и за счет многократной концентрации полезных компонентов, усиливают лечебные и профилактические свойства продуктов. Сублимационную вакуумную сушку проводили на установке Лейбольд ТТ-50 (Германия), с типоразмером от 50–100 кг/цикл. Установка укомплектована холодильной машиной. Сублимация проростков происходила в вакууме при низких температурах (нагрев продукта не превышал 42°C), что позволяло сохранять до 94% всех полезных веществ. В процессе влагоудаления масса проростков уменьшалась в 10 раз, а остаточное содержание влаги составляло 4%. После сублимации осуществляли помол проростков в порошок и обработку порошка быстрыми электронами. Проростки имели цвет от бежевого (амарант) до светло-коричневого (пшеница, расторопша). Срок хранения сублиматов составляет 3 года (Danilchuk, Ganina, 2018, pp. 305–313).

Исследование антиоксидантной активности проводили методом кулонометрического титрова-

ния. Метод заключается в определении в готовых образцах интегральной антиоксидантной активности на приборе «Эксперт-006» кулонометрическим титрованием с использованием электрогенерированных галогенов. Электрогенерацию брома осуществляли при постоянной силе тока 50 мА или 5 мА из водных 0,2 М растворов калия бромистого в 0,1 М растворе серной кислоты с определением конца титрования вольтметрической индикацией с двумя поляризованными электродами из инертного металла. Для проведения кулонометрического титрования образцы готовили следующим образом: 1 г сублимата перемешивали с дистиллированной водой с течением 60 мин, затем взвесь отфильтровывали, для проведения анализа использовали 1 мл фильтрата. Результаты определения интегральной антиоксидантной активности получали в мкг/мл фильтрата.

Органолептическую оценку готового продукта проводили в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 22935–2–2011 «Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 2. Рекомендуемые методы органолептической оценки» и ГОСТ Р 53438–2009 «Сыворотка молочная. Технические условия». В соответствии со стандартами были определены следующие показатели: внешний вид и консистенция, цвет, вкус и запах. Оценка органолептических показателей осуществлялась описательным и балльным методом⁶⁷.

Опыты проводили в 3–4 кратной повторности. Контролем служил образец без добавления сублиматов.

Анализ образцов готовых напитков на наличие посторонней микрофлоры проводили путем посева в агаризованные питательные среды. Определяли количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, а также бактерии группы *Escherichia coli*.

Процедура исследования

Проведены исследования на модельных образцах по модификации функционально-технологических свойств напитков. В результате эксперимента установлены оптимальные концентрации вносимых сублиматов пшеницы, расторопши и амаранта, разработаны рецептуры сывороточных напитков и определены наиболее благоприятные

⁶ ГОСТ 10444.15–94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2010. 7 с.

⁷ ГОСТ Р 53438–2009. Сыворотка молочная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2010. 11 с.

режимы пастеризации. Проведена также сравнительная органолептическая оценка качества полученных продуктов и исследованы микробиологические показатели безопасности продуктов. В результате разработаны научные подходы к модификации свойств сывороточных напитков и показана перспективность использования для этих целей сублиматов проростков растений.

Результаты и их обсуждение

Использование научно обоснованной, уникальной технологии проращивания из алтайских экологически чистых семян амаранта, расторопши и пшеницы при полном контроле режимов температуры, освещения и полива, с осуществлением своевременного сбора ростков, их упаковки и транспортировки в щадящих условиях позволило получить проростки высокого качества (Рисунки 1, 2, 3).

Процесс влагоудаления состоял из следующих этапов:

Быстрая заморозка (частичное или полное превращения воды, содержащейся в продукте, в лед).

Сублимация ледяных кристаллов – удаление воды в результате перехода льда в парообразное состояние. Тепло, поступающее в кристаллы льда, вызывает сублимацию молекул пара с поверхности этих кристаллов. В течение периода сублимации основное количество влаги в замороженном состоянии удаляется.

Испарение остаточной воды. После сушки вакуум в камере нарушается подачей азота, который заполняет поры продукта и предотвращает его окисление, после чего продукт выгружается и подается в упаковку. Испарение остаточной паровоздушной смеси происходит в установке при минимальном давлении до конечного содержания влаги в продукте 4%.



Рисунок 1. Проростки расторопши



Рисунок 2. Проростки амаранта



Рисунок 3. Проростки пшеницы

В рецептуры сывороточных напитков (Таблицы 4,5,6) добавили 0,3 грамма каждого вида сублиматов проростков растений, так как именно в этом количестве содержится суточная норма ан-

Таблица 4

Рецептура сывороточного напитка с добавлением сублимата расторопши (образец 1)

Наименование ингредиента	Количество ингредиента на 100 мл готового продукта
Основа	100 мл
Пектин	0,17 г
Сублимат расторопши	0,3 г

Таблица 5

Рецептура сывороточного напитка с добавлением сублимата амаранта (образец 2)

Наименование ингредиента	Количество ингредиента на 100 мл готового продукта
Основа	100 мл
Пектин	0,17 г
Сублимат амаранта	0,3 г

Таблица 6

Рецептура сывороточного напитка с добавлением сублимата пшеницы (образец 3)

Наименование ингредиента	Количество ингредиента на 100 мл готового продукта
Основа	100 мл
Пектин	0,17 г
Сублимат пшеницы	0,3 г

тиоксидантов – 5000–8000 единиц. Для улучшения структуры напитка использовали яблочный пектин в количестве 0,17 г на 100 мл основы.

Предлагается следующая технологическая схема производства сывороточных напитков с добавлением сублиматов проростков растений (Рисунок 4):

Готовые продукты исследовали на содержание антиоксидантов (Таблица 7). Результаты исследований показали, что наибольшей антиоксидантной активностью (АОА) обладает сублимат амаранта, что предопределяет наиболее высокие показатели по АОА напитков, содержащих сублимат амаранта, по сравнению с другими напитками (Рисунок 5).

Необходимо отметить, что смесь творожной сыворотки с сухим обезжиренным молоком (далее –

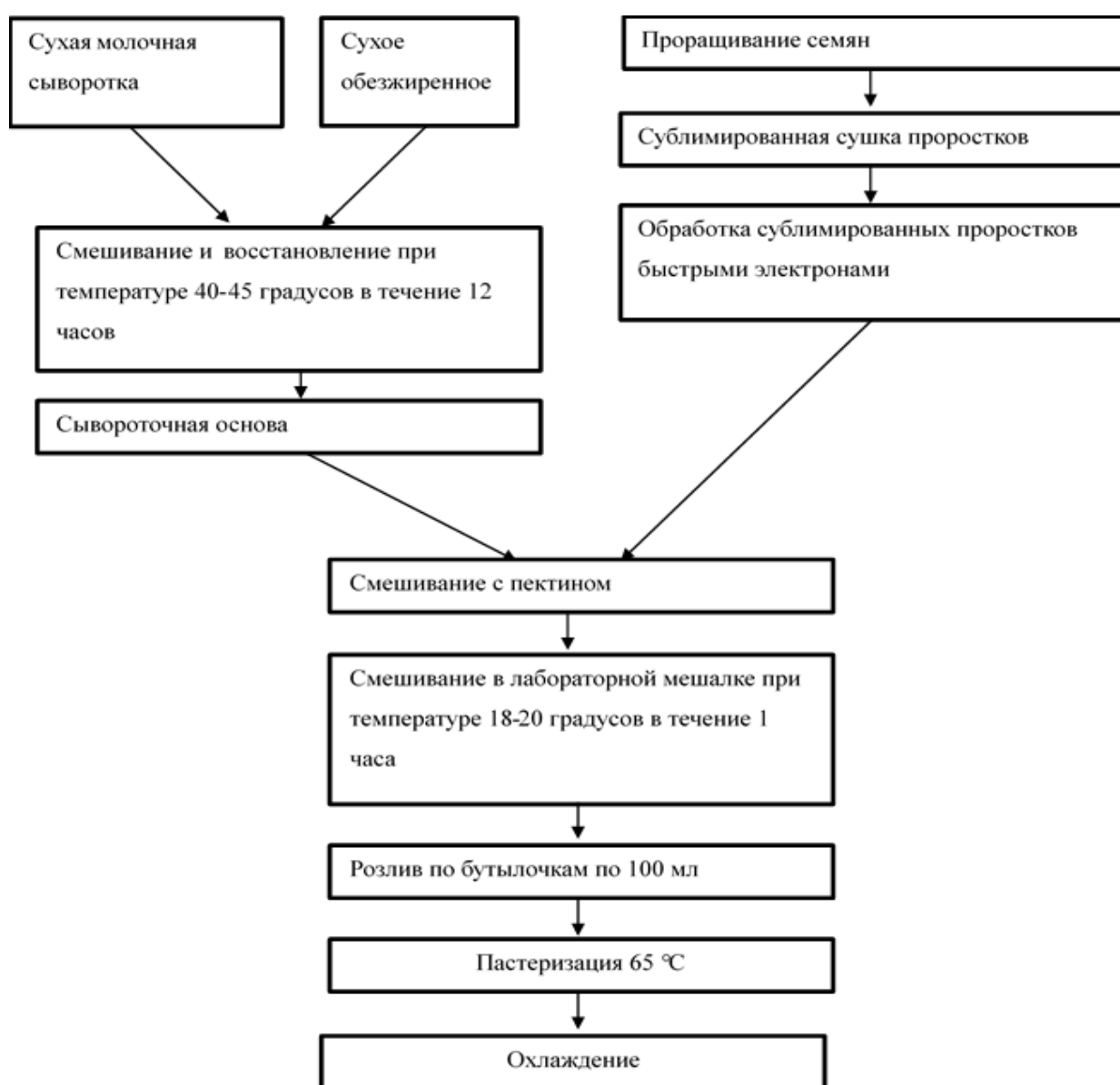


Рисунок 4. Технологическая схема производства сывороточных напитков с сублиматами проростков растений

Таблица 7
Антиоксидантная активность компонентов напитков

№ п/п	Описание образца	Примечание	Пастер/ не пастер.	АОА (1 мл пробы)
1	Суспензия сублимата пшеницы	1 мл	Не пастеризованный	529,2175 мкг
2	Суспензия сублимата амаранта	1 мл	Не пастеризованный	753,5375 мкг
3	Смесь	100 мл	Не пастеризованный	41,9 мкг
4	Основа	100 мл	Не пастеризованный	45,159 мкг
5	Смесь	100 мл	Пастеризованный	33,906 мкг
6	Основа	100 мл	Пастеризованный	32,589 мкг

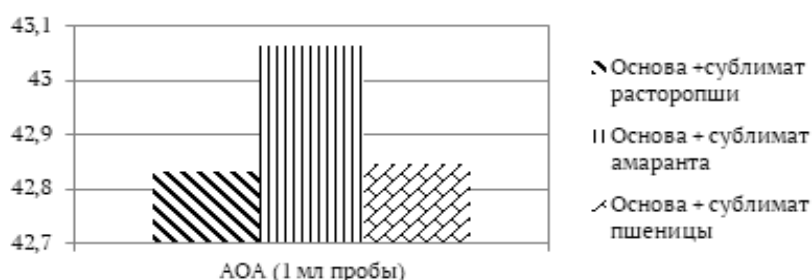


Рисунок 5. Графическая диаграмма АОА образцов

смесь) и основа (смесь+пектин) не пастеризованные имеют более высокую АОА, чем пастеризованные.

Определение органолептических показателей

Внешний вид, цвет определяли визуально, путем наружного осмотра. Запах, вкус определяли путем опробования молока и молочной продукции. При этом выявляли специфический запах (аромат) и вкус (степень выраженности основных вкусов); отмечали наличие или отсутствие постороннего запаха, привкуса и послевкусия. Консистенцию продукта определяли на ощущение частиц во рту.

В Таблице 8 представлены результаты органолептической оценки качества готового продукта, проведенной описательным методом.

На Рисунке 6 представлены результаты органолептического анализа, полученные на основании балльного метода оценки качества готовых сывороточных напитков.

Исходя из данных органолептической оценки можно заключить, что предложенная технология позволяет получить сывороточные напитки достаточно высокого качества, обладающие антиоксидантной активностью, функциональные свойства

Таблица 8
Органолептическая оценка качества описательным методом

Показатели качества	Образцы сывороточных напитков		
	Образец №1 (с добавлением сублимата ростков расторопши)	Образец №2 (с добавлением сублимата ростков амаранта)	Образец №3 (с добавлением сублимата ростков пшеницы)
Внешний вид и консистенция	Однородная жидкость с допустимым осадком	Однородная жидкость с допустимым осадком	Однородная жидкость с допустимым осадком
Цвет	Чистый, белый	Чистый, белый	Чистый, белый
Запах	Без посторонних запахов, сывороточный запах	Без посторонних запахов, сывороточный запах	Без посторонних запахов, сывороточный запах
Вкус	Сладковатый, с растительным привкусом	Сладковатый, с растительным привкусом	Сладковатый, с растительным привкусом

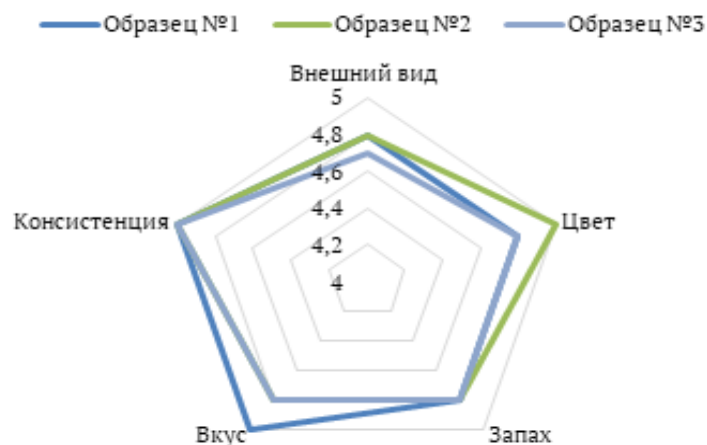


Рисунок 6. Гистограмма органолептической оценки образцов сыровоточных напитков

которых определяются природой используемых в рецептуре сублиматов проростков растений.

После завершения технологического процесса производства в готовом продукте определяли наличие посторонней микрофлоры. В ходе исследований были определены следующие показатели:

1. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (далее – КМАФАнМ) – санитарно-показательная микрофлора, по количеству которой косвенно можно судить о безопасности продукта и санитарном состоянии предприятия.⁸ Метод определения КМАФАнМ путем посева в агаризованные питательные среды основан на высева продукта или разведении части продукта в питательной

среде, инкубации посевов, подсчете всех выращенных видимых колоний.

2. Наличие бактерий группы *Escherichia coli* (далее – БГКП).

Результаты микробиологического анализа представлены в Таблице 9.

Исходя из данных микробиологического анализа исследуемых образцов можно сделать вывод, что изготовленный продукт является безопасным с точки зрения микробиологических показателей. Полученные результаты показывают, что изготовленный продукт не противоречит требованиям Технического регламента Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Таблица 9

Микробиологический анализ образцов

Показатель	Контрольный образец	Образец №1	Образец №2	Образец №3
1 день				
КМАФАнМ, КОЕ/г	Менее 10	Менее 10	Менее 10	Менее 10
БГКП	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
3 день				
КМАФАнМ, КОЕ/г	Менее 10	Менее 10	Менее 10	Менее 10
БГКП	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
7 день				
КМАФАнМ, КОЕ/г	Менее 10	Менее 10	Менее 10	Менее 10
БГКП	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено

⁸ СанПин 2.3.2.1078–01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901806306> (дата обращения: 11.08.2020)

Выводы

Предлагаемые авторами настоящей статьи подходы позволили разработать рецептуры и технологии изготовления напитков на основе молочной сыворотки, обогащенных антиоксидантами, растительными белками, не перевариваемыми волокнами, ферментами, витаминами, макро- и микроэлементами. Получены продукты, обладающие функциональными свойствами: иммуномодулирующими (с сублиматами проростков амаранта), гепатопротекторным (с проростками расторопши), стимулирующими обмен веществ (с проростками пшеницы).

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность генеральному директору Фонда развития и поддержки детско-юношеского и профессионального автоспорта «Спортинтех» Белкину С.Е. за предоставленные для исследования образцы сублиматов проростков растений и за техническую поддержку при выполнении данного исследования.

Литература

- Брыкалов А.В., Пилипенко Н.Ю. Биологически активные растительные компоненты и их применение в получении напитков из молочной сыворотки // Труды кубанского государственного университета. 2011. № 6(33). С. 79–83.
- Гапонова Л.В., Полежаева Т.А., Волотовская Н.В. Переработка и применение молочной сыворотки // Молочная промышленность. 2004. № 7. С. 52–53.
- Гурьева О.В., Артюхова С.И. Перспективы производства продуктов питания нового поколения // II Международная научно-практическая конференция, посвященная 75-летию факультета технологии молочных продуктов Омского ГАУ. Омск, 2005. С. 182–185.
- Данильчук Т.Н., Рогов И.А., Демидов А.В. Повышение антиоксидантной активности проростков злаковых культур под воздействием инфракрасного излучения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2014. № 9. С. 16–21.
- Ермакова Е.Е., Атабаева Ш.А. Современное состояние и перспективы развития молочной промышленности РФ // Молодой ученый. 2014. № 7. С. 338–340. URL: <https://moluch.ru/archive/66/10957/> (дата обращения: 08.08.2020).
- Зверев С.В., Зверева Н.С. Физические свойства зерна и продуктов его переработки. М.: Де Ли Принт, 2007. 176 с.
- Ипатова Л.Г., Козлов И.В., Гернет М.В. Разработка напитков функционального назначения // Пищевая промышленность. 2009. № 12. С. 60–61.
- Кравченко Э.Ф., Волкова Т.А. Использование молочной сыворотки в России и за рубежом // Молочная промышленность. 2005. № 4. С. 56–58.
- Остроумов Л.А., Гаврилов Г.Б. О составе и свойствах молочной сыворотки // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006. № 8. С. 47–48.
- Тихомирова Н.А. Технология и организация производства молока и молочных продуктов. М.: ДеЛи принт, 2008. 560 с.
- Тутельян В.А., Лашнева Н.В. Биологически активные вещества природного происхождения. Фенольные кислоты: распространенность, пищевые источники, биодоступность // Вопросы питания. 2008. № 6. С. 19–24.
- Храмцов А.Г., Василисин С.В. Промышленная переработка вторичного молочного сырья. М.: ДеЛи принт, 2003. 100 с.
- Шидловская В.П., Юрова Е.А. Антиоксиданты молока и их роль в оценке его качества // Молочная промышленность. 2010. № 2. С. 23–25.
- Danilchuk T.N., Ganina V.I. Prospects of Using Extremely Low Doses of Physical Factors Impact in Food Biotechnology // Foods and Raw Materials. 2018. Vol. 6, issue 2. P. 305–313. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-305-313>
- Devasagayam T.P., Tilak J.C., Boloor K.K., Sane K.S., Ghaskadbi S., Lele R. Free Radicals and Antioxidants in Human Health: current Status and Future Prospects // The Journal of The Association of Physicians of India. 2004. Vol. 52. P. 794–804.
- Kren V., Walterova D. Silybin And Silymarin - New Effects and Applications // Biomedical Papers of the Medical Faculty of the University Palacky, Olomouc, Czechoslovakia. 2005. Vol. 149, issue 1. P. 29–41.
- Wanjiku S.M. Antioxidant Status of South African Beverages and Its Role on the Chemical Parameters in Human Blood // The Journal of the Association of Physicians Of India. 2004. Vol. 52. P. 20–24.

Beverages Based on Whey and Sublimates of Plant Seedlings

Tatiana N. Danilchuk

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

Julia G. Efremova

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: juliarem11@gmail.com

Irina V. Korystina

Chain of health food stores Vkusvill
Kulakova street 20/1, Moscow, 123592, Russian Federation
E-mail: ryabova.9@yandex.ru

The article discusses the creation of new functional products based on whey, enriched with plant components. For enrichment, preparations are proposed from seedlings of amaranth, wheat and milk thistle, which have antioxidant activity, which impart functional properties to the products. This will enrich the products with vitamins, dietary fiber, proteins, enzymes, macro- and microelements. A comparative characteristic of the functional and technological properties of finished products is given. The work describes the methods: seed germination, freeze-drying of seedlings and determination of antioxidant activity of finished product samples. As a result of the experiment, optimal concentrations of introduced wheat, milk thistle and amaranth sublimates were established, whey beverage formulations were developed, and the most favorable pasteurization regimes were determined. A comparative organoleptic assessment of the quality of the obtained products was also carried out, and microbiological indicators of product safety were investigated. The approaches proposed by the authors of this article made it possible to develop formulations and technologies for the production of whey-based drinks enriched with antioxidants, plant proteins, non-digestible fibers, enzymes, vitamins, macro- and microelements. The obtained products have functional properties: immunomodulatory (with sublimates of amaranth seedlings), hepatoprotective (with milk thistle seedlings), stimulating metabolism (with wheat seedlings).

Keywords: Serum, amaranth, wheat, sublimates, the sprouted seeds, serum drink

References

- Brykalov A.B., Pilipenko N.Yu. Biologicheski aktivnye rastitel'nye komponenty i ikh primeneniye v poluchenii napitkov iz molochnoi syvortki [Biologically active plant components and their use in the preparation of drinks from whey]. *Trudy kubanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Transactions of Kuban State University], 2011, no. 6 (33), pp. 79–83.
- Danil'chuk T.N., Rogov I.A., Demidov A.V. Ppovysheniye antioksidantnoi aktivnosti prorostkov zla-kovykh kul'tur pod vozeistviem infrakrasnogo izlucheniya [Increasing the antioxidant activity of cereal seedlings under the influence of infrared radiation]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 2014, no. 9, pp. 16–21.
- Ermakova E.E., Atabaeva Sh.A. Povremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya molochnoi promyshlennosti RF [The current state and development prospects of the dairy industry of the Russian Federation]. *Molodoi uchenyi* [Young scientist], 2014, no. 7, pp. 338–340. URL: <https://moluch.ru/archive/66/10957/> (accessed 08.08.2020).
- Gaponova L.B., Polezhaeva T.A., Volotovskaya N.V. Pererabotka i primeneniye molochnoi syvortki [Processing and use of whey]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2004, no. 7, pp. 52–53.
- Gur'eva O.V., Artyukhova S.I. Perspektivy proizvodstva produktov pitaniya novogo pokoleniya [Prospects for the production of food of a new generation]. *II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 75-letiyu fakul'teta tekhnologii molochnykh produktov Omskogo GAU* [2nd International scientific and

- practical conference, dedicated to the 75th anniversary of the faculty of dairy technology of the Omsk State Agrarian University, Omsk, 13–17 March, 2017]. Omsk, 2005, pp. 182–185.
- Ipatova L.G., Kozlov I.V., Gernet M.V. Razrabotka napitkov funktsional'nogo naznacheniya [The development of functional beverages]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 2009, no. 12, pp. 60–61.
- Khramtsov A.G., Vasilisin S.V. Promyshlennaya pererabotka vtorichnogo molochnogo syr'ya [Industrial processing of secondary milk raw materials]. Moscow: DeLi print, 2003. 100 p.
- Kravchenko E.F., Volkova T.A. Ispol'zovanie molochnoi syvorotki v Rossii i za rubezhom [The use of whey in Russia and abroad]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2005, no. 4, pp. 56–58.
- Ostroumov L.A., Gavrilov G.B. O sostave i svoistvakh molochnoi syvorotki [On the composition and properties of whey]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 2006, no. 8, pp. 47–48.
- Shidlovskaya V.P., Yurova E.A. Antioksidanty moloka i ikh rol' v otsenke ego kachestva [Milk antioxidants and their role in assessing its quality]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2010, no. 2, pp. 23–25.
- Tikhomirova N.A. Tekhnologiya i organizatsiya proizvodstva moloka i molochnykh produktov [Technology and organization of production of milk and dairy products]. Moscow: DeLi print, 2008. 560 p.
- Tutel'yan V.A., Lashneva N.V. Biologicheski aktivnye veshchestva prirodnogo proiskhozhdeniya. Fenol'nye kisloty: rasprostranennost', pishchevye istochniki, biodostupnost' [Biologically active substances of natural origin. Phenolic acids: prevalence, food sources, bioavailability]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues], 2008, no. 6, pp. 19–24.
- Zverev S.V., Zvereva N.S. Fizicheskie svoistva zerna i produktov ego pererabotki [Physical properties of grain and products of its processing]. Moscow: De Li Print, 2007. 176 p.
- Danilchuk T.N., Ganina V.I. Prospects of Using Extremely Low Doses of Physical Factors Impact in Food Biotechnology. *Foods and raw materials*, 2018, vol. 6, issue 2, pp. 305–313. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-305-313>
- Devasagayam T.P., Tilak J.C., Boloor K.K., Sane K.S., Ghaskadbi S., Lele R. Free Radicals and Antioxidants in Human Health: current Status and Future Prospects. *The Journal of the Association of physicians of India*, 2004, vol. 52, pp. 794–804.
- Kren V., Walterova D. Silybin and Silymarin - New Effects and Applications. *Biomedical Papers of the Medical Faculty of the University Palacky, Olomouc, Czechoslovakia*, 2005, vol. 149, issue 1, pp. 29–41.
- Wanjiku S.M. Antioxidant Status of South African Beverages and Its Role on the Chemical Parameters in Human Blood. *The Journal of the Association of physicians of India*, 2004, vol. 52, pp. 20–24.

Оценка иммуногенности и содержания антигена *A. ovis* экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины против анаплазмоза овец

Роман Витальевич Глушаков

ООО «ЕвроПак»

Адрес: 115088, город Москва, 3-Й Угрешский проезд, дом 8 строение 9

E-mail: roman_nv@mail.ru

Иван Александрович Василенко

ООО «ЕвроПак»

Адрес: 115088, город Москва, 3-Й Угрешский проезд, дом 8 строение 9

E-mail: zhannadark@mail.ru

Алексей Алексеевич Донских

ООО «ЕвроПак»

Адрес: 115088, город Москва, 3-Й Угрешский проезд, дом 8 строение 9

E-mail: alex.a.donskih@gmail.com

Михаил Павлович Щетинин

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Адрес: 125371, город Москва, Волоколамское шоссе, 11

E-mail: shchetininmihail@mgupr.ru

Анаплазмоз овец – кровепаразитарная трансмиссивная болезнь, вызываемая эндоглобулярным внутриэритроцитарным паразитом *Anaplasma*. Основные признаки анаплазмоза – анемия, исхудание, потеря продуктивности и нарушение воспроизводительной функции животных. Перспективным для профилактики анаплазмоза овец является вакцинация их адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакциной. Проведенные исследования позволили оценить иммуногенность экспериментального образца вакцины, изготовленной с использованием препаратов смешанных культур лейкоцитов от иммунизированных животных, и содержание антигена *A. ovis* с помощью ПЦР. Сравнение экспериментальных образцов культурально-клеточной вакцины до и после хранения по показателям иммуногенности и содержанию антигена *A. ovis* с экстраполяцией степени спонтанной инактивации вакцины с реальной длительностью хранения сроком 1 год показало, что вышеуказанные показатели не ухудшились.

Ключевые слова: анаплазмоз овец, *Anaplasma ovis*, вакцинация, вакцина

Введение

Анаплазмоз овец – кровепаразитарная трансмиссивная болезнь, вызываемая эндоглобулярным внутриэритроцитарным паразитом *Anaplasma ovis* Lestogard, 1924 (порядок Rickettsiales, семейство Anaplasmataceae). Основные признаки анаплазмоза – анемия, исхудание, потеря продуктивно-

сти и нарушение воспроизводительной функции животных. Патологическая картина при анаплазмозе связана с разрушением эритроцитов и нарушением эритропоэза. Степень зараженности эритроцитов, как правило, колеблется в диапазоне 3–40%, но может достигать 80%. Анаплазмоз наносит овцеводству значительный экономический ущерб. Основная эпизоотическая роль в распро-

странении анаплазмоза овец принадлежит треххозянному клещу *Dermacentor marginatus*, который весной, с первых дней выхода животных на пастбище, а также в третьей декаде августа и до конца октября нападает на них в стадии имаго (Кошкина, Чвалун, Колесников, Мишенина, 2007, с. 59; Кошкина, Колесников, Горячая, 2007, с. 79–83). Поэтому изыскание мер профилактики анаплазмоза овец, а именно создание вакцины, является актуальным.

Согласно «Инструкции по борьбе с анаплазмозом крупного и мелкого рогатого скота»¹ в целях предупреждения заноса анаплазмоза в хозяйство необходимо: не допускать ввода в организацию (хозяйство, ферму, отделение) больных анаплазмозом животных; систематически проводить борьбу с клещами на животных, особенно в ранневесенний, летний и осенний периоды; не менее 3–4 раз в год проводить дезинсекцию помещений, дворов, загонов и стоянок животных; уничтожать клещей-переносчиков на пастбищах путем проведения агрономических мероприятий и использования ядохимикатов в соответствии с действующими наставлениями по их применению. При установлении заболевания животных анаплазмозом на неблагополучную организацию (хозяйство, ферму, отару) накладывают ограничения и проводят следующие мероприятия: больных животных отделяют от здорового поголовья, лечат антибиотиками тетрациклинового ряда в соответствии с наставлениями по их применению; всех малоценных, переболевших анаплазмозом животных выбраковывают. Все вышеуказанные мероприятия приводят к существенным экономическим затратам хозяйства. Поэтому появление вакцины против анаплазмоза могло бы решить эти проблемы и было бы перспективным.

Исследования ученых в мире по созданию вакцин шли двумя путями: 1) с применением живых возбудителей (аттенуированные возбудители, возбудитель в минимальной заражающей дозе, малопатогенный – *A. centrale*); 2) с применением инактивированного возбудителя (адъювантные вакцины). Оказалось, однако, что применение для вакцинопрофилактики аттенуированного возбудителя приводит быстро к риверсии биологических свойств и его широкому в последующем распространению в природе. *A. centrale* же, считавшаяся ранее малопатогенной, оказалось патогенной для молодых (6–8 мес.) животных. Перспективнее в такой си-

туации создание адъювантных (инактивированных) вакцин, в качестве адъювантов использованы полный и неполный адъювант Фрейнда, ланолин, минеральные масла (Казаков, 2003, с. 124–128).

Также была показана возможность использования популяции *A. marginale*, выделенной из культуры клеток клеща, в качестве иммуногена для иммунизации голштинских телят. Авторы заключили, что популяция *A. marginale*, полученная из культуры клеток клещей, является перспективной для использования в качестве антигена при разработке более эффективной убитой вакцины против анаплазмоза (Демидова, 2005, с. 160–161; Kocan, Halbur, Blouin, Onet, la Fuente, Garcia-Garcia, Saliki, 2001, с. 151–161).

В ВИАВ в результате исследований В.Т. Заблоцкого, А.А. Казакова (2003), О.Е. Мальцевой (2004) и В.Т. Заблоцкого, Н.А. Казакова, З.П. Мутузкой² (2008) была разработана инактивированная эмульгированная вакцина против анаплазмоза крупного рогатого скота, которая используется также и для профилактики анаплазмоза мелкого рогатого скота в связи с тем, что *A. ovis* и *A. marginale* имеют общие антигенные детерминанты (Мальцева, 1998, с. 87–90; Заблоцкий, Казаков, 2003, с. 134–139; Мальцева, 2004).

В США используют живые вакцины, содержащие затухающие или менее патогенные штаммы *A. marginale* или *A. centrale*, для борьбы с клиническим анаплазмозом (Rogers, Dimmock, de Vos, Rodwell, 1988, с. 285–287). Эти вакцины основаны на принципе иммунитета, при котором устойчивость к повторной инфекции совпадает с сохранением первоначальной инфекции. У крупного рогатого скота, вакцинированного живой вакциной, развиваются стойкие инфекции, которые вызывают пожизненный защитный иммунитет у крупного рогатого скота, так что ревакцинация не требуется (Shkap, Leibovitz, Krigel, Molad, Fish, Mazuz, Fleiderovitz, Savitsky, 2008, с. 277–284). Хотя в целом использование живых вакцин не является законным в США, в настоящее время не существует одобренных Министерством сельского хозяйства США вакцин для защиты от анаплазмоза или снижения тяжести заболевания. Экспериментальная убитая вакцина доступна в 14 штатах США, но нет данных об эффективности этой вакцины (Aubry, Geale, 2011, с. 1–30). Инактивирован-

¹ Инструкция по борьбе с анаплазмозом крупного и мелкого рогатого скота // Ветеринарное законодательство / под общей ред. А.Д. Третьякова. М.: Изд-во «Колос», 1973. Т. 1. С. 366–367.

² Способ изготовления антигена для приготовления вакцины против анаплазмоза крупного и мелкого рогатого скота, способ изготовления вакцины против анаплазмоза, вакцина против анаплазмоза и способ профилактики анаплазмоза крупного и мелкого рогатого скота: пат. 2337706 Рос. Федерация. МПКА61K39/00 / Казаков Н.А., Заблоцкий В.Т., Мутузкая З.П.; опубл. 10.10.2008.

ные вакцины, содержащие очищенные *A. marginale* из эритроцитов являются дорогостоящими в производстве, может иметь потенциал, чтобы вызвать эритролиз после повторного введения, имеют неизвестную эффективность против гетерологичных штаммов, и обычно, требуют ежегодной ревакцинации (Kocan, de la Fuente, Guglielmone, Meléndez 2003, с. 698–712).

Исследование, проведенное Andrew K. Curtis с соавторами (Curtis, Reif, Kleinhenz, Martin, Skinner, Kelly, Jones, Schaut, Reppert, Montgomery, Narasimhan, Anantatat, Jaber-Douraki, Coetzee, 2020) показало эффективность набора ушных имплантатов вакцины s.c., которые устанавливались на 21 месяц до начала болезни. В будущем работа может также установить оптимальную адъювантную концентрацию для того, чтобы достичь высокой иммуногенности без отторжения имплантата.

Consuelo Almazán с соавторами (Almazán, Šimo, Fourniol, Rakotobe, Borneres, Cote, Peltier, Mayé, Versillé, Richardson, Bonnet, 2020, p. 1–16) были разработаны синтетические пептидные вакцины для иннервирования нейропептидов слюнных желез *Ixodes ricinus*, которые были протестированы на защитный иммунитет против нимф или личинок, инфицированных *Anaplasma phagocytophilum* у мышей и овец, соответственно.

Несмотря на изыскания ученых в настоящее время не выпускается эффективная вакцина против анаплазмоза мелкого рогатого скота. Поэтому ее производство было бы актуальным. Так как по данным литературы в связи с изменением климата в последние два года на территории Северо-Кавказского и Южного федеральных округов наблюдается резкое увеличение заболеваемости мелкого рогатого скота анаплазмозом (Логвинов, Тохов, Луцук, 2014, с. 115–117). Ранее летальные исходы от анаплазмоза овец в острой фазе встречались в виде исключений, однако в последние годы отмечают неуклонное повышение смертности инфицированных животных, достигающее до 80%. Гибель животных обусловлена анемией и анорексией (Логвинов, Михайленко, Луцук, 2013, с. 142–145).

По данным департамента животноводства и племенного дела Минсельхоза РФ, в настоящее время поголовье овец в РФ превышает 24 млн. голов.

Очевидно, что наличие эффективной отечественной технологии производства вакцины против анаплазмоза на основе перевиваемой культуры клеток позволит в короткий срок произвести и испытать новую вакцину, не создавая риска распространения

инфекционного агента. Реализация целей такой работы способно внести вклад в повышение конкурентоспособности отечественных производителей ветеринарных вакцин, будет способствовать повышению эффективности отечественного овцеводства.

В связи с изложенным, целью работы был контроль качества вакцины, созданной на перевиваемой клеточной линии клеща *D. marginatus*, несущего *A. ovis* в качестве стабильно передаваемого по наследству внутриклеточного паразита и оценка иммуногенности экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины, изготовленной согласно Лабораторному технологическому регламенту от «11» июня 2019 г. с использованием препаратов смешанных культур лейкоцитов от иммунизированных животных в соответствии с требованиями Лабораторной методики оценки иммуногенной активности препарата клеточной культуры.

В данной статье представлены данные литературы по разработанности вакцин против анаплазмоза мелкого рогатого скота и контроль качества разработанной нами вакцины после определенных условий ее хранения.

Цели исследования. Целью научно-исследовательской работы являлась разработка и предварительная (частичная) валидация методики хранения экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины против *Anaplasma ovis*, изготовленной с использованием препаратов смешанных культур лейкоцитов от иммунизированных животных в соответствии с требованиями Лабораторной методики оценки иммуногенной активности препарата клеточной культуры.

Литературный обзор

Гранулоцитарный анаплазмоз у сельскохозяйственных животных известен достаточно давно. Первые упоминания о «клещевой лихорадке» коз, овец и телят относятся к 1780 году (Schnabel, 1912; Grøva, 2011). В 1932 году это заболевание было описано у овец в Шотландии (Gordon, Brownlee, Wilson, Macleod, 1932, p. 301–307). В 1940 году в моноцитах и гранулоцитах больных овец был выявлен возбудитель, названный *Ehrlichia phagocytophila* (Gordon, Brownlee, Wilson, 1940, p. 362–363; Woldehivet, 1983, p. 163–175). В 50–70-х годах «пастбищная лихорадка», причиной которой являлась *E. phagocytophila*, была описана у крупного рогатого скота и овец в Англии (Hudson, 1950, p. 3–17; Woldehivet, 1983, p. 163–175), Ирлан-

дии (Collins, Hannan, Ferguson, 1970, p. 162–164; Nair, Cheng, Ganta C.K., Sanderson, Alleman, Munderloh, Ganta R.R., 2016, p. 1–21; Woldehivet, 2010, p. 108–122) и Финляндии (Tuomi, 1967, p. 429–445; Woldehivet, 1983, p. 163–175). В 1994 году в США был открыт гранулоцитарный анаплазмоз человека, описанный под названием «гранулоцитарный эрлихиоз человека» (Chen, Dumler, Bakken, Walker, 1994, p. 589–595). Обнаружение того факта, что причиной ГАЧ является возбудитель, близко родственный возбудителю «клещевой лихорадки» жвачных, а также уникальная способность этих микроорганизмов поражать нейтрофилы и размножаться в них вновь вызвали повышение научного интереса, результатом чего стало появления большого количества информации об их молекулярной биологии и патобиологии (Woldehivet, 2010, p. 108–122). Кульминацией стало обозначение трёх видов как 12 вариантов единого вида *Anaplasma phagocytophilum* (Dumler, Barbet, Bekker, Dasch, Palmer, Ray, Rikihisa, Rurangirwa, 2001, p. 2145–2165), основанное на их генетическом и антигенном родстве, тропности к нейтрофилам и сходной морфологии.

Наиболее важным фактором передачи анаплазм являются иксодовые клещи рода *Ixodes* и *Dermacentor*. В Европе основными природными резервуарами для анаплазм служат рыжая лесная полевка, желтогорлая мышь, обыкновенная бурозубка, а также косуля и благородный олень (Diniz, Breitschwerdt, 2012, p. 244–254). Зараженность полевков на территории Западной Сибири составила 38,9% (Rar, Epikhina, Yakimenko, Malkova, Tancev, Bondarenko, Ivanov, Tikunova, 2014, p. 854–863). Помимо наземных млекопитающих, важную роль в распространении инфицированных клещей могут играть птицы (Bjöersdorff, Bergström, Massung, Haemig, Olsen, 2001, p. 877–879).

Радикальная профилактика, включающая борьбу с переносчиками, дорогостоящая и сложная, а в ряде случаев трудновыполнимая (Никольский, Глухов, 1956, с. 49–56). Лечение ограничено единственно эффективными тетрациклинами. Поэтому естественным было стремление протозоологов создать специфические средства борьбы с анаплазмозом. С этой целью в первую очередь использовали для крупного рогатого скота: инъекции живых возбудителей *A. marginale*, либо аттенуированных, либо малопатогенных штаммов. Как показала практика, применение аттенуированных штаммов анаплазм часто сопровождалось риверсией к исходным биологическим свойствам и, соответственно, к значительному распространению болезни (Казаков, 2003, с. 124–128; Георгиу, 2013, с. 30–34). Второй путь заключался в использовании инактивированных возбудителей (*A. marginale*, *A. ovis*).

Исследования ученых в мире по созданию вакцин шли двумя путями: 1) с применением живых возбудителей (аттенуированные возбудители, возбудитель в минимальной заражающей дозе, малопатогенный – *A. centrale*); 2) с применением инактивированного возбудителя (адъювантные вакцины). Оказалось, однако, что применение для вакцинопрофилактики аттенуированного возбудителя приводит быстро к риверсии биологических свойств и его широкому в последующем распространению в природе. *A. centrale* же, считавшаяся ранее малопатогенной, оказалось патогенной для молодых (6–8 мес.) животных. Перспективнее в такой ситуации создание адъювантных (инактивированных) вакцин, в качестве адъювантов использованы полный и неполный адъювант Фрейнда, ланолин, минеральные масла (Казаков, 2003, с. 124–128).

Также была показана возможность использования популяции *A. marginale*, выделенной из культуры клеток клеща, в качестве иммуногена для иммунизации 11 годовалых голштинских телят, а 11 телят служили контролем для контакта с иммунизированными животными. Дополнительно 10 телят иммунизировали антигеном *A. marginale*, полученным из эритроцитов. Каждая доза вакцины содержала примерно 2×10^{10} *A. marginale* с масляным адъювантом. 2 иммунизации были выполнены подкожно с интервалом в 4 нед., а через 10 недель после 2-й иммунизации животным инъектировали зараженную *A. marginale* кровь. Максимальные титры антител были выявлены через 2 недели после последней иммунизации, они были выше ($P < 0,01$) в группе животных, иммунизированных антигенами из инфицированной культуры клеток по сравнению с группой, вакцинированной антигенами из эритроцитов. У скота, естественно инфицированного *A. marginale*, вырабатывались антитела к обоим антигенам. У животных, иммунизированных антигеном из культуры клеток, и неиммунизированных после контрольного заражения отмечено существенное различие в значениях гематокрита $25,8 \pm 5,9\%$ против $34,7 \pm 10,8\%$ ($P < 0,05$) соответственно, при этом у опытных животных не отмечали клинического анаплазмоза. Авторы заключили, что популяция *A. marginale*, полученная из культуры клеток клещей, является перспективной для использования в качестве антигена при разработке более эффективной убитой вакцины против анаплазмоза (Демидова, 2005, с. 160–161; Kocan, 2001, p. 151–161).

В ВИЭВ в результате исследований В.Т. Заблоцкого, А.А. Казакова (2003), О.Е. Мальцевой (2004) и В.Т. Заблоцкого, Н.А. Казакова, З.П. Мутузкиной (2008) была разработана инактивированная эмульгированная вакцина против анаплазмоза крупно-

го рогатого скота, которая используется также и для профилактики анаплазмоза мелкого рогатого скота в связи с тем, что *A. ovis* и *A. marginale* имеют общие антигенные детерминанты (Мальцева, 1998, с. 87–90; Заблочкий, Казаков, 2003, с. 134–139). Этому предшествовала работа по изучению вирулентных и иммуногенных свойств штаммов анаплазм, выделенных в различных регионах страны. При этом была установлена иммунологическая идентичность изучаемых штаммов возбудителя *A. marginale* (Кадомского, Калининградского, Ставропольского и др.), что позволило готовить вакцину для всей страны из одного штамма возбудителя.

Испытание вакцины в экспериментальных и производственных условиях на крупном рогатом скоте различных пород в возрасте от 2 месяцев и старше показало, что она безвредна, слабореактогенна и высокоиммуногенна. Защищает 85 % привитых животных от клинически выраженного заболевания анаплазмозом. Вакцину вводят подкожно двукратно с интервалом 45 дней. Иммунитет формируется к 45-му дню после ревакцинации и сохраняется в течение 12 месяцев.

О.Е. Мальцевой (2004) была изучена специфичность и напряженность иммунитета при анаплазмозе в зависимости от адъюванта вакцины (смесь из безводного ланолина и легкого минерального масла). Были проведены производственные испытания опытной серии инаktivированной эмульгированной вакцины из антигена *A. marginale* на основе универсального адъюванта (ВНИИЗЖ) на крупном рогатом скоте и овцах.

Изучение эффективности и реактогенных свойств опытной серии вакцины против анаплазмоза осуществляли после проверки на стерильность и безвредность. Убедившись, что вакцина не контаминирована бактериальной микрофлорой и безвредна для белых мышей, использовали её для экспериментального испытания на подопытных животных.

Экспериментальные и производственные испытания опытной серии инаktivированной эмульгированной вакцины на основе адъюванта (ВНИИЗЖ) на эффективность и реактогенность на молодняке крупного рогатого скота в Гиссарской долине Республики Таджикистан показали, что она в дозах 0,2 мл внутрикожно и 1–2 мл подкожно оказалась реактогенной в дозе 0,2 мл, слабо реактогенной в дозе 1 мл и умеренно реактогенной в дозе 2 мл. Вакцина оказалась слабоэффективной в дозе 0,2 мл и высокоэффективной в дозах 1 и 2 мл и умеренно реактогенной в дозе 1 мл подкожно (Рахимов, 2011).

По данным зарубежных исследований, иммунизация лабораторных мышей против адгезин-связывающих доменов *Anaplasma phagocytophilum* обеспечивает защиту от инфекции (Naimi, Gumpf, Green, Izac, Zellner, Conrad, Marconi, Martin, Carlyon, Palmer, 2020, p.1–36.). Последующее исследование подтвердило, что иммунизация только против связывающего домена AirA или Asp14 была достаточной для снижения бактериальной нагрузки периферической крови у мышей после вызова и выявления антител, ингибирующих клеточную инфекцию *A. phagocytophilum in vitro*.

В США используют живые вакцины, содержащие затухаемые или менее патогенные штаммы *A. marginale* или *A. centrale*, для борьбы с клиническим анаплазмозом (Rogers, Dimmock, de Vos, Rodwell, 1988, p. 285–287). Эти вакцины основаны на принципе иммунитета, при котором устойчивость к повторной инфекции совпадает с сохранением первоначальной инфекции. У крупного рогатого скота, вакцинированного живой вакциной, развиваются стойкие инфекции, которые вызывают пожизненный защитный иммунитет у крупного рогатого скота, так что ревакцинация не требуется (Shkap, Leibovitz, Krigel, Molad, Fish, Mazuz, Fleiderovitz, Savitsky I, 2008, p. 277–284). Хотя в целом использование живых вакцин не является законным в США, в настоящее время не существует одобренных Министерством сельского хозяйства США вакцин для защиты от анаплазмоза или снижения тяжести заболевания. Экспериментальная убитая вакцина доступна в 14 штатах США, но нет данных об эффективности этой вакцины (Aubry, Geale, 2011, p. 1–30). Инаktivированные вакцины, содержащие очищенные *A. marginale* из эритроцитов являются дорогостоящими в производстве, может иметь потенциал, чтобы вызвать эритролиз после повторного введения, имеют неизвестную эффективность против гетерологичных штаммов, и обычно, требуют ежегодной ревакцинации (Kocan, de la Fuente, Guglielmone, Meléndez, 2003, p. 698–712).

Исследование, проведенное Andrew K. Curtis с соавторами (2020) показало эффективность набора ушных имплантатов вакцины s.c., которые устанавливались на 21 месяц до начала болезни. В будущем работа может также установить оптимальную адъювантную концентрацию для того, чтобы достичь высокой иммуногенности без отторжения имплантата.

Consuelo Almazán с соавт. (2020) были разработаны синтетические пептидные вакцины для иннервирования нейропептидов слюнных желез *Ixodes ricinus*, которые были протестированы на защит-

ный иммунитет против нимф или личинок, инфицированных *Anaplasma phagocytophilum* у мышей и овец, соответственно.

В связи с изменением климата в последние два года на территории Северо-Кавказского и Южного федеральных округов наблюдается резкое увеличение заболеваемости мелкого рогатого скота анаплазмозом овец (Логвинов, Тохов, Луцук, 2014, с. 115–117). Ранее летальные исходы от анаплазмоза овец в острой фазе встречались в виде исключений, однако в последние отмечают неуклонное повышение смертности инфицированных животных, достигающее до 80%. Гибель животных обусловлена анемией и анорексией (Логвинов, Михайленко, Луцук, 2013, с. 142–145).

По данным департамента животноводства и племенного дела Минсельхоза РФ, в настоящее время поголовье овец в РФ превышает 24 млн. голов.

Очевидно, что наличие эффективной отечественной технологии производства вакцины против анаплазмоза на основе перевиваемой культуры клеток позволит в короткий срок произвести и испытать новую вакцину, не создавая риска распространения инфекционного агента. Реализация целей такой работы способно внести вклад в повышение конкурентоспособности отечественных производителей ветеринарных вакцин, будет способствовать повышению эффективности отечественного овцеводства. В связи с изложенным, целью работы был контроль качества вакцины, созданной на перевиваемой клеточной линии клеща *D. marginatus*, несущего *A. ovis* в качестве стабильно передаваемого по наследству внутриклеточного паразита и оценка иммуногенности экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины, изготовленной согласно Лабораторному технологическому регламенту от «11» июня 2019 г. с использованием препаратов смешанных культур лейкоцитов от иммунизированных животных в соответствии с требованиями Лабораторной методики оценки иммуногенной активности препарата клеточной культуры.

Теоретическое обоснование

Методика хранения экспериментального образца вакцинной субстанции предназначена для обе-

спечения надлежащего хранения полученного опытного экспериментального образца культурально-клеточной вакцины - вакцинной субстанции, необходимой для производства готовой формы инактивированной культурально-клеточной вакцины против анаплазмоза овец *A. ovis* в условиях опытно-промышленного производства.

Методика должна устанавливать требования к помещениям для хранения культурально-клеточной вакцины против анаплазмоза овец, регламентировать условия хранения культурально-клеточной вакцины и распространяться на производителей культурально-клеточной вакцины, организации оптовой торговли, аптечные организации, медицинские и иные организации, осуществляющие деятельность при обращении лекарственных средств, индивидуальных предпринимателей, имеющих лицензию на фармацевтическую деятельность или лицензию на медицинскую деятельность.

Данная методика была разработана с учетом того, что российское законодательство не содержит понятия «ветеринарные препараты». В Законе РФ от 14 мая 1993 г. № 4979–1 «О ветеринарии»³ используется термин «лекарственные средства для животных». Поэтому основным документом, регулирующим отношения по реализации лекарственных средств, в том числе предназначенных для животных, является Федеральный закон от 12 апреля 2010 г. № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств»⁴ (в редакции Федерального закона от 29 ноября 2010 г. № 313-ФЗ, действующей с 1 января 2011 года). Об этом свидетельствуют и нормы Классификатора продукции ОК 005–93 (утвержден постановлением Госстандарта России от 30 декабря 1993 г. №301). В нем ветеринарные препараты входят в группу «Медикаменты, химико-фармацевтическая продукция и продукция медицинского назначения» (код 93 0000).

Выполнение НИР по разработке методики хранения экспериментального образца вакцинной субстанции проводили в ООО «Иннотех».

Целью научно-исследовательской работы являлась разработка и предварительная (частичная) валидация методики хранения экспериментального образца вакцинной субстанции, выполненная в соответствии с Техническими требованиями к Согла-

³ О ветеринарии (с изменениями на 8 декабря 2020 год): Федер. закон [принят Гос. Думой 14. 05.1993]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9004249> (дата обращения: 13.08.2020).

⁴ Об обращении лекарственных средств: Федер. закон [принят Гос. Думой 24. 03.2010]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99350/ (дата обращения: 13.08.2020).

шению №074–11–2018–017. Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи:

1. Оценка иммуногенности экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины, изготовленной согласно Лабораторному технологическому регламенту от «11» июня 2019 г. с использованием препаратов смешанных культур лейкоцитов от иммунизированных животных в соответствии с требованиями Лабораторной методики оценки иммуногенной активности препарата клеточной культуры.
2. Оценка содержания антигена *A. ovis* в экспериментальном образце адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины с использованием Лабораторной методики количественного определения *A. ovis* с помощью ПЦР в реальном времени.
3. Закладка экспериментальных образцов адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины.
4. Извлечение и вскрытие экспериментальных образцов адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины.
5. Подготовка и оформление методики хранения экспериментального образца вакцинной субстанции.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на базе лаборатории ООО «Иннотех» со следующим оборудованием: бокс для работы с патогенами 3-ей группы опасности, роллерные установки, автоклавы, термоциклеры с системой оптической детекции в реальном времени, проточный цитофлуориметр FACS Calibur.

В качестве исходного материала для выполнения работ ООО «Иннотех» были использованы следующие материалы:

1. Экспериментальный образец культурально-клеточной вакцины, наработанный ООО «ЕвроПак» согласно Акту №1 от 13.06.2019 г.;
2. Препараты смешанных культур лейкоцитов от иммунизированных животных;
3. Лабораторный технологический регламент от «11» июня 2019 г.;
4. Лабораторная методика оценки иммуногенной активности препарата клеточной культуры от 05.12.2018 г., разработанная ООО «ГК «НАШ МИР»;
5. Лабораторная методика количественного определения *A. ovis* с помощью ПЦР в реальном

времени от 10 октября 2018 г., разработанная ФГБОУ ВО МГУПП.

Для проведения исследований по оценке иммуногенности экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины, изготовленной согласно Лабораторному технологическому регламенту от «11» июня 2019 г., использовали препараты смешанных культур лейкоцитов от иммунизированных животных в соответствии с требованиями Лабораторной методики оценки иммуногенной активности препарата клеточной культуры от 05.12.2018 г.

Для проведения исследований для оценки содержания антигена *A. ovis* в экспериментальном образце адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины, изготовленной согласно Лабораторному технологическому регламенту от «11» июня 2019 г., использовали Лабораторную методику количественного определения *A. ovis* с помощью ПЦР в реальном времени от 10 октября 2018 г.

Из очищенной клеточной суспензии объемом 100 мл, полученной со стадии очистки от иммуногенных примесей, с помощью автоматической пипетки номинальным объемом 200 мкл с поверенной точностью отбирали 100 мкл суспензии, обращая внимание на предварительную гомогенизацию суспензии перед отбором пробы. Очистку суммарной геномной ДНК из клеточной суспензии проводили при помощи сорбентного метода, используя реагент ExtractDNA в соответствии с инструкцией. Полученную ДНК растворяли в 10 мкл деионизированной воды. Препараты ДНК хранили при температуре –70°C не более 1 недели. Спектрофотометрический или электрофоретический анализ образцов должен подтверждать, что большинство образцов не содержит характерных полос рибосомной РНК, а представляет собой стохастический набор полос с максимумом концентрации в диапазоне 0,7 т.п.н. Непосредственно перед выделением полученный биоматериал осаждали центрифугированием в течение 5 мин. Из пробирки тщательно удаляли супернатант, представляющий собой раствор фиксатора IntactRNA (латер) и вносят 200 мкл лизирующего раствора (из набора «Проба–ГС»), образец тщательно перемешивали и выдерживали в течение 1 мин при комнатной температуре. Далее в пробирку с образцом вносили 100 мкл водонасыщенного фенола и 100 мкл смеси хлороформа и изоамилового спирта (24:1). Содержимое тщательно перемешивали на вортексе и инкубировали в течение 5 мин при комнатной температуре, периодически повторяя перемешивание.

Пробирки центрифугировали при 13 000 g в течение 10 мин, органической фазы и интерфазы на поверхности раздела фаз, отбирали супернатант, и переносили в чистую пробирку. Добавляли 200 мкл смеси хлороформа и изоамилового спирта (24:1).

Центрифугировали при 13 000 g в течение 5 мин. Отбирали супернатант и переносили в чистую микропробирку объемом 1,5 мл. К супернатанту добавляли чистый изопропиловый спирт объемом 200 мкл (или в пропорции 1:1 по отношению к собранной водной фазе), перемешивали содержимое 5–6-кратным переворачиванием пробирки. Пробирки центрифугировали при 13 000 g в течение 10 мин. Супернатант тщательно удаляли с помощью водоструйного насоса. Осадок промывали 100 мкл 70% этиловым спиртом и высушивали при температуре 50°C при открытой крышке пробирки в течение 5 мин. К осадку добавляли 16,5 мкл деионизированной воды, закрывали крышки пробирок и инкубировали при температуре 50°C в течение 5 мин. Пробирки встряхивали на вортексе, добиваясь полного растворения. Препараты геномной ДНК хранят при температуре –20°C не больше 2 месяцев. Полученные препараты ДНК обрабатывали РНКазой. Для этого к препарату суммарных нуклеиновых кислот объемом 15,5 мкл добавляли препарат панкреатической РНКазы объемом 1 мкл, содержащий 1–5 ед. ферментативной активности. Смесь инкубировали при 37°C в течение 30 мин. Анализировали в суммарной геномной ДНК наличие специфического ДНК-маркера анаплазм MSP4. Кроме того, проводили оценку содержания суммарной бактериальной ДНК с помощью теста

КВМ (контроль взятия материала), который входит в состав набора «Дентофлор» производства ООО «ДНК-Технология». КВМ представляет собой тест для определения количества 16S-рДНК в биологическом материале.

ПЦР проводили в объеме 20 мкл на термоциклере с оптической системой детекцией ДТ-Прайм (ДНК-Технология, Москва). В реакции использовали по 0,25 мкМ каждого праймера и 5 мкл образца ДНК. Для калибровки ПЦР использовали плазмиду, содержащую амплифицированный фрагмент гена MSP4 *A. ovis* с праймерами Msp4-For1 и Msp4-Rev1 длиной 134 п.н. Стандарты плазмиды привели в форму серийных разведений от 10¹⁰ до 10 копий на образец. После этого проводили ПЦР по вышеописанному протоколу и строили график зависимости порогового цикла Ct от количества плазмиды (копий на образец) (Рисунок 1). С помощью описанных графиков рассчитывали количество бактерий на образец. При этом принимали в расчет, что количество рибосомных оперонов на клетку для *A. ovis* составляет 2. Количество бактериальных тел на образец умножали на 200, с учетом соотношения объемов.

Численность бактериальных тел *A. ovis* в образце выражали в терминах медианы и интерквартильного диапазона. Для определения содержания общего белка в очищенной клеточной суспензии использовали модифицированный метод Лоури с использованием бицинхониновой кислоты. Для построения калибровочного графика использовали серию разведений бычьего сывороточного альбумина (Promega), поставляемого в виде раствора

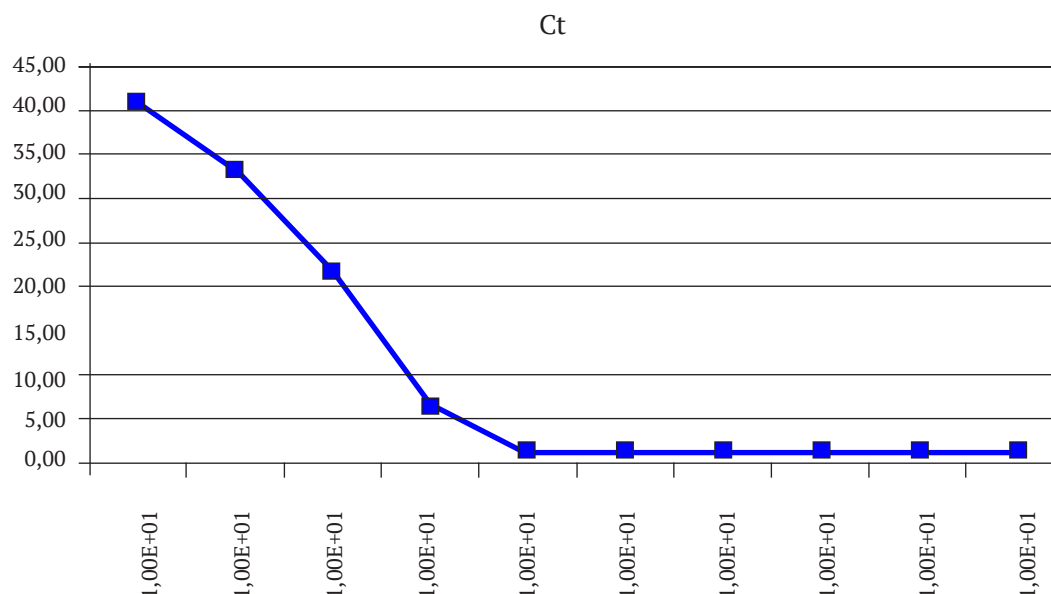


Рисунок 1. Калибровочный график зависимости величины ACt от копийности фрагмента гена MSP4 *A. ovis*, построенный с использованием клонированного в плазмиде фрагмента гена

с концентрацией 10 мг/мл. Для определения общего содержания белка в анализируемом растворе получали рабочий раствор смешением реагента А и реагента В в соотношении 50:1. В микробиологический планшет вносили 10 мкл исследуемого раствора клеточной суспензии. Затем добавляли 200 мкл рабочего раствора реагента. Перемешивали смесь в течение 30 секунд и инкубировали при 37°C в течение 1 часа. Измеряли A595 на планшетном спектрофотометре Униплан (Пикон). Концентрацию общего белка клеточной суспензии определяли по калибровочному графику. С использованием полученных данных измерения содержания бактериальных тел *A. ovis* и общего белка вычисляли следующие величины:

1. Объем суспензии, соответствующий 10 мг общего белка – количество субстанции, необходимое для изготовления 1 дозы ККВ;
2. Содержание специфических антигенов *D. marginatus* и *A. ovis* в расчете на дозу ККВ – 5 мг, не менее.
3. Содержание бактериальных тел *A. ovis* в расчете на дозу ККВ.

Таблица 1

Результаты анализа изменения содержания транскриптов CD3, CD4, CD8 и CD20 с помощью ПЦР в реальном времени в смешанных популяциях лейкоцитов от мышей, иммунизированных эталонным образцом КККВ, после стимуляции ЭО КККВ №1 *in vitro*

А)

Маркер	Неиммунные животные		Иммунные животные	
	АГ -	АГ +	АГ -	АГ +
CD3	25,8	26,5	27,4	23,5
	26,6	26,6	27,5	23,6
	25,9	26,5	27,3	22,7
CD4	29,2	28,5	29,4	25,6
	28,5	28,5	28,4	25,7
	29,2	28,7	28,5	25,8
CD8	30,4	29,8	29,3	26,7
	29,8	30,0	29,4	26,8
	29,7	30,0	29,5	26,9
CD20	22,5	22,7	21,3	19,9
	22,9	23,0	21,5	20,1
	22,3	22,4	24,4	21,4

Б)

маркер	Неиммунные животные		Иммунные животные	
	Прирост ACt	СКО	Прирост ACt	СКО
CD3	-0,4	0,3	4,1	2,1
CD4	0,4	0,3	3,1	1,5
CD8	0,0	0,2	2,6	1,3
CD20	-0,1	0,2	1,9	1,0

Результаты

Проведенное исследование позволило количественно измерить скорость увеличения численности лимфоцитов в целом, Т-хелперов и В-лимфоцитов в ответ на стимуляцию экспериментальным образцом культурально-клеточной вакцины №1 в стандартной дозировке 45 мг/мл.

Результаты исследований по оценке иммуногенности экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины представлены в Таблице 1.

В ячейках Таблицы 1 А) приведены величины относительных Ct (за вычетом нормировочного сигнала KBM), Б) величины прироста относительных Ct (за вычетом нормировочного сигнала KBM) усредненные для двух пулов, сформированных для каждой группы крыс и среднее квадратичное отклонение, вычисленное для трех повторностей.

Результаты ПЦР теста были воспроизведены с помощью измерения содержания в смешанной по-

Таблица 2

Результаты анализа изменения содержания доли клеток с фенотипом CD3, CD4, и CD20 в смешанных популяциях лейкоцитов от мышей, иммунизированных эталонной КККВ, после стимуляции ЭО №1 in vitro в дозировке в дозировке 45 мг/мл. В ячейках таблицы приведено количество сигналов (тыс. за 10 мин. измерения)

Источник СКЛ	Маркер	Без стимуляции АГ		После стимуляции АГ		Прирост	Коэффициент вариации
		Q4	Q3	Q4	Q3		
Неиммунные животные	CD3	276,2	28,9	261,6	44,8	24,9%	5,4%
	CD4	293,3	21,0	252,7	21,5	-5,8%	2,2%
	CD20	266,9	50,7	250,0	48,1	-5,8%	2,8%
Иммунные животные	CD3	234,2	29,0	304,6	96,5	131,7%	4,6%
	CD4	236,8	21,0	297,4	94,8	188,3%	5,2%
	CD20	244,1	38,2	263,6	102,3	87,7%	5,0%

пуляции лейкоцитов клеток с маркерами CD3, CD4 и CD20 методом проточной цитофлуориметрии (Таблица 2).

В совокупности, полученные данные позволили оценить иммуногенность ЭО по интенсивности воздействия ЭО в момент закладки на хранение на клеточную и гуморальную компоненты иммунного ответа с использованием стандартных образцов смешанных культур лейкоцитов, полученных ранее в ходе разработки Лабораторной методики оценки иммуногенной активности препарата клеточной культуры от 05.12.2018 г.

Оценку содержания антигена *A. ovis* в экспериментальном образце адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины проводили с помощью ПЦР по вышеописанному протоколу и строили график зависимости порогового цикла Ct от количества плазмиды (копий на образец) (Рисунок 1).

В ходе разработки настоящей Лабораторной методики было установлено, что выход ПЦР составляет 96,5% от теоретически возможного, т.к. функция зависимости ACt от копийности в диапазоне от 102 до 105 копий на образец описывается функцией LOG1,81. Стандартная ошибка при воспроизведении в трёх параллельных повторностях составила 0,09 цикла.

С использованием построенного калибровочного графика было установлено, что содержание антигена *A. ovis* в экспериментальном образце №1 составляет $1,1 \cdot 10^8$ ф.о.е. в мл (ACt=7,44). Измерение проведено на линейном участке калибровочного графика.

Далее для оценки стабильности экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины, изготовленного согласно Лабораторному технологическому регламенту от «11» июня 2019 г., была проведена закладка на хранение укупоренных флаконов с экспериментальным образцом вакцинной субстанции 18.06.2019 г.

Закладка на хранение осуществлялась при следующих условиях: Нормативные условия Испытания стабильности: 5 суток; Температура хранения: 4°–6°С; Вид упаковки: Стекланные флаконы с препаратом, объемом 500 мл.

24 июня 2019 г. по истечении срока хранения экспериментального образца, было проведено извлечение и вскрытие флаконов с экспериментальными образцами адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины, изготовленными согласно Лабораторному технологическому регламенту от «11» июня 2019 г. и заложенными на хранение 18 июня 2019 г.

Из каждого из трех флаконов отбирали два образца объемом 1 мл раствора, помещали в ампулы объемом 5 мл (ГОСТ 2386–73⁵), по чистоте предназначенные для инъекционных лекарственных средств (обработаны в соответствии с Методическими указаниями МУ 42–51–1–93 и МУ 42–51–26–93 с изменениями, внесенными в Методические указания МУ 64–09–001–2002 – утверждены распоряжением Минпромнауки РФ от 15.04.2003 N P-14) и высушивали в вакуумном эксикаторе с показателем остаточного давления не выше 1 мм рт. ст. После испарения жидкости ам-

⁵ ГОСТ 2386–73. Ампулы уловней. Технические условия. М.: Стандартинформ, 1998. 23 с.

пулы трижды взвешивали на аналитических весах CasCaux-220 (точность взвешивания 0,1 мг) с 20-и минутным интервалом, отмечая изменение массы. Данную процедуру повторяли до прекращения уменьшения массы. Процент остаточных органических растворителей определяли по формуле:

$$\%p = \frac{M_n - M_k}{M_n} \cdot 100;$$

M_n – масса ампулы с образцом до вакуумирования;

M_k – масса ампулы с образцом по достижению постоянного веса.

В три ампулы, извлеченные из эксикатора (по одной на каждую закладку, извлеченную из хранения), немедленно заливали 1 мл деионизованного водного ацетонитрила квалификации «для масс-спектрометрии» с добавлением 0,1% трифторуксусной кислоты, растворяли в течение 30 мин. В качестве аналитического метода использовали масс-спектроскопию MALDI-TOF MS/MS/

По 500 мкл раствора вводили в ESI-источник с помощью шприцевого насоса, скорость потока составляла 3 мк/мин. Анализ положительно и отрицательно заряженных ионов проводили при следующих условиях детектирования: давление азота в небулайзере (распылителе) 0,4 Бар (5,8 psi), напряжение на капилляре 4,5 кВ, температура источника 180°C и скорость потока осушающего газа 4,0 л/мин. Инструмент калибровали с помощью 1% калибровочного раствора для ESI (Sigma-Aldrich, Швейцария) в 95% водном AcCN. Точность измерений составляла 2,2 ppm в интервале масс между 270,086255 и 293,894829. Для измерений использовали растворители с содержанием более 98%, предназначенные для LC-MS.

Результаты обработки данных масс-спектрометрического анализа экспериментального образца

культурально-клеточной вакцины представлены в Таблице 3.

Помимо масс-спектрометрического анализа образцов, изъятых из хранения, был так же выполнен анализ экспериментального образца вакцинной субстанции по всем нормативным спецификациям (Таблица 4).

Представленные в Таблицах 3 и 4 данные с использованием методов масс-спектрометрии и спектрофлуориметрии, а также проведенный микробиологический высеив показали, что экспериментальный образец вакцинной субстанции сохраняет заданную стабильность при хранении при нормативных условиях (4–6°C): содержание основного действующего вещества в течение всего гарантийного срока хранения оказывается не ниже установленного значения 98,5%.

Для проведения исследований по оценке иммуногенности экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины, изготовленной согласно Лабораторному технологическому регламенту от «11» июня 2019 г., после хранения в период с 18.06.2019 по 23.06.2019 г. и изучения стабильности, использовали препараты смешанных культур лейкоцитов от иммунизированных животных в соответствии с требованиями Лабораторной методики оценки иммуногенной активности препарата клеточной культуры от 05.12.2018 г.

Результаты проведения испытаний представлены в Таблице 5.

В ячейках Таблицы 5 А) приведены величины относительных C_t (за вычетом нормировочного сигнала KBM), Б) величины прироста относительных C_t (за вычетом нормировочного сигнала KBM) усредненные для двух пулов, сформированных

Таблица 3

Результаты оценки гомогенности экспериментального образца вакцинной субстанции после хранения при нормативных условиях (4–6°C) в течение 5 суток, с применением масс-спектрометрии

Номер экспериментального образца, заложенного на хранение 18.06.2019 г.	Содержание основного вещества до закладки на хранение, %	Содержания основного вещества после окончания хранения по данным масс-спектрометрии, %	Расчётное содержание основного вещества после хранения в течение 12 мес. при 4–6°C
1		98,58	98,58
2	98,59±0,1	98,57	98,57
3		98,57	98,31
Итого:	98,59±0,1	98,57±0,1	98,51

Таблица 4

Стабильность – соответствие спецификации экспериментального образца вакцинной субстанции после хранения при нормативных условиях в течение 5 суток

Показатели	Методы	Нормы
Описание	Визуальный	Слабо желтый прозрачный раствор с характерным запахом
Подлинность	ИК (Фурье) спектроскопия	Соответствие эталонному спектру, определяемое с помощью ПО Orus
Однородность массы	ГФ XIII	В соответствии с требованиями
Посторонние примеси	Масс-спектрометрия	Любая единичная неидентифицированная примесь – не более 0,5 %; сумма примесей – не более 1,5 %.
Однородность дозирования:	Спекторфлуориметрия	Отклонения в однородности дозирования должны соответствовать требованиям ОФС.1.4.2.0008.15
Микробиологическая чистота	ГФ XIII	Категория 3А
Количественное определение	масс-спектрометрия	От 47,5 до 52,5
Маркировка		В соответствии с НД
Хранение		При температуре 4–6°C в
Срок годности		1 год

Таблица 5

Результаты анализа изменения содержания транскриптов CD3, CD4, CD8 и CD20 с помощью ПЦР в реальном времени в смешанных популяциях лейкоцитов от мышей, иммунизированных эталонным образцом ККВ, после стимуляции ЭО ККВ №2 *in vitro*

А)

маркер	Неиммунные животные		Иммунные животные	
	АГ -	АГ +	АГ -	АГ +
CD3	25,7	26,1	27,9	23,8
	26,7	27,0	28,1	24,0
	25,7	26,1	26,8	22,8
CD4	29,2	28,9	29,0	25,9
	28,6	28,3	28,0	25,0
	29,4	29,1	28,3	25,3
CD8	30,4	30,3	28,9	26,0
	29,9	29,8	29,1	26,2
	29,9	29,9	29,3	26,4
CD20	22,5	22,6	21,0	19,3
	23,1	23,3	21,5	19,8

Б)

маркер	Неиммунные животные		Иммунные животные	
	Прирост ACt	СКО	Прирост ACt	СКО
CD3	–0,3	0,4	4,1	2,0
CD4	0,3	0,3	3,0	1,5
CD8	0,1	0,2	2,9	1,4
CD20	–0,1	0,4	1,8	2,0

Таблица 5

В)

Маркер	Неиммунные животные		Иммунные животные	
	Изменение ACt	СКО	Изменение ACt	СКО
CD3	-1,93%	3,39%	-1,33%	-1,33%
CD4	-2,69%	0,95%	-1,42%	-1,42%
CD8	0,78%	1,39%	1,29%	1,29%
CD20	3,24%	2,14%	-1,97%	9,36%

Таблица 6

Результаты анализа изменения содержания доли клеток с фенотипом CD3, CD4, и CD20 в смешанных популяциях лейкоцитов от мышей, иммунизированных ЭО, после стимуляции ЭО *in vitro* в дозировке в дозировке 45 мг/мл

А)

Источник СКЛ	Маркер	Без стимуляции АГ		После стимуляции АГ		Прирост	Коэффициент вариации
		Q4	Q3	Q4	Q3		
Неиммунные животные	CD3	275,2	28,4	266,3	45,2	28,0%	5,1%
	CD4	293,7	21,3	258,5	21,8	-4,9%	2,6%
	CD20	265,4	50,0	245,2	48,5	-5,3%	2,4%
Иммунные животные	CD3	233,9	29,4	300,0	97,7	130,5%	4,3%
	CD4	237,2	20,8	293,8	92,5	183,8%	5,0%
	CD20	245,7	38,7	261,8	100,2	82,6%	5,7%

Б)

Источник СКЛ	Маркер	Отношение иммуногенности ЭОН ² к ЭОН ¹
Неиммунные животные	CD3	-1,29%
	CD4	1,50%
	CD20	8,22%
Иммунные животные	CD3	0,91%
	CD4	2,38%
	CD20	5,79%

для каждой группы крыс и среднееквадратичное отклонение, вычисленное для трех повторностей, В) сравнение показателей, полученных при исследовании ЭО №1 и ЭО №2.

Результаты ПЦР теста были воспроизведены с помощью измерения содержания в смешанной популяции лейкоцитов клеток с маркерами CD3, CD4 и CD20 методом проточной цитофлуориметрии (Таблица 6).

В ячейках Таблицы 6 приведено: (А) количество сигналов (тыс. за 10 мин измерения); (Б) сравне-

ние показателей, полученных при исследовании ЭО №1 и ЭО №2.

При оценке содержания антигена *A. ovis* в экспериментальном образце адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины после хранения в период с 18.06.2019 по 23.06.2019г., изучения стабильности и оценки иммуногенности с помощью ПЦР в реальном времени от 10 октября 2018 г. пришли к выводу, что содержание антигена *A. ovis* в экспериментальном образце №2 составило 1,51x10⁸ ф.о.е. в мл (ACt=7,36). Измерение проведено на линей-

ном участке калибровочного графика. Изменение содержания *A. ovis* в ЭО №2 составило +4,7% по сравнению с ЭО №1.

Обсуждение

В результате контакта с микроорганизмами во время инфекционного заболевания развивается иммунитет к ним. Иммунопрофилактика позволяет выработать иммунитет до естественного контакта с возбудителем. Иммунопрофилактика – метод индивидуальной или массовой защиты животных от заболеваний путём создания или усиления искусственного иммунитета. Она подразделяется на неспецифическую и специфическую. Активная специфическая иммунопрофилактика – создание искусственного активного иммунитета путем введения вакцин, используется для профилактики:

- инфекционных заболеваний до контакта организма с возбудителем. При инфекциях с длительным инкубационным периодом, активная иммунизация позволяет предупредить заболевание даже после заражения бешенством либо после контакта с больными инфекцией;
- отравлений ядами (например, змеиными);
- неинфекционных заболеваний: опухолей (например, гемобластозов), атеросклероза⁶.

Все вакцины, кроме генно-инженерных, гетерогенны по своему антигенному составу. При введении корпускулярных вакцин (живых или убитых) появляются продукты их распада, отличающиеся по физико-химическим свойствам. Образуются олигомеры, мономеры и низкомолекулярные фрагменты. Последние способны взаимодействовать со специфическими рецепторами иммуно-компонентных клеток, не вызывая иммунного ответа. Кроме того, очень крупные молекулы антигена с высокой степенью валентности также могут быть толерогенными. Менее гетерогенными являются анатоксины и высокоочищенные микробные фракции, используемые в качестве вакцин.

Иммуногенность полных антигенов, входящих в состав вакцин, зависит от размера и полимерности их молекул, иммуногенность гаптенов – от их эпитопной плотности на молекуле носителя. Низкополимерный антиген может вызывать не только слабый, но и качественно иной характер иммун-

ного ответа по сравнению с высокополимерным антигеном.

С точки зрения молекулярной и клеточной иммунологии вакцина должна удовлетворять следующим требованиям:

- вакцина должна активировать вспомогательные клетки (макрофаги, дендритные клетки, клетки Лангерганса), участвующие в процессе и представлении антигена.
- она должна содержать эпитопы для Т- и В-клеток, обеспечивающие необходимое соотношение гуморального и клеточного иммунитета.
- она должна легко подвергаться процессированию, ее эпитопы должны обладать способностью взаимодействовать с антигенами гистосовместимости I и/или II класса.
- она должна индуцировать образование регуляторных клеток (Т-хелперов), эффекторных клеток (киллеров, Т-эффекторов ГЗТ, антителообразующих клеток) и клеток иммунологической памяти.

Идеальная вакцина должна соответствовать двум основным требованиям: она должна быть безопасной и высокоэффективной. Она должна вводиться один раз и обеспечивать пожизненный иммунитет у 100% привитых. Таких вакцин пока нет. Несмотря на большие успехи в области совершенствования существующих вакцин и разработки новых препаратов, длительность иммунитета, возникающего после введения большинства вакцин, мала даже при условии многократного введения одной и той же вакцины. Следует отметить, что у иммунизированных животных определенная степень специфической защиты остается и после исчезновения циркулирующих антител.

Сила иммунного ответа зависит от двух основных факторов: свойств макроорганизма и особенностей антигенов, используемых для иммунизации. Иммуногенность антигенов, получаемых из возбудителей инфекционных болезней, неодинакова. Наиболее иммуногенны экзотоксины и поверхностные антигены микроорганизмов. Иммуногенность вакцины во многом зависит от того, насколько удачно выбраны антигены для конструирования препарата. При недостаточной его иммуногенности используют неспецифические иммуностимуляторы (адъюванты). В практике вакцинации в качестве иммуностимуляторов используют гидроокись алюминия, фосфат алюми-

⁶ Канашкова Т.А., Шабан Ж.Г., Черношей Д.А., Крылов И.А. Специфическая иммунопрофилактика и иммунотерапия инфекционных заболеваний: учебно-методическое пособие. Минск: БГМУ, 2009. 84 с.

ния, фосфат кальция, полиоксидоний и белковые носители.

Трудности в создании высокоэффективных вакцин связаны также с особенностями макроорганизма, его генотипа, фенотипа, с существованием двух видов иммунитета (гуморального и клеточного), которые регулируются разными субпопуляциями клеток-хелперов (T_H1 и T_H2). Поствакцинальный иммунитет складывается из двух видов иммунных реакций: гуморального и клеточного. Отсутствие циркулирующих антител еще не является доказательством слабости иммунитета, при новой встрече с антигеном иммунный ответ развивается за счет иммунологической памяти. Кроме того, в основе резистентности к некоторым видам инфекций лежат клеточные механизмы, поэтому вакцины, используемые для профилактики этих инфекций, должны формировать клеточный иммунитет.

Иммуногенность вакцин составляет основу ее эффективности. Как правило, корпускулярность вакцин (живых, убитых) обеспечивает необходимую иммуногенность, в остальных случаях часто приходится использовать дополнительные методы повышения иммуногенности вакцин.

Крайне важно, чтобы вакцины вызывали Т-зависимый иммунный ответ. В противном случае ответ будет кратковременным, а повторное введение вакцины не будет вызывать вторичный ответ. Первичный и вторичный иммунный ответ отличаются друг от друга по динамике формирования иммунитета. Вторичный иммунный ответ недостаточно выражен, если для иммунизации используется слабый антиген, если в организме присутствуют пассивно введенные или активно приобретенные антитела.

Способность быстро реагировать на повторный контакт с антигеном организм приобретает благодаря иммунологической памяти. Она характерна для клеточного и гуморального иммунитета, зависит от формирования Т- и В-клеток памяти. Иммунологическая память развивается после перенесенной инфекции или вакцинации и сохраняется длительное время (microbiology.com.ua).

Кроме того, нельзя нарушать условия хранения вакцин. На первом, втором и третьем уровнях «холодовой цепи» для распаковывания, хране-

ния, упаковки и подготовки для дальнейшего транспортирования ИЛП используются холодильные камеры (комнаты). Такие холодильники обладают стабильностью температурного режима и четко держат температуру от +2°C до +8 °C. В Холодильниках должны быть перенавешиваемые дверцы без полок, встроенный термометр с дисплеем для визуального контроля температуры и температурная звуковая сигнализация.

В помещении, где находятся холодильники для ИЛП должна поддерживаться температура не выше +20 °C⁷.

Анализ полученных данных исследуемых образцов до хранения и подвергнутых хранению свидетельствует о том, что культурально-клеточной вакцины до и после хранения по показателям иммуногенности и содержанию антигена *A. ovis* с экстраполяцией степени спонтанной инактивации вакцины с реальной длительностью хранения на номинальный срок (1 год) показало, что в результате хранения вышеуказанные показатели не ухудшились.

Выводы

В результате НИР по проекту в период с 29 апреля по 28 июня 2019 г. Исполнителем выполнены задачи, соответствующие требованиям договора:

1. Проведена оценка иммуногенности экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины;
2. Проведена оценка содержания антигена *A. ovis* в экспериментальном образце адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины;
3. Осуществлена закладка экспериментальных образцов адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины;
4. Проведено извлечение и вскрытие экспериментальных образцов адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины; Изучена стабильности экспериментального образца вакцинной субстанции при хранении в нормативных условиях;
5. Проведена оценка иммуногенности экспериментального образца адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины;

⁷ Воронова И. Хранение иммунобиологических лекарственных препаратов в аптеке [Электронный ресурс]. URL: <https://pharmznanie.ru/article/rabota-v-apteke/hranenie-immunobiologicheskikh-lekarstvennih-preparatov-v-apteke> (дата обращения: 10.08.2020).

6. Проведена оценка содержания антигена *A. ovis* в экспериментальном образце адсорбированной инактивированной культурально-клеточной вакцины;
7. Подготовлена и оформлена методика хранения экспериментального образца вакцинной субстанции.

Сравнение экспериментальных образцов культурально-клеточной вакцины до и после хранения по показателям иммуногенности и содержанию антигена *A. ovis* с экстраполяцией степени спонтанной инактивации вакцины с реальной длительностью хранения сроком 1 год показало, что вышеуказанные показатели не ухудшились.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке субсидии Министерства науки и высшего образования РФ по Соглашению № 074-11-2018-017 от 29 мая 2018 г.

Литература

- Георгиу Х.Г. Разработка способа получения анаплазменного антигена для серологической диагностики анаплазмоза овец // Ветеринария и кормление. 2013. № 6. С. 30–34.
- Демидова Л.Д. Исследование иммуногенности для крупного рогатого скота инактивированной вакцины против *Anaplasma marginale*, полученной на культуре клеток клещей *Ixodes scapularis* // Ветеринария. 2005. № 2. С. 160–161.
- Заблоцкий В.Т., Казаков Н.А. Вакцинопрофилактика анаплазмоза овец // Труды Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко. М., 2003. Т. 73. С. 134–139.
- Казаков Н.А. Анаплазмоз овец, меры профилактики и борьбы // Ветеринарная патология. 2003. № 1(5). С. 124–128.
- Кошкина Н.А., Колесников В.И., Горячая Е.В. Влияние анаплазмоза на репродуктивную функцию овцематок // Российский паразитологический журнал. 2007. № 2. С. 79–83.
- Кошкина Н.А., Чвалун В.А., Колесников В.И., Мишенина Е.В. Влияние латентного анаплазмоза на показатели иммунитета овцематок // Ветеринарная патология. 2007. № 2(21). С. 59–63.
- Логвинов А.Н., Михайленко В.В., Луцук С.Н. Морфологические изменения в плаценте овец при анаплазмозе // Вестник АПК Ставрополя. 2013. № 3(11). С. 142–145.
- Логвинов А.Н., Тохов Ю.Г., Луцук С.Н. Обработка пастбищ против иксодовых клещей // Вестник АПК Ставрополя. 2014. № 4(16). С. 115–117.
- Мальцева О.Е. Анаплазмоз крупного рогатого скота в Рязанской области (меры профилактики) // Ветеринария. 1998. № 2. С. 87–90.
- Мальцева О.Е. Анаплазмоз рогатого скота в Центральном регионе Российской Федерации: эпизоотология, вакцинопрофилактика, химиотерапия и меры борьбы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 173 с.
- Никольский М.Н., Глухов В.Ф. Акарацидные эмульсии для борьбы с пастбищным клещом на крупного рогатого скота // Ветеринария. 1956. № 3. С. 49–56.
- Рахимов Ф.Ф. Эпизоотология и иммунопрофилактика анаплазмоза крупного рогатого скота и овец в Гиссарской долине Республики Таджикистан: автореф. дис. ... канд. ветер. наук. М., 2011. 125 с.
- Almazán C., Šimo L., Fourniol L., Rakotobe S., Borneres J., Cote M., Peltier S., Mayé J., Versillé N., Richardson J., Bonnet S. Multiple antigenic peptide-based vaccines targeting ixodes ricinus neuropeptides induce a specific antibody response but do not impact tick infestation // Pathogens. 2020. Vol. 9, issue 11. P. 1–16. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110900>
- Aubry P., Geale D.W. A review of bovine anaplasmosis // Transbound and Emerging Diseases. 2011. Vol. 58, issue 1. p. 1–30. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01173.x>
- Bjöersdorff A., Bergström S., Massung R.F., Haemig P.D., Olsen B. Ehrlichia-infected ticks on migrating birds // Emerging Infectious Diseases. 2001. Vol. 7, issue 5. P. 877–879. <https://doi.org/10.3201/eid0705.017517>
- Chen S.M., Dumler J.S., Bakken J.S., Walker D.H. Identification of a granulocytotropic ehrlichia species as the etiologic agent of human disease // Journal of Clinical Microbiology. 1994. Vol. 32, issue 3. p. 589–595. <https://doi.org/10.1128/JCM.32.3.589-595.1994>
- Collins J.D., Hannan J., Ferguson A.R. Tick-borne fever in Ireland // Irish Veterinary Journal. 1970. No. 24. P. 162–164.
- Curtis A.K., Reif K.E., Kleinhenz M.D., Martin M.S., Skinner B., Kelly S.M., Jones D.E., Schaut R.G., Reppert E.J., Montgomery S.R., Narasimhan B., Anantatata T., Jaber-Douraki M., Coetzee J.F. Development of a subcutaneous ear implant to deliver an anaplasmosis vaccine to dairy steers // Journal of Animal Science. 2020. Vol. 98, issue 6, skaa165. <https://doi.org/10.1093/jas/skz392>
- Diniz P., Breitschwerdt E. *Anaplasma phagocytophilum* infection (canine granulocytotropic anaplasmosis) // Infectious diseases of the dog and cat / ed. by Craig E. Greene. 4th ed. St. Louis: Elsevier, 2012. p. 244–254.

- Dumler J.S., Barbet A.F., Bekker C.P., Dasch G.A., Palmer G.H., Ray S.C., Rikihisa Y., Rurangirwa F.R. Reorganization of genera in the families rickettsiaceae and anaplasmataceae in the order rickettsiales: unification of some species of ehrlichia with anaplasma, cowdria with ehrlichia and ehrlichia with neorickettsia, descriptions of six new species combinations and designation of ehrlichia equi and 'hge agent' as subjective synonyms of ehrlichia phagocytophila // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2001. Vol. 51, issue 6. P. 2145–2165. <https://doi.org/10.1099/00207713-51-6-2145>
- Gordon W.S., Brownlee A. Wilson D.R., Macleod J. Tick-borne fever: a hitherto undescribed disease of sheep // Journal of Comparative Pathology and Therapeutics. 1932. Vol. 45. p. 301–307. [https://doi.org/10.1016/S0368-1742\(32\)80025-1](https://doi.org/10.1016/S0368-1742(32)80025-1)
- Gordon W.S., Brownlee D.R. Wilson studies on louping ill, tickborne fever and scrapie // Proceedings of the 3rd International Congress of Microbiology. New York: American Association for the Advancement of Science, 1940. p. 362–363.
- Grøva L. Tick-borne fever in sheep - production loss and preventive measures. PhD (Biology) thesis. Oslo, 2011. 64 p.
- Hudson J.R. The recognition of tick-borne fever as a disease of cattle // British Veterinary Journal. 1950. No. 106. p. 3–17.
- Kocan K.M. Halbur T., Blouin E.F., Onet V., la Fuente J., Garcia-Garcia J.C., Saliki J.T. Immunization of cattle with anaplasma marginale derived from tick cell culture // Veterinary Parasitology. 2001. Vol. 102, issue 1–2. p. 151–161. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(01\)00519-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(01)00519-2)
- Kocan K.M., de la Fuente J., Guglielmone A.A., Meléndez R.D. Antigens and alternatives for control of anaplasma marginale infection in cattle // Clinical Microbiology Reviews. 2003. Vol. 16, issue 4. p. 698–712. <https://doi.org/10.1128/cmr.16.4.698-712.2003>
- Naimi W.A., Gumpf J.J., Green R.S., Izac J.R., Zellner M.P., Conrad D.H., Marconi R.T., Martin R.K., Carlyon J.A., Palmer G.H. Immunization against anaplasma phagocytophilum adhesin binding domains confers protection against infection in the mouse model // Infection and Immunity. 2020. Vol. 88, issue 10. <https://doi.org/10.1128/IAI.00106-20>
- Nair A.D.S., Cheng C., Ganta C.K., Sanderson M.W., Alleman A.R., Munderloh U.G., Ganta R.R. Comparative experimental infection study in dogs with ehrlichia canis, e. chaffeensis, anaplasma platys and a. phagocytophilum // PLoS One. 2016. p. 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148239>
- Rar V.A., Epikhina T.I., Yakimenko V.V., Malkova M.G., Tancev A.K., Bondarenko E.I., Ivanov M.K., Tikunova N.V. Genetic variability of anaplasma phagocytophilum in ticks and voles from ixodes persulcatus/ixodes trianguliceps sympatric areas from Western Siberia, Russia // Ticks and Tick-Borne Diseases. 2014. Vol. 5, issue 6. P. 854–863. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ttbdis.2014.07.008>
- Rogers R.J. Dimmock C.K., de Vos A., Rodwell B. Bovine leucosis virus contamination of a vaccine produced in vivo against bovine babesiosis and anaplasmosis // Australian Veterinary Journal. 1988. Vol. 65, issue 9. P. 285–287. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1988.tb16144.x>
- Schnabel M. Udkast til en beskrivelse over hardanger. samlet og sammenskrevet af sal. markus schnabels efterladte papirer ved Hans Strøm. Nordheimsund: Hordalands Folkeblads Trykkeri, 1912. 75 p.
- Shkap V., Leibovitz B., Krigel Y., Molad T., Fish L., Mazuz M., Fleiderovitz L., Savitsky I. Concomitant infection of cattle with the vaccine strain anaplasma marginale s centrale and field strains of a marginale // Veterinary Microbiology. 2008. Vol. 130, issue 3–4. P. 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.02.013>
- Tuomi J. Experimental studies on bovine tick-borne fever. clinical and haematological data, some properties of the causative agent, and homologous immunity // Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica. 1967. Vol. 70, issue 3. P. 429–445. <https://doi.org/10.1111/j.1699-0463.1967.tb01311.x>
- Woldehivet Z. The natural history of anaplasma phagocytophilum // Veterinary Parasitology. 2010. Vol. 167, issue 2–4. P. 108–122. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.09.013>
- Woldehivet Z. Tick-borne fever: A review // Veterinary Research Communications. 1983. Vol. 6. P. 163–175. <https://doi.org/10.1007/BF0221491>

Evaluation of the Immunogenicity and Antigen Content of *A. Ovis* of an Experimental Sample of the Adsorbed Inactivated Culture-Cell Vaccine Against Sheep Anaplasmosis

Roman V. Glushakov

LLC "EuroPack"

115088, Moscow, 3rd Ugreshsky proezd, house 8, building 9

E-mail: roman_nv@mail.ru

Ivan A. Vasilenko

LLC „EuroPack“

115088, Moscow, 3rd Ugreshsky proezd, house 8, building 9

E-mail: zhannadark@mail.ru

Alexey A. Donskikh

LLC "EuroPack"

115088, Moscow, 3rd Ugreshsky proezd, house 8, building 9

E-mail: alex.a.donskih@gmail.com

Mikhail P. Shchetinin

FSBEI HE "MGUPP"

125371, Moscow, Volokolamskoe highway, 11

E-mail: shchetininmihail@mgupp.ru

Sheep anaplasmosis is a blood-parasitic vector-borne disease caused by the endoglobular intra-erythrocyte parasite *Anaplasma*. The main signs of anaplasmosis are anemia, emaciation, loss of productivity and violation of the reproductive function of animals. Vaccination with an adsorbed inactivated culture-cell vaccine is promising for the prevention of sheep anaplasmosis. The conducted studies made it possible to evaluate the immunogenicity of an experimental sample of a vaccine made using preparations of mixed cultures of leukocytes from immunized animals, and the content of the *A. ovis* antigen using PCR. Comparison of experimental samples of culture-cell vaccine before and after storage in terms of immunogenicity and *A. ovis* antigen content with extrapolation of the degree of spontaneous inactivation of the vaccine with a real storage duration of 1 year showed that the above indicators did not deteriorate.

Keywords: sheep anaplasmosis, *Anaplasma ovis*, vaccination

References

- Demidova L.D. Issledovanie immunogennosti dlya krupnogo rogatogo skota inaktivirovannoi vaksiny protiv *Anaplasma marginale*, poluchennoi na kul'ture kletok kleshchei *Ixodes scapularis*. (SShA) [Immunization of cattle with *Anaplasma marginale* derived from tick cell culture]. *Veterinariya. Referativnyi zhurnal* [Veterinary Parasitology], 2005, no. 2, pp. 160–161.
- Georgiu Kh.G. Razrabotka sposoba polucheniya anaplazmennogo antigena dlya serologicheskoi diagnostiki anaplazmoza ovets [Development of a method for obtaining anaplasma antigen for serological diagnosis of anaplasmosis in sheep]. *Veterinariya i kormlenie* [Veterinary and feeding], 2013, no. 6, pp. 30–34.
- Kazakov N.A. Anaplazmoz ovets, mery profilaktiki i bor'by [Anaplasmosis of sheep, prevention and control measures]. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology], 2003, no. 1(5), pp. 124–128.
- Koshkina N.A., Chvalun V.A., Kolesnikov V.I., Mishenina E.V. Vliyanie latentnogo anaplazmoza na pokazateli immuniteta ovtsematok [Influence

- of latent anaplasmosis on indicators of immunity of ewes]. *Veterinarnaya patologiya [Veterinary pathology]*, 2007, no. 2(21), pp. 59–63.
- Koshkina N.A., Kolesnikov V.I., Goryachaya E.V. Vliyanie anaplazmoza na reproduktivnyuyu funktsiyu ovtsematok [The effect of anaplasmosis on the reproductive function of ewes]. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal [Russian parasitological journal]*, 2007, no. 2, pp. 79–83.
- Logvinov A.N., Mikhailenko V.V., Lutsuk S.N. Morfologicheskie izmeneniya v platsente ovets pri anaplazmoze [Morphological changes in the placenta of sheep with anaplasmosis]. *Vestnik APK Stavropol'ya [Bulletin of the Agroindustrial Complex of Stavropol]*, 2013, no. 3(11), pp. 142–145.
- Logvinov A.N., Tokhov Yu.G., Lutsuk S.N. Obrabotka pastbishch protiv iksodovykh kleshchei [Treatment of pastures against ixodid ticks]. *Vestnik APK Stavropol'ya [Bulletin of the Agroindustrial Complex of Stavropol]*, 2014, no. 4(16), pp. 115–117.
- Mal'tseva O.E. Anaplazmoz krupnogo rogatogo skota v Ryazanskoi oblasti (mery profilaktika) [Anaplasmosis of cattle in the Ryazan region (prevention measures)]. *Veterinariya [Veterinary]*, 1998, no. 2, pp. 87–90.
- Mal'tseva O.E. Anaplazmoz rogatogo skota v Tsentral'nom regione Rossiiskoi Federatsii: Epizootologiya, vaktsinoprofilaktika, khimioterapiya i mery bor'by. Avtoref. dis. kand. biol. nauk [Anaplasmosis of cattle in the Central region of the Russian Federation: Epizootology, vaccine prevention, chemotherapy and control measure. Abstract of Ph.D (Biology) thesis]. Moscow, 2004. 173 c.
- Nikol'skii M.N., Glukhov V.F. Akaratsidnye emul'sii dlya bor'by s pastbishchnom kleshcham na krupnogo rogatogo skota [Acaricidal emulsions for the control of pasture ticks on cattle]. *Veterinariya [Veterinary]*, 1956, no. 3, pp. 49–56.
- Rakhimov F.F. Epizootologiya i immunoprofilaktika anaplazmoza krupnogo rogatogo skota i ovets v Gissarskoi doline Respubliki Tadzhikistan. Avtoref. dis. kand. biol. nauk [Epizootology and immunoprophylaxis of anaplasmosis in cattle and sheep in the Gissar valley of the Republic of Tajikistan. Abstract of Ph.D (Biology) thesis]. Moscow, 2011. 125 p.
- Zablotskii V.T., Kazakov N.A. Vaktsinoprofilaktika anaplazmoza ovets [Vaccine prophylaxis of anaplasmosis in sheep]. *Trudy Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta eksperimental'noi veterinarii imeni K.I. Skryabina i Ya.R. Kovalenko [Scholarly works All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after Ya.R. Kovalenko]*, 2003, vol. 73, pp. 134–139.
- Almazán C., Šimo L., Fourniol L., Rakotobe S., Borneres J., Cote M., Peltier S., Mayé J., Versillé N., Richardson J., Bonnet S. Multiple Antigenic Peptide-Based Vaccines Targeting Ixodes Ricinus Neuropeptides Induce a Specific Antibody Response but Do Not Impact Tick Infestation. *Pathogens*, 2020, vol. 9, issue 11, pp. 1–16. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110900>
- Aubry P., Geale D.W. A Review of Bovine Anaplasmosis. *Transbound and Emerging Diseases*, 2011, vol. 58, issue. 1, pp. 1–30. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01173.x>
- Bjöersdorff A., Bergström S., Massung R.F., Haemig P.D., Olsen B. Ehrlichia-Infected Ticks on Migrating Birds. *Emerging Infectious Diseases*, 2001, vol. 7, issue 5, pp. 877–879. <https://doi.org/10.3201/eid0705.017517>
- Chen S.M., Dumler J.S., Bakken J.S., Walker D.H. Identification of a Granulocytotropic Ehrlichia Species as the Etiologic Agent of Human Disease. *Journal of Clinical Microbiology*. 1994, vol. 32, issue 3, pp. 589–595. <https://doi.org/10.1128/JCM.32.3.589-595.1994>
- Collins J.D., Hannan J., Ferguson A.R. Tick-Borne Fever in Ireland. *Irish veterinary journal*. 1970, no. 24, pp.162–164.
- Curtis A.K., Reif K.E., Kleinhenz M.D., Martin M.S., Skinner B., Kelly S.M., Jones D.E., Schaut R.G., Reppert E.J., Montgomery S.R., Narasimhan B., Anantatat T., Jaber-Douraki M., Coetzee J.F. Development of a Subcutaneous Ear Implant To Deliver an Anaplasmosis Vaccine to Dairy Steers. *Journal of Animal Science*, 2020, vol. 98, issue. 6, skaa165. <https://doi.org/10.1093/jas/skz392>
- Diniz P., Breitschwerdt E. Anaplasma Phagocytophilum infection (Canine Granulocytotropic Anaplasmosis) *Infectious Diseases of the Dog and Cat*. Edited by Craig E. Greene. 4th ed. St. Louis: Elsevier, 2012. pp. 244–254.
- Dumler J.S., Barbet A.F., Bekker C.P., Dasch G.A., Palmer G.H., Ray S.C., Rikihisa Y., Rurangirwa F.R. Reorganization of Genera in the Families Rickettsiaceae and Anaplasmataceae in the Order Rickettsiales: Unification of Some Species of Ehrlichia with Anaplasma, Cowdria with Ehrlichia and Ehrlichia with Neorickettsia, Descriptions of Six New Species Combinations and Designation of Ehrlichia Equi And 'Hge Agent' as Subjective Synonyms of Ehrlichia Phagocytophila. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2001, vol. 51, issue. 6, pp. 2145–2165. <https://doi.org/10.1099/00207713-51-6-2145>
- Gordon W.S., Brownlee A. Wilson D.R., Macleod J. Tick-Borne Fever: A Hitherto Undescribed Disease of Sheep. *Journal of Comparative Pathology and Therapeutics*. 1932, vol. 45, pp. 301–307. [https://doi.org/10.1016/S0368-1742\(32\)80025-1](https://doi.org/10.1016/S0368-1742(32)80025-1)
- Gordon W.S., Brownlee D.R. Wilson Studies on Louping Ill, Tickborne Fever and Scrapie. *Proceedings of the 3rd International Congress of Microbiology*. New

- York: American Association for the Advancement of Science, 1940. 362 p.
- Grøva L. Tick-Borne Fever in Sheep - Production Loss and Preventive Measures. Abstract of Ph.D (Biology) thesis. Oslo, 2011. 64 p.
- Hudson J.R. The Recognition of Tick-Borne Fever as a Disease of Cattle. *British Veterinary Journal*. 1950, no. 106, pp. 3–17.
- Kocan K.M., Halbur T., Blouin E.F., Onet V., la Fuente J., Garcia-Garcia J.C., Saliki J.T. Immunization of cattle with *Anaplasma marginale* derived from tick cell culture. *Veterinary parasitology*, 2001, vol. 102, no. 1–2, pp. 151–161. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(01\)00519-2](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00519-2)
- Kocan K.M., de la Fuente J., Guglielmone A.A., Meléndez R.D. Antigens and Alternatives for Control of *Anaplasma marginale* Infection in Cattle. *Clinical Microbiology Reviews*, 2003, vol. 16, issue 4, pp. 698–712. <https://doi.org/10.1128/cmr.16.4.698-712.2003>
- Naimi W.A., Gumpf J.J., Green R.S., Izac J.R., Zellner M.P., Conrad D.H., Marconi R.T., Martin R.K., Carlyon J.A., Palmer G.H. Immunization Against *Anaplasma Phagocytophilum* Adhesin Binding Domains Confers Protection Against Infection in the Mouse Model. *Infection and Immunity*, 2020, vol. 88, issue 10, pp. 1–36. <https://doi.org/10.1128/IAI.00106-20>
- Nair A.D.S., Cheng C., Ganta C.K., Sanderson M.W., Alleman A.R., Munderloh U.G., Ganta R.R. Comparative Experimental Infection Study in Dogs with *Ehrlichia Canis*, *E. Chaffeensis*, *Anaplasma Platys* and *A. Phagocytophilum*. *PLoS One*, 2016, pp. 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148239>
- Rar V.A., Epikhina T.I., Yakimenko V.V., Malkova M.G., Tancev A.K., Bondarenko E.I., Ivanov M.K., Tikunova N.V. Genetic Variability of *Anaplasma Phagocytophilum* in Ticks and Voles from *Ixodes Persulcatus/Ixodes Trianguliceps* Sympatric Areas from Western Siberia, Russia. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 2014, vol. 5, no. 6, pp. 854–863. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ttbdis.2014.07.008>
- Rogers R.J., Dimmock C.K., de Vos A., Rodwell B. Bovine Leucosis Virus Contamination of a Vaccine Produced in Vivo against Bovine Babesiosis and Anaplasmosis. *Australian Veterinary Journal*. 1988, vol. 65, issue 9, pp. 285–287. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1988.tb16144.x>
- Schnabel M. Udkast til en beskrivelse over Hardanger. Samlet og sammenskrevet af Sal. Markus Schnabels efterladte papirer ved Hans Strøm [Draft description of Hardanger. Collected and compiled by Sal. Markus Schnabel's surviving papers by Hans Strøm]. Nordheimsund: Hordalands Folkeblads Trykkeri, 1912. 75 p.
- Shkap V., Leibovitz B., Krigel Y., Molad T., Fish L., Mazuz M., Fleiderovitz L., Savitsky I. Concomitant Infection of Cattle With The Vaccine Strain *Anaplasma Marginale* S Centrale and Field Strains of a *Marginale*. *Veterinary Microbiology*, 2008, vol. 130, issue 3–4, pp. 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.02.013>
- Tuomi J. Experimental Studies on Bovine Tick-Borne Fever. Clinical and Haematological Data, Some Properties of the Causative Agent, and Homologous Immunity. *Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica*, 1967, vol. 70, pp. 429–445. <https://doi.org/10.1111/j.1699-0463.1967.tb01311.x>
- Woldehivet Z. The Natural History of *Anaplasma Phagocytophilum*. *Veterinary Parasitology*, 2010, vol. 167, issue 2–4, pp. 108–122. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.09.013>
- Woldehivet Z. Tick-Borne Fever: A Review. *Veterinary Research Communications*, 1983, vol. 6, pp. 163–175. <https://doi.org/10.1007/BF02214910>

Органолептические, физико-химические и антиоксидантные свойства снеков на основе черники (*Vaccinium myrtillus*)

Васильева Екатерина Александровна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

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

E-mail: katerinavasileva99@yahoo.com

Елисеева Елена Алексеевна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

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

E-mail: e11seevaml@yandex.ru

Игнатова Динара Фанисовна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

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

E-mail: dinara-bakieva@mail.ru

Макарова Надежда Викторовна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

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

E-mail: makarovav1969@mail.ru

Для ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина были определены органолептические показатели, содержание растворимых сухих веществ, содержание сахаров, титруемая кислотность, содержание витамина С, пищевых волокон, общее содержание фенолов, флавоноидов, антоцианов, антирадикальная активность по методу DPPH, восстанавливающая сила по методу FRAP. Органолептическая оценка нового вида снеков сублимированных на основе пюре черники показала, что оба образца сублимированных снеков обладают привлекательными для потребителя свойствами, что может способствовать их реализации в качестве инновационного функционального продукта. Немаловажным аспектом для привлечения потребителя является полная натуральность продукта и польза его для здоровья человека, как психологический фактор, высоко оцененный экспертной комиссией. Установлено повышенное содержание растворимых сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности, витамина С и пищевых волокон в сублимированных снеках на основе пюре черники и сублимированных снеках на основе пюре черники с добавлением пектина по сравнению с ягодами черники и пюре черники. Доказано повышение антиоксидантных свойств (общего содержания фенолов, флавоноидов, антоцианов), антирадикальной активности и восстанавливающей способности у образцов в ряду ягоды черники – пюре черники – сублимированные снеки на основе пюре черники – сублимированные снеки на основе пюре черники с добавлением пектина. Установлено, что добавление пектина к снекам, сублимированным на основе пюре черники способствует снижению крошливости и незначительному повышению содержания пищевых волокон.

Ключевые слова: черника (*Vaccinium myrtillus*), сублимационная сушка, экстракция, антирадикальная активность, антиоксидантная активность, сухие вещества, сахара, титруемая кислотность, витамин С, пищевые волокна

Введение

Разработка инновационных видов функциональных продуктов общественного питания является одной из основных задач пищевой

промышленности. Функциональные продукты должны вводиться не только в рацион людей, страдающих различными заболеваниями, но и в рацион здоровых людей с целью предупреждения развития заболеваний сердечно-сосудистой,

пищеварительной, нервной и других систем организма.

Фруктово-ягодное сырье является перспективным сырьевым источником для производства функциональных продуктов за счет уникального биохимического состава, характеризующегося высоким содержанием витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, а также высокой антиоксидантной активностью.

Важность плодовоовощного и ягодного сырья с точки зрения пищевой промышленности определяется его сложным химическим составом, оказывающим благоприятное действие на организм человека и включающим в себя органические вещества (углеводы, белки, липиды и органические кислоты), фитонциды и антимикробные вещества, комплекс минеральных веществ (Ca, P, Fe, K, Mg, S, Cl, Zn и Cu и др.) и витаминов (A, B, C, E, F, K, P и PP и др.), а также вкусо-ароматические вещества обуславливающие органолептические характеристики (Butnariu, Butu, 2015, p. 1–49).

Черника (*Vaccinium myrtillus*) обладает уникальным химическим составом, обуславливающим перспективность ее использования в качестве функционального продукта питания. Исследование состава антоцианов черники выявило 14 соединений антоцианов, среди которых наивысшей концентрацией обладали мальвидин-3-О-глюкозид, мальвидин-3-О-галактозид и петунидин-3-О-глюкозид, содержание которых составляло 44,81 % от общего количества антоцианов в экстракте черники (Zhou, Xie, Yang, Liu, 2020, p. 1–12). Исследование влияния антоцианов черники на микрофлору кишечника человека показало их благоприятное воздействие на некоторые виды бактерий, в том числе, *Bifidobacterium spp*, что свидетельствует о пробиотическом действии антоцианов черники. Применение технологии инкапсулирования с помощью карбоксиметилцеллюлозы и ксантановой камеди позволяет повысить стабильность антоцианов черники до 76,11 % после хранения в течение 30 дней по сравнению с контрольным образцом. Инкапсулирование позволяет предотвратить разрушение антоцианов черники под действием желудочного сока до попадания в кишечник (Cai, Du, Cui, Wang, Yang, Zhu, 2019, p. 238–245). Установлено защитное действие α -казеина и β -казеина в отношении антоцианов черники, проявляющееся за счет инкапсуляционного связывания мальвидин-3-О-галактозида (Lang, Gao, Tian, Shu, Sun, Lia, Meng, 2019, p. 1–10). Доказана высокая степень биодоступности таких биоактивных соединений, входящих в состав черники, как хлорогеновая и

феруловая кислоты, катехин, эпикатехин, кверцетин и мальвидин (Gapski, Gomes, Bredun, Ferreira-Lima, Ludka, Bordignon-Luiz, Burin, 2019, p. 1–9).

Помимо антоцианов, фенолы являются веществами, обуславливающими высокую антиоксидантную активность ягод черники. Содержание фенольных веществ черники варьируется от 274,48 до 694,60 мг галловой кислоты на 100 г исходного сырья (Rodrigues, Poerner, Rockenbach, Gonzaga, Mendes, Fett, 2011, p. 911–917). Установлено, что ферментация ягод черники культурами *Bacillus amyloliquefaciens* и *Lactobacillus brevis* при освещении световыми волнами зеленого, красного, синего и белого спектра или солнечным светом позволяет повысить содержание фенольных веществ в плодах, что позволяет использовать световую ферментацию черники пробиотическими бактериями для производства функциональных продуктов питания (Jeonga, Velmurugan, Lim, Oh, Jeong, 2018, p. 158–166).

Перспективным направлением исследований является поиск способов обработки ягод черники, препятствующих разрушению биологически активных веществ и сохранению органолептических свойств ягод в результате хранения. Размягчение является одной из основных причин короткой послеуборочной жизни черники. В процессе хранения наблюдается изменение плотности ягод, потеря веса и качества вкуса, ухудшение состава клеточных стенок (Liu, Wang, Shu, Liang, Fan, Sun, 2019, p. 557–562). Установлено, что послесборочная обработка ягод черники ацибензолар-S-метилом усиливает активность супероксиддисмутазы, аскорбатпероксидазы, каталазы и способствует повышению содержания восстановленного глутатиона, лигнина, флавоноидов, фенолов, антоцианов и аскорбиновой кислоты в чернике (Ge, Tang, Li, Duan, Li, Wei, Li, 2018, p. 48–53). Досборочная обработка ягод черники β -аминомасляной кислотой снижает скорость процесса порчи ягод в процессе хранения, способствует повышению содержания пектина (Chea, Yu, Park, Oh, Chung, Lee, 2019, p. 95–103). Выявлено, что послесборочная обработка ягод черники метилжасмонатом снижает потерю веса и способствует сохранению органолептических характеристик ягод в процессе хранения (Wang, Wu, Yu, Wu, Fan, Li, 2019, p. 1–8). Помимо этого, обработка метилжасмонатом способствует повышению антиоксидантной активности за счет увеличения содержания неферментативных (фенолы, флавоноиды, антоцианы, аскорбиновая кислота, восстановленный глутатион) и ферментативных антиоксидантов (супероксиддисмутаза, каталаза и аскорбатпероксидаза). Обработка ягод черники ультрафиолетовым

излучением до и после сбора урожая значительно способствует накоплению флавонола во время раннего развития плода, и увеличению содержания антоцианина и проантоцианидинов в поздний период развития плода (Yang, Shi, Li, Bai, Hou, 2019, p. 1–11). Установлено, что послесоборная обработка ягод черники нитропруссидом натрия значительно ингибирует потерю веса и повышает содержание аскорбиновой кислоты в плодах черники. Кроме того, обработка нитропруссидом натрия увеличивает активность фенилаланин-аммиак-лиазы, 4-кумарат-КоА лигазы, полифенолоксидазы, супероксиддисмутазы, глутатионредуктазы, аскорбатпероксидазы, пероксидазы, способствует накоплению плодами лигнина и антоцианов (Ge, Li, Li, Tang, Duan, Cheng, Hou, Li, 2019, p. 607–612).

Доказано антидепрессивное и нейропротекторное действие экстракта черники, предположительно обуславливаемое фитохимическим составом черники, а именно высокой концентраций флавонолов и антоцианов (Gapski, Gomes, Bredun, Ferreira-Lima, Ludka, Bordignon-Luiz, Burin, 2019, p. 1–9). Обнаружено терапевтическое и профилактическое воздействие экстракта черники в отношении легочной артериальной гипертензии (Türck, Fraga, Salvador, Campos-Carraro, Bahr, Ortiz, Hickmann, Koetz, Belló-Klein, Henriques, Agostini, Araujo, 2020, p. 1–33), а также положительное воздействие метаболитов черники при сердечно-сосудистых осложнениях у больных диабетом в результате уменьшения эндотелиального воспаления в диабетических эндотелиальных клетках путем восстановления глюкозаминогликана на клеточной поверхности (Cutler, Gholami, Chua, Kuberan, Babu, 2018, p. 155–158). Выявлена эффективность использования полифенолов черники в профилактике вируса *Aichi* (AiV), вызывающем вспышки гастроэнтерита во всем мире (Josh, Howell, D'Souza, 2019, p. 202–208). Экстракт черники способен ингибировать рост и развитие *Listeria monocytogenes*, золотистого стафилококка, *Salmonella enteritidis* и *Vibrio parahaemolyticus* за счет разрушения их нуклеиновых кислот (Sun, Zhou, Wei, Lan, Zhao, Pan, Wu, 2018, p. 155–161). В ряде работ выявлен терапевтический потенциал черники в лечении ожирения, диабета и гипертензии (Shi, Mathai, Xu, McAinch, Su, 2018, p. 92–101).

Таким образом, многочисленные исследования позволяют считать употребление продуктов на основе черники профилактикой многих заболеваний.

Было выявлено, что при использовании классических методов тепловой обработки (варка, жарка, запекание и др.) происходит значительное сни-

жение содержания антиоксидантных веществ в конечном продукте по сравнению с исходным плодовоовощным и ягодным сырьем (до 50 %) (Miglio, Chiavaro, Visconti, Fogliano, Pellegrini, 2008, p. 139–147; Jiménez-Monreal, García-Diz, Martínez-Tomé, Mariscal, Murcia, 2009, p. 97–103). При этом внимание ученых сосредотачивается на инновационных технологиях обработки пищевого сырья, что позволяет в большей степени сохранить биологически активные вещества.

Многочисленные исследования, направленные на определение антиоксидантной активности сублимированных овощей, фруктов и ягод показывают благоприятное влияние сублимационной сушки на антиоксидантную активность продукта. Так при сушке плодов уgni муртилы (*U. molinae*) было выявлено более высокое содержание антоцианов и полифенолов в образцах, высушенных с помощью сублимации по сравнению образцами, высушенными конвективным горячим воздухом при температуре 65 и 80 °C (Alfaro, Mutis, Quiroz, Segue, Scheuermann, 2014, p. 73–82). При сушке плодов винограда потери в содержании общих фенолов составили 1,89, 20,26 и 46,79% для сублимированного, высушенного в духовке и высушенного на солнце винограда соответственно. В сублимированных плодах было отмечено высокое содержание процианидина B₁, катехина, эпикатехина, хлорогеновой кислоты, транс-ресвератрола и рутина (Çoklar, Akbulut, 2017, p. 264–272). При сублимационной сушке черники было выявлено, что общее содержание фенолов в свежих ягодах составляло от 262,64 до 287,96 мг GAE/100 г, а в сублимированных образцах – 426,06 мг GAE/100 г (Shivembe, Ojinnaka, 2017, p. 1–5).

В отличие от тепловой обработки, обработка высоким давлением оказывает минимальное влияние на органолептические показатели плодов. Это частично объясняется незначительным воздействием повышенного давления на ковалентные связи соединений с низкой молекулярной массой, какими и являются компоненты, определяющие цвет и аромат овощей и фруктов. Влияние высокого давления на цвет плодов и ягод зависит от условий обработки: при температурах ниже 40 °C давление обычно не вызывает изменение окраски, поскольку такие вещества, как ликопин, хлорофилл, каротиноиды, в основном обуславливающие цвет плодов и ягод, устойчивы к высокому давлению. Так же высокое давление оказывает незначительное влияние и на вкус плодов. Влияние повышенного давления на текстуру объясняется деполимеризацией пектиновых полисахаридов и снижением межклеточной адгезии, что приводит

к размягчению клеточных стенок плодов и овощей (Родригес, Фернандес, 2014). Таким образом, логично констатировать, что способы технологической обработки оказывают решающее влияние на химический состав пищевого сырья.

Теоретическое обоснование

Литературный обзор показал перспективность использования черники (*Vaccinium myrtillus*) в качестве источника антиоксидантов и биологически активных веществ, а также перспективность использования метода сублимационной сушки для сохранения химического состава исходного сырья при разработки функциональных продуктов общественного питания.

Таким образом, целью исследования является изучение химического состава и антиоксидантных свойств разработанных сублимированных снеков на основе пюре черники.

Задачи исследования:

1. Проведение органолептической оценки снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина.
2. Определение содержания растворимых сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности, пищевых волокон в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина.
3. Определение содержания витамина С, общего содержания фенольных веществ, флавоноидов и антоцианов в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина.
4. Определение антирадикальной активности по методу DPPH в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина.
5. Определение восстанавливающей способности по методу FRAP в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина.

Авторы предполагают, что сублимированные снеки на основе пюре черники и сублимированные снеки на основе пюре черники с добавлением пектина обладают высокой антиоксидантной активностью, высоким содержанием витаминов и экстрактивных веществ и превосходят по их содержанию ягоды черники (*Vaccinium myrtillus*) и пюре черники за счет меньшего содержания влаги, и тем самым являются перспективным функциональным продуктом общественного питания.

Объекты и методы исследований

Объекты исследования – ягоды черники (*Vaccinium myrtillus*) произрастающие на территории Самарской области (53°12'N и 50°06'E) урожая 2020 г. из коллекции НИИ «Жигулевские сады», пюре черники, снеки сублимированные из черники и снеки сублимированные из черники с добавлением 5% пектина.

Для получения пюре черники свежие ягоды растирали до однородности; сублимированные снеки на основе пюре черники получали путем сублимационной сушки (аппарат лиофильной сушки Ordinary 12N/12ND) пюре черники; для получения снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина к свежеприготовленному пюре черники добавляли пектин в количестве 5% к массе исходного сырья, перемешивали до равномерного распределения пектина, затем производили сублимационную сушку.

Для определения содержания растворимых сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности, содержания витамина С, пищевых волокон, общего содержания фенольных веществ, флавоноидов, антоцианов, антирадикальной активности и восстанавливающей способности приготавливали измельченную навеску образца массой 2 г смешивали с 20 г растворителя и термостатировали при 3 °C в течение 24 ч, затем процеживали. В качестве растворителя использовали смесь воды дистиллированной и спирта этилового концентрацией 96% в соотношении 1:1.

Для проведения органолептической оценки нового вида сублимированных снеков на основе пюре черники была разработана методика, в основу которой были положены методы дескрипторного анализа. Сублимированные снеки на основе пюре черники и сублимированные снеки на основе черники с добавлением пектина оценивались по показателям «интенсивность флейвора», «внешний вид», «быстрота гомогенизации в ротовой поло-

сти» и «хруст» по пятибалльной системе. Испытания проводились по требованиям ГОСТ 5897–90¹, ГОСТ 31986–2012², ГОСТ ISO 11036–2017³, ГОСТ ISO 11037–2013⁴, ГОСТ ISO 13299–2015⁵, ГОСТ ISO 16779–2017⁶, ГОСТ ISO 6658–2016⁷.

Определение содержания растворимых сухих веществ в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли рефрактометрическим методом в соответствии с ГОСТ ISO 2173–2013⁸.

Содержание сахаров в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли фотоколориметрическим методом согласно ГОСТ 8756.13–87⁹.

Титруемую кислотность в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли по ГОСТ 34127–2017¹⁰.

Содержание пищевых волокон в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли согласно ГОСТ Р 54014–2010¹¹.

Содержание витамина С в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением

пектина определяли флуорометрически согласно ГОСТ 24556–89¹².

Общее содержание фенольных веществ в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли по методу Folin – Ciocalteu (Proestos, Varzakas, 2017, p. 1–7). К 1 мл исследуемого экстракта приливали 1 мл реагента Фолина – Чокальто и 1 мл насыщенного водного раствора Na_2CO_3 , выдерживали в течение 30 мин при температуре 20–23°C. Производили спектрофотометрирование при длине волны 750 нм. Общее содержание фенольных веществ определяли по калибровочной кривой и выражали как эквивалент галловой кислоты (мг галловой кислоты/100 г исходного сырья).

Общее содержание флавоноидов в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли методом, основанным на реакции с хлоридом алюминия (III) (Drózdź, Sirgedaitė-Šežienė, Pyrzynska, 2017, p. 1–5). В пробирку наливали 0,5 мл исследуемого экстракта, 2,5 мл воды дистиллированной и 0,15 мл 5 %-го раствора NaNO_2 . Инкубировали при 20–23 °C в течение 5 мин, приливали 0,3 мл раствора AlCl_3 , инкубировали еще 5 мин, спектрофотометрировали при 510 нм. Содержание флавоноидов определяли по калибровочной кривой и выражали, как эквивалент катехина (мг катехина/100 г исходного сырья).

Общее содержание антоцианов в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках субли-

¹ ГОСТ 5897–90. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. М.: Стандартинформ, 2012. 16 с.

² ГОСТ 31986–2012. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

³ ГОСТ ISO 11036–2017. Органолептический анализ. Методология. Характеристики структуры. М.: Стандартинформ, 2018. 23 с.

⁴ ГОСТ ISO 11037–2013. Органолептический анализ. Руководство по оценке цвета пищевых продуктов. М.: Стандартинформ, 2014. 24 с.

⁵ ГОСТ ISO 13299–2015. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по составлению органолептического профиля. М.: Стандартинформ, 2016. 28 с.

⁶ ГОСТ ISO 16779–2017. Органолептический анализ. Оценка (определение и верификация) срока годности пищевой продукции. М.: Стандартинформ, 2017. 11 с.

⁷ ГОСТ ISO 6658–2016. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство. М.: Стандартинформ, 2016. 26 с.

⁸ ГОСТ ISO 2173–2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.

⁹ ГОСТ 8756.13–87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. М.: Стандартинформ, 2010. 11 с.

¹⁰ ГОСТ 34127–2017. Продукция соковая. Определение титруемой кислотности методом потенциометрического титрования. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.

¹¹ ГОСТ Р 54014–2010. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.

¹² ГОСТ 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М.: Стандартинформ, 2003. 11 с.

мированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли согласно методом рН-дифференциальной спектрофотометрии согласно ГОСТ Р 53773–2010¹³. Содержание антоцианов выражали в мг цианидин-3-гликозида/100 г исходного сырья.

Антирадикальную в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли по методу DPPH (Zhou, 2020, p.1–12). Методика основана на способности антиоксидантов исходного сырья связывать стабильный хромоген-радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидрозил (DPPH). Антирадикальную активность выражали в виде концентрации исходного экстракта в мг/мл, при которой происходило связывание 50% радикалов.

Восстанавливающую силу ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли по методике FRAP (Kraujalyte, Venskutonis, Pukalskasa, Česonienė, Daubaras, 2015, p. 583–590). К 0,1 мл исследуемого экстракта приливали 3 мл дистиллированной воды и 1 мл раствора FRAP (смешивали 10 мл ацетатного буфера (рН 3,6), 1 мл 10 %-го раствора $AlCl_3$ и 1 мл раствора 2,4,6 – трипиридил-5-триазина (10 ммоль/л 2,4,6 трипиридил-5-триазина в 40 ммоль/л HCl) и термостатировали в течение 10 мин при 37°C.). Инкубировали при 20–23°C в течение 4 мин. Определяли оптическую плотность при 593 нм. Восстанавливающую силу определяли по калибровочному графику и выражали как ммоль Fe^{2+} /1 кг исходного сырья.

Все эксперименты проводились в трехкратном повторении.

Результаты и их обсуждение

Согласно разработанной методике произведена органолептическая оценка снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе черники с добавлением пектина. Результаты органолептической оценки представлены в Таблице 1.

В результате органолептических испытаний выявлено, что оба вида исследуемых сублимированных снеков обладают высоким уровнем органолептических показателей, что свидетельствует о возможности их введения в качестве функциональных продуктов общественного питания. Отмечено, что в связи со слабой интенсивностью аромата исходного пюре черники, снеки сублимированные на основе пюре черники и снеки сублимированные на основе черники с добавлением пектина не обладают высокой интенсивностью аромата. Установлено, что добавление пектина снижает крошливость сублимированных снеков на основе пюре черники.

Результаты определения содержания витамина С, сухих веществ, титруемой кислотности и пищевых волокон в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина представлены в Таблице 2.

Под понятием «содержание растворимых сухих веществ» понимается сумма всех растворенных в воде веществ, содержащихся в продукте.

Таблица 1

Результаты органолептической оценки снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе черники с добавлением пектина

Образец	Балльная оценка				
	Интенсивность флейвора	Внешний вид	Отсутствие вреда здоровью	Быстрота гомогенизации в ротовой полости	Хруст
Снеки сублимированные на основе пюре черники	4	5	5	5	5
Снеки сублимированные на основе черники с добавлением пектина	4	5	5	5	5

¹³ ГОСТ Р 53773–2010. Продукция соковая. Методы определения антоцианинов. М.: Стандартинформ, 2010. 19 с.

Таблица 2

Результаты определения содержания витамина С, сухих веществ, титруемой кислотности, сахаров и пищевых волокон в исследуемых образцах

Показатель	Ягоды черники	Пюре черники	Снеки сублимированные на основе пюре черники	Снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина
Содержание растворимых сухих веществ, %	2,3±0,2	2,3±0,2	3,5±0,2	3,5±0,2
Содержание сахаров, %	2,1±0,4	2,1±0,4	6,4±0,4	6,4±0,4
Титруемая кислотность, г/дм ³	1,1±0,4	1,1±0,4	5,4±0,4	5,4±0,4
Содержание витамина С, мг/100 г сырья	12,0±0,5	12,0±0,5	16,6±0,5	16,6±0,5
Содержание пищевых волокон, %	17,2±0,8	17,2±0,8	38,2±0,8	38,6±0,8

Содержание растворимых сухих веществ в плодово-ягодном сырье является важной качественной характеристикой (Дубодел, Победа, Шашин, 2015, с. 40–43). Установлено, что ягоды черники и пюре черники обладают одинаковыми показателями содержания растворимых сухих веществ, что объясняется гомогенизацией ягод черники до состояния пюре при проведении испытаний. Снеки сублимированные на основе черники и снеки сублимированные на основе черники с добавлением пектина обладают одинаковыми показателями содержания растворимых сухих веществ (см. Таблицу 2), из чего можно сделать вывод о том, что добавление пектина в количестве 5% при сублимации пюре черники не влияет на содержание растворимых сухих веществ. Повышение содержания растворимых сухих веществ в образцах, прошедших сублимацию, объясняется увеличением концентрации сухих веществ в сырье за счет удаления влаги.

Ранее считалось, что содержание сахаров в плодах влияет только на органолептические показатели и калорийность плода, однако, было установлено, что сахара необходимые для формирования клеточных стенок, являются источниками энергии в растениях и используются в качестве прекурсоров для ароматических соединений плодов, влияют на синтез органических кислот, аминокислот, полифенолов, пигментов и ароматических соединений (Akšić, Tosti, Sredojević, Milivojević, Meland, Natić, 2019, p. 1–16). Установлено, что ягоды черники и пюре черники обладают одинаковыми показателями содержания сахаров, что объясняется гомогенизацией ягод черники до состояния пюре при проведении испытаний. Наивысшее содержание

сахаров обнаружено в исследуемых образцах, прошедших сублимацию (в 3 раза выше по сравнению с ягодами черники и пюре черники), что объясняется увеличением концентрации веществ в сырье.

Органические кислоты, содержащиеся в ягодах, не оказывает негативного влияния на обмен веществ человека вследствие быстрого окисления; они блокируют действие тяжелых металлов путем построения комплексов с ними (Gundogdu, Kan, Canan, 2016, p. 344–351). Определение титруемой кислотности ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина показало, что ягоды черники и пюре черники обладают одинаковыми показателями титруемой кислотности. Установлено, что наивысшими показателями титруемой кислотности среди образцов обладают снеки сублимированные на основе пюре черники и снеки сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина. Повышение значений титруемой кислотности в 5 раз по сравнению с не сублимированными образцами объясняется увеличением концентрации веществ в сырье.

Витамин С (аскорбиновая кислота) препятствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний, стимулирует иммунную систему в организме человека. Как правило, в ягодах L-аскорбиновая кислота составляет 90% общего содержания витамина С (Koyuncu, Dilmacunal, 2010, p. 95–98).

Определение содержания витамина С в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники,

снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина показало, что ягоды черники и пюре черники обладают одинаковыми показателями содержания витамина С. Наивысшими показателями обладали снеки сублимированные на основе пюре черники и снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина. Однако, показатели содержания витамина С сублимированных образцов превышают показатели ягод черники и пюре черники лишь в 1,4 раза. Для остальных же исследуемых показателей наблюдается увеличение в процессе сублимации в 2–4 раза вследствие удаления влаги, что подтверждает теоретические данные о термолабильности витамина С.

Пищевые продукты, богатые клетчаткой, способны оказывать физиологическое воздействие на тонкую и толстую кишку. Пищевые волокна обладают диспергируемостью, растворимостью в воде, вязкостью, хорошей абсорбцией и ферментируемостью, а также способностью к связыванию других соединений. Эти свойства могут приводить к различным физиологическим действиям, таким как снижение уровня холестерина и глюкозы в крови, поддержание здоровья желудочно-кишечного тракта и положительное влияние на биодоступность кальция и иммунную функцию (Rana, Bachheti, Chand, Barman, 2012, p. 101–118).

Определение содержания пищевых волокон в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина показало, что наивысшими показателями обладают снеки сублимированные на основе пюре черники и снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина. Наблюдается увеличение показателей в 2 раза в процессе сублимации по сравнению с исходным сырьем. Причем добавление пектина приводит к увеличению содержания пищевых волокон.

Анализ данных Таблицы 2 позволяет сделать вывод об отсутствии разницы в показателях содержания растворимых сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности, содержания витамина С и пищевых волокон ягод черники (*Vaccinium myrtillus*) и пюре черники, что объясняется гомогенизацией ягод черники до состояния пюре при проведении испытаний. Наблюдается увеличение содержания всех исследуемых показателей, за исключением витамина С (в 2–4 раза) в процессе сублимационной сушки, что объясняется

низкой лабильностью исследуемых показателей. Результаты испытаний свидетельствуют о термолабильности витамина С. Установлено, что введение пектина в состав сублимированных снеков на основе черники по всем исследуемым показателям, влияет только на содержание пищевых волокон, поскольку пектин сам относится к их числу, при его добавлении происходит незначительное увеличение содержания пищевых волокон по сравнению со снеками сублимированными без добавления пектина. Высокое содержание пищевых волокон в разработанных снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина позволяет использовать их в качестве перспективного продукта функционального назначения.

Одним из веществ, обуславливающих высокую биологическую ценность ягод черники, являются полифенолы. Полифенолы имеют химическую структуру пигментов, состоящих из множества ароматических цепочек с одной или несколькими гидроксильными, эта структура дает возможность противодействовать воздействию окисляющих веществ, выступая в качестве поглотителей свободных радикалов. Черничные полифенолы являются мощными внутриклеточными антиоксидантами даже при низких концентрациях, и их действие может быть прямым или опосредованным за счет усиления эндогенных антиоксидантов в клетках (Giacalone, Di Sacco, Traupe, Pagnucci, Forfori, Giunta, 2015) ингредиентам.

Результаты определения общего содержания фенольных веществ в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина представлены на Рисунке 1.

Данные рисунка 1 свидетельствуют о том, что наивысшим содержанием фенольных веществ обладают снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина, а наименьшим – ягоды черники (*Vaccinium myrtillus*). Наблюдается увеличение содержания фенолов после механической обработки и сублимационной сушки. Из-за механического воздействия на структуру продукта происходит более быстрое и активное разрушение внутриклеточных тканей растительного сырья, что приводит к интенсификации процесса экстракции и дает возможность увеличить содержание биологически активных соединений в растворе, что также приводит к увеличению целевых соединений в экстракте.

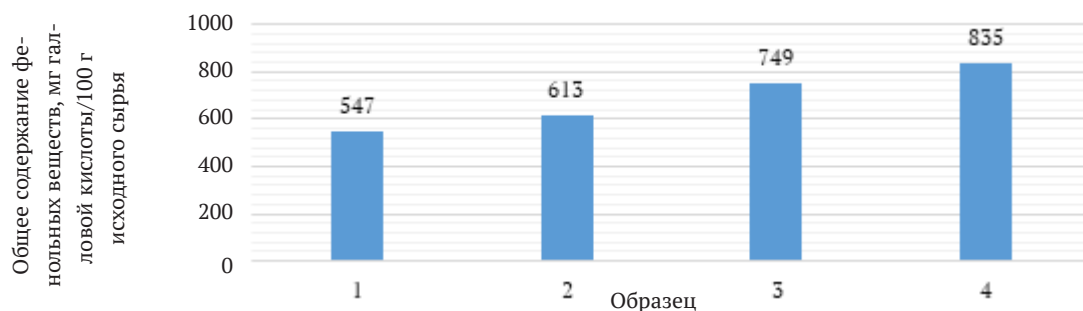


Рисунок 1. Общее содержание фенольных веществ в исследуемых образцах: 1 – ягоды черники; 2 – пюре ягод черники; 3 – снеки сублимированные на основе черники; 4 – снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина

Флавоноиды являются растительными природными соединениями с широким спектром биологического действия. Доказано, что флавоноиды способствуют сохранению когнитивных функций при старении, устранению возрастных нарушений двигательной функции и пространственной рабочей памяти (Vauzour, 2012).

На Рисунке 2 представлены результаты определения содержания флавоноидов в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина.

Согласно данным Рисунка 2, наивысшим содержанием флавоноидов обладают снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина, а наименьшим – ягоды черники (*Vaccinium myrtillus*). Наблюдается увеличение содержания флавоноидов после механической обработки и сублимационной сушки.

Антоцианы – водорастворимые пигменты растительных тканей, которые обуславливают цвет

черники. Они обладают многочисленными биологическими свойствами, в том числе противовоспалительным, антиоксидантным, противораковой активностью (Zhou, Xie, Yang, Liu, 2020, p. 1–12).

Результаты определения содержания антоцианов в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина представлены на Рисунке 3.

Из данных Рисунка 3 можно сделать вывод о повышении общего содержания антоцианов в процессе механической и тепловой обработки. Наивысшим содержанием антоцианов обладают снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина, а наименьшим – ягоды черники (*Vaccinium myrtillus*) (Drózdź, Sirgedaitė-Šežienė, Pyrzynska, 2017, p. 1–5).

На основе данных Рисунков 1, 2, 3 можно сделать ряд выводов о химическом составе ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков

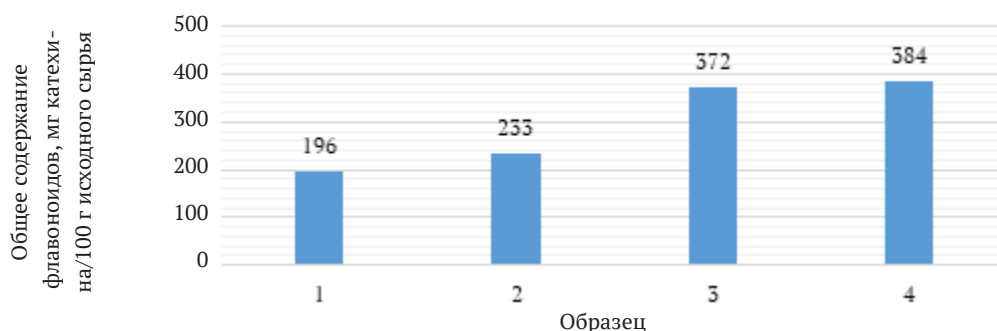


Рисунок 2. Общее содержание флавоноидов в исследуемых образцах: 1 – ягоды черники; 2 – пюре ягод черники; 3 – снеки сублимированные на основе черники; 4 – снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина



Рисунок 3. Общее содержание антоцианов в исследуемых образцах: 1 – ягоды черники; 2 – пюре ягод черники; 3 – снеки сублимированные на основе черники; 4 – снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина

сублимированных на основе черники с добавлением пектина. По всем исследуемым показателям наименьшие значения наблюдается у ягод черники, наивысшие – у снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина. Причем, показатели содержания фенолов, флавоноидов, антоцианов ягод черники и пюре черники обладают близкими значениями, как и показатели снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина. Таким образом, химический состав сохраняется в процессе сублимационной сушки, а за счет меньшего содержания влаги по сравнению с исходным продуктом, их процентное содержание увеличивается, что позволяет сделать вывод о перспективности использования разработанных сублимированных снеков в качестве инновационного вида функциональных продуктов.

Механизм антирадикального действия включает связывание в организме активных форм кислорода, которые могут вызвать окислительное повреждение клеточных макромолекул, в том числе ДНК, РНК, белков и липидов. Свободные радикалы считаются основной причиной возникновения

атеросклероза и различных хронических заболеваний, таких как ишемическая болезнь сердца, инсульт и ишемическая деменция. Антиоксиданты, вводимые с пищей, могут снизить частоту сердечно-сосудистых заболеваний, подавляя выработку свободных радикалов и окислительный стресс, защищая липопротеиды низкой плотности от окисления и агрегации и подавляя синтез провоспалительных цитокинов (Zhou, Xie, Yang, Liu, 2020).

Результаты определения антирадикальной активности исследуемых образцов по методу DPPH представлены на Рисунке 4.

Анализ данных Рисунка 4 свидетельствует о том, что наивысшим значением антирадикальной активности обладают снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина, а наименьшими – ягоды черники. Причем антирадикальная активность снеков с добавлением пектина в 13 раз превосходит антирадикальную активность ягод черники. Наблюдаются схожие значения показателей у ягод черники и пюре черники, а также у снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных

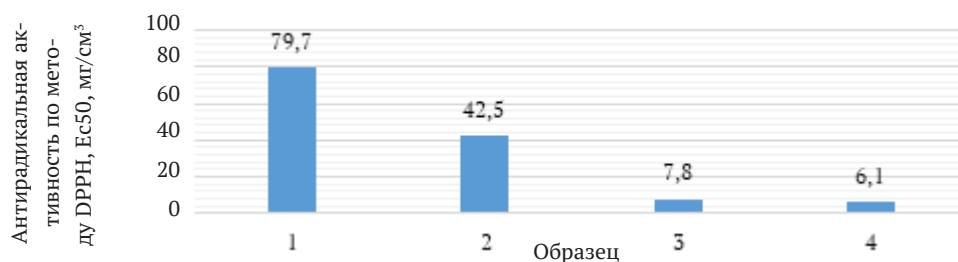


Рисунок 4. Антирадикальная активность исследуемых образцов: 1 – ягоды черники; 2 – пюре ягод черники; 3 – снеки сублимированные на основе черники; 4 – снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина

на основе пюре черники с добавлением пектина. Окислительный стресс определяется дисбалансом между повышенным уровнем активных форм кислорода и низкой активностью антиоксидантных механизмов. Повышенный окислительный стресс может вызвать повреждение клеточной структуры организма. Некоторые ионы металлов способны усиливать окислительный стресс. Эти ионы (Fe^{2+} и Cu^+) реагируют с H_2O_2 , окисляясь до Fe^{3+} и Cu^{2+} соответственно. Некоторые вещества, обладающие

восстанавливающей способностью, могут останавливать процесс окисления металлов (Lü, Lin, Yao, Chen, 2010, p. 840–860).

На Рисунке 5 представлены результаты определения восстанавливающей способности ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе черники с добавлением пектина.



Рисунок 5. Восстанавливающая способность исследуемых образцов: 1 – ягоды черники; 2 – пюре ягод черники; 3 – снеки сублимированные на основе черники; 4 – снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина

Данные Рисунка 5 свидетельствуют о близких значениях восстанавливающей способности исследуемых образцов. Наивысшими значениями восстанавливающей способности обладают снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина, наименьшими – ягоды черники.

Выводы

Были изучены органолептические, антиоксидантные, антирадикальные, восстанавливающие свойства и химический состав ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе черники с добавлением пектина.

Органолептическая оценка нового вида снеков сублимированных на основе пюре черники показала, что оба образца сублимированных снеков обладают привлекательными для потребителя свойствами, что может способствовать их реализации в качестве инновационного функционального продукта. Немаловажным аспектом для привлечения потребителя является полная натуральность продукта и польза его для здоровья человека, как психологический фактор высоко оцененные экспертной комиссией.

Установлено повышенное содержание растворимых сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности, витамина С и пищевых волокон в сублимированных снеках на основе пюре черники и сублимированных снеках на основе пюре черники с добавлением пектина по сравнению с ягодами черники и пюре черники.

Доказано повышение антиоксидантных свойств (общего содержания фенолов, флавоноидов, антоцианов), антирадикальной активности и восстанавливающей способности у образцов в ряду ягоды черники – пюре черники – сублимированные снеки на основе пюре черники – сублимированные снеки на основе пюре черники с добавлением пектина.

Установлено, что добавление пектина к снекам сублимированным на основе пюре черники способствует снижению крошливости и незначительному повышению содержания пищевых волокон.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания на фундаментальные исследования Самарского государственного технического университета № 778–2020–0005.

Литература

- Дубодел Н.П., Победа М.И., Шашин Д.Л. Сравнительная оценка методов анализа растворимых сухих веществ в концентрированных фруктовых и овощных пюре // *Пиво и напитки*. 2015. № 3. с. 40–43.
- Родригес С., Фернандес Ф.А.Н. Инновационные технологии переработки плодоовощной продукции / пер. с англ. под науч. ред. Ю.Г. Базарновой. СПб.: Профессия, 2014. 453 с.
- Akšić M.F., Tosti T., Sredojević M., Milivojević J., Meland M., Natić M. Comparison of sugar profile between leaves and fruits of blueberry and strawberry cultivars grown in organic and integrated production system // *Plants*. 2019. Vol. 8, issue 7. P. 1–16. <https://doi.org/10.3390/plants8070205>
- Alfaro S., Mutis A., Quiroz A., Segue I., Scheuermann E. Effects of drying techniques on murtila fruit polyphenols and antioxidant activity // *Journal of Food Research*. 2014. Vol. 3, issue 5. P. 73–82. <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n5p73>
- Butnariu M., Butu A. Chemical composition of vegetables and their // *handbook of food chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2015. P. 627–692. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5_17
- Cai X., Du X., Cui D., Wang X., Yang Z., Zhu G. Improvement of stability of blueberry anthocyanins by carboxymethyl starch/xanthan gum combinations microencapsulation // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 91. P. 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.034>
- Chea S., Yu D.J. Park J., Oh H.D., Chung S.W., Lee H.J. Preharvest β -aminobutyric acid treatment alleviates postharvest deterioration of 'bluecrop' highbush blueberry fruit during refrigerated storage // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 246. P. 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.036>
- Çoklar H., Akbulut M. Effect of sun, oven and freeze-drying of black grape // *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2017. Vol. 38, issue 2. P. 264–272. <http://dx.doi.org/10.21548/38-2-2127>
- Cutler R., Gholami S., Chua J.S., Kuberan B., Babu P.V. Blueberry metabolites restore cell surface glycosaminoglycans and attenuate endothelial inflammation in diabetic human aortic endothelial cells // *International Journal of Cardiology*. 2018. Vol. 261. P. 155–158. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.03.027>
- Drózd P., Sirgedaitė-Šežienė V., Pyrzyńska K. Phytochemical properties and antioxidant activities of extracts from wild blueberries and lingonberries // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2017. Vol. 72, issue 4. P. 1–5. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0640-3>
- Gapski A., Gomes T.M., Bredun M.A., Ferreira-Lima N.E., Ludka F.K., Bordignon-Luiz M.T., Burin V.M. Digestion behavior and antidepressant-like effect promoted by acute administration of blueberry extract on mice // *Food Research International*. 2019. Vol. 125. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108618>
- Ge Y., Li X., Li C., Tang Q., Duan B., Cheng Y., Hou J., Li J. Effect of sodium nitroprusside on antioxidative enzymes and the phenylpropanoid pathway in blueberry fruit // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 295. P. 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.160>
- Ge Y., Tang Q., Li C., Duan B., Li X., Wei M., Li J. Acibenzolar-s-methyl treatment enhances antioxidant ability and phenylpropanoid pathway of blueberries during low temperature storage // *LWT – Food Science & Technology*. 2019. Vol. 110. P. 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.069>
- Giacalone M., Di Sacco F., Traupe I., Pagnucci N., Forfori F., Giunta F. Bioactive nutraceuticals and dietary supplements in neurological and brain disease. N.Y.: Academic press, 2015. 528 P. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-06799-3>
- Gundogdu M., Kan T., Canan I. Bioactive and antioxidant characteristics of blackberry cultivars from East Anatolia // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2016. Vol. 40. P. 344–351. <https://doi.org/10.3906/tar-1511-78>
- Jeonga S.Y., Velmurugan P., Lim J.M., Oh B.T., Jeong D.Y. Photobiological (led light)-mediated fermentation of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruit with probiotic bacteria to yield bioactive compounds // *LWT – Food Science & Technology*. 2018. Vol. 93. P. 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.038>
- Jiménez-Monreal A.M., García-Diz L., Martínez-Tomé M., Mariscal M., Murcia M.A. Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables // *Journal of Food Science*. 2009. Vol. 74, issue 3. P. 97–103. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01091.x>
- Josh S.S., Howell A.B., D'Souza D.H. Antiviral effects of blueberry proanthocyanidins against aichi virus // *Food Microbiology*. 2019. Vol. 82. P. 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.02.001>
- Koyuncu M.A., Dilmacunal T. Determination of vitamin C and organic acid changes in strawberry by HPLC during cold storage // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2010. Vol. 38, issue 3. P. 95–98. URL: <https://www.notulaeobotanicae.ro/index.php/nbha/article/view/4819> (дата обращения: 12.08.2020).
- Kraujalyte V., Venskutonis P.R., Pukalskasa A., Česonienė L., Daubaras R. Antioxidant properties, phenolic composition and potentiometric sen-

- sorarray evaluation of commercial and new blueberry (*vaccinium corymbosum*) and bog blueberry (*vaccinium uliginosum*) genotypes // *Food Chemistry*. 2015. Vol. 188. P. 583–590. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.031>
- Lang Y., Gao H., Tian J., Shu C., Sun R., Lia B., Meng X. Protective effects of α -casein or β -casein on the stability and antioxidant capacity of blueberry anthocyanins and their interaction mechanism // *LWT – Food Science & Technology*. 2019. Vol. 115. P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108434>
- Liu B., Wang K., Shu X., Liang J., Fan X., Sun L. Changes in fruit firmness, quality traits and cell wall constituents of two highbush blueberries (*vaccinium corymbosum* L.) during postharvest cold storage // *Scientia Horticulturae*, 2019. Vol. 246. P. 557–562. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.042>
- Lü J.-M., Lin P.H., Yao Q., Chen C. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems // *Journal of Cellular and Molecular Medicine*. 2010. Vol. 14, issue 4. P. 840–860. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2009.00897.x>
- Miglio C., Chiavaro E., Visconti A., Fogliano V., Pellegrini N. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. Vol. 56, issue 1. P. 139–147. <https://doi.org/10.1021/jf072304b>
- Proestos C., Varzakas T. Aromatic plants: antioxidant capacity and polyphenol characterisation // *Foods*. 2017. Vol. 6, issue 28. P. 1–7. <https://doi.org/10.3390/foods6040028>
- Rana V., Bachheti R.K., Chand T., Barman A. Dietary fibre and human health // *International Journal of Food Safety, Nutrition and Public Health (IJFSNPH)*. 2012. Vol. 4, issue 4. P. 101–118. <https://doi.org/10.1504/IJFSNPH.2011.044528>
- Rodrigues E., Poerner N., Rockenbach I.L., Gonzaga L.V., Mendes C.R., Fett R. Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil // *Food Science and Technology*. 2011. Vol. 31, issue 4. P. 911–917. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000400013>
- Shi N., Mathai M.L., Xu G., McAinch A.J., Su X.Q. The effects of supplementation with blueberry, cyanidin-3-o- β -glucoside, yoghurt and its peptides on obesity and related comorbidities in a diet-induced obese mouse model // *Journal of Functional Foods*. 2019. Vol. 56. P. 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.03.002>
- Shivembe A., Ojinnaka D. Determination of vitamin C and total phenolic in fresh and freeze dried blueberries and the antioxidant capacity of their extracts // *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*. 2017. Vol. 4, issue 6. P. 1–5. <https://doi.org/10.15761/ifnm.1000197>
- Sun X., Zhou T., Wei C., Lan W., Zhao Y., Pan Y., Wu V.C. Antibacterial effect and mechanism of anthocyanin rich Chinese wild blueberry extract on various foodborne pathogens // *Food Control*. 2018. Vol. 94. P. 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.012>
- Türk P., Fraga S., Salvador I., Campos-Carraro C., Bahr A., Ortiz V., Hickmann A., Koetz M., Belló-Klein A., Henriques A., Agostini F., Araujo A. Blueberry extract decreases oxidative stress and improves functional parameters in lungs from rats with pulmonary arterial hypertension // *Nutrition*. 2020. Vol. 70. P. 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.110579>
- Vauzour D. Dietary polyphenols as modulators of brain functions: biological actions and molecular mechanisms underpinning their beneficial effects // *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2012. Vol. 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/914273>
- Wang H., Wu Y., Yu R., Wu C., Fan G., Li T. Effects of postharvest application of methyl jasmonate on physicochemical characteristics and antioxidant system of the blueberry fruit // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 258. P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108785>
- Yang J.Y. Shi W., Li B., Bai Y., Hou Z. Preharvest and postharvest UV radiation affected flavonoid metabolism and antioxidant capacity differently in developing blueberries (*vaccinium corymbosum* L.) // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 301. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125248>
- Zhou L., Xie C.M., Yang F., Liu J. Antioxidant activity of high purity blueberry anthocyanins and the effects on human intestinal microbiota // *LWT – Food Science & Technology*. 2020. Vol. 117. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108621>

Organoleptic, Physicochemical and Antioxidant Properties of Blueberry- based Snacks (*Vaccinium myrtillus*)

Ekaterina A. Vasilieva

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: katerinavasileva99@yahoo.com

Elena A. Eliseeva

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: e11seevaml@yandex.ru

Dinara F. Ignatova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: dinara-bakieva@mail.ru

Nadezhda V. Makarova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: makarovav1969@mail.ru

For blueberries (*Vaccinium myrtillus*), blueberry puree, freeze-dried snacks based on blueberry puree and freeze-dried snacks based on blueberry puree with pectin added, organoleptic parameters, soluble solids content, sugar content, titratable acidity, vitamin C content, dietary fiber, total content of phenols, flavonoids, anthocyanins, anti-radical activity according to the DPPH method, restoring strength according to the FRAP method. Organoleptic evaluation of a new type of freeze-dried snacks based on blueberry puree showed that both samples of freeze-dried snacks have attractive properties for consumers, which can contribute to their implementation as an innovative functional product. An important aspect for attracting consumers is the complete naturalness of the product and its health benefits, as a psychological factor highly appreciated by the expert commission. An increased content of soluble solids, sugars, titratable acidity, vitamin C and dietary fiber was found in freeze-dried snacks based on blueberry puree and freeze-dried snacks based on blueberry puree with pectin added compared to blueberries and blueberry puree. An increase in antioxidant properties (total content of phenols, flavonoids, anthocyanins), anti-radical activity, and regenerative ability of samples in a row of blueberry berries – blueberry puree – sublimated snacks based on blueberry puree – sublimated snacks based on blueberry puree with pectin was proved. It was found that the addition of pectin to sublimated snacks based on blueberry puree helps to reduce crumbling and a slight increase in dietary fiber content.

Keywords: blueberries (*Vaccinium myrtillus*), freeze-drying, extraction, anti-radical activity, antioxidant activity, solids, sugars, titratable acidity, vitamin C, dietary fiber

References

- Dubodel N.P., Pobeda M.I., Shashin D.L. Sravnitel'naya otsenka metodov analiza rastvorimyykh sukhikh veshchestv v kontsentrirrovannykh fruktovykh i ovoshchnyykh pyure [Comparative evaluation of soluble solids analysis methods in concentrated fruit and vegetable purees]. *Pivo i napitki [Beer and Beverages]*, 2015, no. 3, pp. 40–43.
- Rodriguez S., Fernades F.A.N. Innovatsionnye tekhnologii pererabotki plodoovoshchnoi produktsii. [Innovative technologies for fruit and vegetable processing]. S.-Petersburg: Professiya, 2014. 453 p.
- Akšić M.F., Tosti T., Sredojević M., Milivojević J., Meland M., Natić M. Comparison of Sugar Profile between Leaves and Fruits of Blueberry and Strawberry Cultivars Grown in Organic and Integrated Production System. *Plants*, 2019,

- vol. 8, issue 7, pp. 1–16. <https://doi.org/10.3390/plants8070205>
- Alfaro S., Mutis A., Quiroz A., Segue I., Scheuermann E. Effects of Drying Techniques on Murtilla Fruit Polyphenols and Antioxidant Activity. *Journal of Food Research*, 2014, vol. 3, issue 5, pp. 73–82. <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n5p73>
- Butnariu M., Butu A. Chemical Composition of Vegetables and Their Products. In Cheung P. (ed.) *Handbook of Food Chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2015, pp. 627–692. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5_17
- Cai X., Du X., Cui D., Wang X., Yang Z., Zhu G. Improvement of Stability of Blueberry Anthocyanins by Carboxymethyl Starch/Xanthan Gum Combinations Microencapsulation. *Food Hydrocolloids*, 2019, vol. 91, pp. 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.034>
- Chea S., Yu D.J. Park J., Oh H.D., Chung S.W., Lee H.J. Preharvest B-Aminobutyric Acid Treatment Alleviates Postharvest Deterioration of 'Bluecrop' Highbush Blueberry Fruit During Refrigerated Storage. *Scientia Horticulturae*, 2019, vol. 246, pp. 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.036>
- Çoklar H., Akbulut M. Effect of Sun, Oven and Freeze-Drying of Black Grape. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2017, vol. 38, issue 2, pp. 264–272. <http://dx.doi.org/10.21548/38-2-2127>
- Cutler R., Gholami S., Chua J.S., Kuberan B., Babu P.V. Blueberry Metabolites Restore Cell Surface Glycosaminoglycans and Attenuate Endothelial Inflammation in Diabetic Human Aortic Endothelial Cells. *International Journal of Cardiology*, 2018, vol. 261, pp. 155–158. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.03.027>
- Drózdź P., Sirgedaitė-Šežienė V., Pyrzynska K. Phytochemical Properties and Antioxidant Activities of Extracts from Wild Blueberries and Lingonberries. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2017, vol. 72, issue 4, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0640-3>
- Gapski A., Gomes T.M., Bredun M.A., Ferreira-Lima N.E., Ludka F.K., Bordignon-Luiz M.T., Burin V.M. Digestion Behavior and Antidepressant-Like Effect Promoted by Acute Administration of Blueberry Extract on Mice. *Food Research International*, 2019, vol. 125, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108618>
- Ge Y., Li X., Li C., Tang Q., Duan B., Cheng Y., Hou J., Li J. Effect of Sodium Nitroprusside on Antioxidative Enzymes and the Phenylpropanoid Pathway in Blueberry Fruit. *Food Chemistry*, 2019, vol. 295, pp. 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.160>
- Ge Y., Tang Q., Li C., Duan B., Li X., Wei M., Li J. Acibenzolar-S-Methyl Treatment Enhances Antioxidant Ability and Phenylpropanoid Pathway of Blueberries During Low Temperature Storage. *LWT – Food Science & Technology*, 2019, vol. 110, pp. 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.069>
- Giacalone M., Di Sacco F., Traupe I., Pagnucci N., Forfori F., Giunta F. Bioactive Nutraceuticals and Dietary Supplements in Neurological and Brain Disease. N.Y.: Academic press, 2015. 528 P. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-06799-3>
- Gundogdu M., Kan T., Canan I. Bioactive and Antioxidant Characteristics of Blackberry Cultivars from East Anatolia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2016, vol. 40, pp. 344–351. <https://doi.org/10.3906/tar-1511-78>
- Jeonga S.Y., Velmurugan P., Lim J.M., Oh B.T., Jeong D.Y. Photobiological (LED Light)-Mediated Fermentation of Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Fruit with Probiotic Bacteria to Yield Bioactive Compounds. *LWT – Food Science & Technology*, 2018, vol. 93, pp. 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.038>
- Jiménez-Monreal A.M., García-Diz L., Martínez-Tomé M., Mariscal M., Murcia M.A. Influence of Cooking Methods on Antioxidant Activity of Vegetables. *Journal of Food Science*, 2009, vol. 74, issue 3, pp. 97–103. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01091.x>
- Josh S.S., Howell A.B., D'Souza D.H. Antiviral Effects of Blueberry Proanthocyanidins Against Aichi Virus. *Food Microbiology*, 2019, vol. 82, pp. 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.02.001>
- Koyuncu M.A., Dilmacunal T. Determination of Vitamin C and Organic Acid Changes in Strawberry by Hplc During Cold Storage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2010, vol. 38, issue 3, pp. 95–98. URL: <https://www.notulaeobotanicae.ro/index.php/nbha/article/view/4819> (accessed: 12.08.2020).
- Kraujalyte V., Venskutonis P.R., Pukalskasa A., Česonienė L., Daubaras R. Antioxidant Properties, Phenolic Composition and Potentiometric Sensorarray Evaluation of Commercial and New Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) and Bog Blueberry (*Vaccinium uliginosum*) Genotypes. *Food Chemistry*, 2015, vol. 188, pp. 583–590. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.031>
- Lang Y., Gao H., Tian J., Shu C., Sun R., Lia B., Meng X. Protective Effects of A-Casein or B-Casein on the Stability and Antioxidant Capacity of Blueberry Anthocyanins and Their Interaction Mechanism. *LWT – Food Science & Technology*, 2019, vol. 115, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108434>
- Liu B., Wang K., Shu X., Liang J., Fan X., Sun L. Changes in Fruit Firmness, Quality Traits and Cell Wall Constituents of Two Highbush Blueberries

- (*Vaccinium Corymbosum* L.) During Postharvest Cold Storage. *Scientia Horticulturae*, 2019, vol. 246, pp. 557–562. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.042>
- Lü J.-M., Lin P.H., Yao Q., Chen C. Chemical and Molecular Mechanisms of Antioxidants: Experimental Approaches and Model Systems. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 2010, vol. 14, issue 4, pp. 840–860. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2009.00897.x>
- Miglio C., Chiavaro E., Visconti A., Fogliano V., Pellegrini N. Effects of Different Cooking Methods on Nutritional and Physicochemical Characteristics of Selected Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, vol. 56, issue 1, pp. 139–147. <https://doi.org/10.1021/jf072304b>
- Proestos C., Varzakas T. Aromatic Plants: Antioxidant Capacity and Polyphenol Characterisation. *Foods*, 2017, vol. 6, issue 28, pp. 1–7. <https://doi.org/10.3390/foods6040028>
- Rana V., Bachheti R.K., Chand T., Barman A. Dietary Fibre and Human Health. *International Journal of Food Safety, Nutrition and Public Health (IJFSNPH)*, 2012, vol. 4, issue 4, pp. 101–118. <https://doi.org/10.1504/IJFSNPH.2011.044528>
- Rodrigues E., Poerner N., Rockenbach I.I., Gonzaga L.V., Mendes C.R., Fett R. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Blueberry Cultivars Grown in Brazil. *Food Science and Technology*, 2011, vol. 31, issue 4, pp. 911–917. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000400013>
- Shi N., Mathai M.L., Xu G., McAinch A.J., Su X.Q. The Effects of Supplementation with Blueberry, Cyanidin-3-O-B-Glucoside, Yoghurt and its Peptides on Obesity and Related Comorbidities in a Diet-Induced Obese Mouse Model. *Journal of Functional Foods*, 2019, vol. 56, pp. 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.03.002>
- Shivembe A., Ojinnaka D. Determination of Vitamin C and Total Phenolic in Fresh and Freeze Dried Blueberries and the Antioxidant Capacity of Their Extracts. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*, 2017, vol. 4, issue 6, pp. 1–5. <https://doi.org/10.15761/ifnm.1000197>
- Sun X., Zhou T., Wei C., Lan W., Zhao Y., Pan Y., Wu V.C. Antibacterial Effect and Mechanism of Anthocyanin Rich Chinese Wild Blueberry Extract on Various Foodborne Pathogens. *Food Control*, 2018, vol. 94, pp. 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.012>
- Türk P., Fraga S., Salvador I., Campos-Carraro C., Bahr A., Ortiz V., Hickmann A., Koetz M., Belló-Klein A., Henriques A., Agostini F., Araujo A. Blueberry Extract Decreases Oxidative Stress and Improves Functional Parameters in Lungs from Rats with Pulmonary Arterial Hypertension. *Nutrition*, 2020, vol. 70, pp. 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.110579>
- Vauzour D. Dietary Polyphenols as Modulators of Brain Functions: Biological Actions and Molecular Mechanisms Underpinning Their Beneficial Effects. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012, vol. 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/914273>
- Wang H., Wu Y., Yu R., Wu C., Fan G., Li T. Effects of Postharvest Application of Methyl Jasmonate on Physicochemical Characteristics and Antioxidant System of the Blueberry Fruit. *Scientia Horticulturae*, 2019, vol. 258, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108785>
- Yang J.Y. Shi W., Li B., Bai Y., Hou Z. Preharvest and Postharvest UV Radiation Affected Flavonoid Metabolism and Antioxidant Capacity Differently in Developing Blueberries (*Vaccinium Corymbosum* L.). *Food Chemistry*, 2019, vol. 301, pp. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125248>
- Zhou L., Xie M., Yang F., Liu J. Antioxidant Activity of High Purity Blueberry Anthocyanins and the Effects on Human Intestinal Microbiota. *LWT – Food Science & Technology*, 2020, vol. 117, pp. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108621>

Разработка комплексной оценки белкового состава молока сырья различных сельскохозяйственных животных для выработки продуктов функциональной направленности

Мельденберг Дарья Николаевна

ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности»

Адрес: 115093, город Москва, ул. Люсиновская, д.35, корп.7

E-mail: d_meldenberg@vnimi.org

Полякова Ольга Сергеевна

ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности»

Адрес: 115093, город Москва, ул. Люсиновская, д.35, корп.7

E-mail: o_polyakova@vnimi.org

Семёнова Елена Сергеевна

ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности»

Адрес: 115093, город Москва, ул. Люсиновская, д.35, корп.7

E-mail: e_semenova@vnimi.org

Юрова Елена Анатольевна

ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности»

Адрес: 115093, город Москва, ул. Люсиновская, д.35, корп.7

E-mail: e_yurova@vnimi.org

В последнее время значительный интерес приобретает производство пищевой продукции с повышенной биологической ценностью, с новыми составными ингредиентами и функциональными характеристиками, обусловленными как составом компонентов, так и применяемым сырьем. Для производства такой продукции требуется подбор оптимального молочного сырья с обязательной оценкой количества белка, его состава и полноценности, что было осуществлено в данной работе, где рассматривалось молоко сырья разных сельскохозяйственных животных. В ходе выполнения работы в качестве методов исследований применяли как общепринятые и стандартизованные методики измерений, так и усовершенствованные, в частности для определения аминокислотного состава применяли метод капиллярного электрофореза (КЭФ). По результатам исследований установлена зависимость содержания массовой доли белка от содержания небелковых азотистых веществ, истинного белка, незаменимых и заменимых аминокислот. Отмечена необходимость определения истинного белка для учета полноценности белка готового продукта. Установлено, что при пересчете количества аминокислот мг/1г на содержание истинного белка, то количество незаменимых и заменимых аминокислот пропорционально увеличивается на 1,05–1,08% в сравнении с пересчетом на содержание общего белка, то есть неучтенным остается примерно 1г полноценного молочного белка.

Ключевые слова: молоко сырое, массовая доля белка, небелковый азот, истинный белок, аминокислотный состав, аминокислотный скор, биологическая ценность, функциональные свойства

Введение

В современном мире остро встает вопрос о дефиците сырья, полностью обеспечивающего потребности организма человека в белке и незаменимых аминокислотах. В целях обеспечения выполнения распоряжения Правительства Российской

Федерации №1873-р от 25.10.2010 г «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года», одной из первостепенных задач является разработка и создание функциональных продуктов питания, в том числе и продуктов белковой направленности.

Так как белок выполняет основную структурную функцию в организме человека и в отличие от жиров и углеводов не депонируется, организму требуется постоянное потребление сбалансированных по белковому составу продуктов питания (Лысыков, 2012, с. 88–105; Рудаков, Рудакова, 2019, с. 32–35).

Для решения данной проблемы во всем мире проводится ряд мероприятий, направленных на получение сырья и производство продукции функциональной направленности с полноценным белком. Научные разработки ведутся в следующих направлениях:

- селекционная работа по подбору видов сельскохозяйственных животных и их продуктивности;
- составление кормовых рационов;
- подбор сырья и изучение его функциональных свойств;
- составление рецептур с учетом получения в составе готового продукта рекомендованного количества полноценного белка;
- разработка и применение высокотехнологических процессов производства функциональных продуктов, направленных на минимизацию белковых потерь и сохранение их биологической (пищевой) ценности.

Литературный обзор

В последние годы появился интерес к применению при производстве пищевых продуктов функциональной направленности молока других сельскохозяйственных животных помимо коровьего, что связано в первую очередь с увеличением количества ферм и объемов производимого молока (по данным FAOSTAT объем производимого козьего молока увеличивается ежегодно на 5–10%, а овечьего по сравнению с 2013г увеличилось в 3 раза), а также с доказанными лечебными свойствами и особенностью состава молока козьего, а также овечьего, кобыльего и верблюжьего (Шувариков, Пастух, Жукова, Жижин, 2019, с. 130–148; Юрова, Семенова, Мельденберг, Канина, Робкова, 2017, с. 60–63; Шувариков, Хататаев, Пастух, Робкова, Семенова, Коробейник, 2019, с. 30–32). Данный факт позволяет рассматривать применение молока других сельскохозяйственных животных в качестве ингредиента при производстве продуктов функциональной направленности (Донская, 2007, с. 52–53; Зобкова, 2018, с. 75–76; Зобкова, Фурсова, Зенина, 2018, с. 64–69). Также прослеживается тенденция роста использова-

ния козьего молока при производстве продуктов детского, лечебно-профилактического питания и сыров (Бахтиярова, 2016, с. 96–99; Асембаева, Галстян, Хуршудян, Нурмуханбетова, Велямов, Алёнова, Сейдахметова, 2017, с. 67–73).

По данным многочисленных исследований именно белки молока обладают функциональными свойствами и по этой причине находят широкое применение в пищевой промышленности (Augustin, Udabage, 2007, p. 1–38; Singh, 2011, p. 887–893; Mattila-Sandholm, Saarela, 2003, p. 11–13; Агаркова, Кручинин, Рязанцева, Пряничникова, 2019, с. 81–88). Особый интерес представляют исследования составных частей молочного белка, в том числе аминокислотного состава, молекулярно-массового распределения его фракций и их соотношений, содержания свободных аминокислот, поскольку белки обеспечивают организм всеми необходимыми незаменимыми аминокислотами (Донская, 2007, с. 52–53; Dziuba B., Dziuba M., 2014, p. 5–26).

Также одной из основных задач современной технологии переработки молока является сохранение свойств белка молочного сырья, что позволяет обеспечить свойства, состав, определенную структуру, технологические и потребительские свойства конечного продукта¹ (Федотова, Донская, Рожкова, Асафов, Добрян, Чумакова, 2016, с. 15–18; Kinsella, Melachouris, 1976, p. 219–280; Фильчакова, Медведев, Тамбовцев, 2006, с. 42–44).

Известно, что основным функциональным макронутриентом молока сырья является белок, чьи свойства тесно связаны с его строением, физико-химическими характеристиками и биологическими функциями, в том числе и высокой пищевой ценностью¹ (Агаркова, Кручинин, Рязанцева, Пряничникова, 2019, с. 81–88).

Применение пищевых белков в качестве функциональных ингредиентов оказывает влияние на улучшение структуры пищевых продуктов и константность при переработке (Молчанова, Суслынок, 2013, с. 16–22).

Функционально-технологические свойства молочных белков можно разделить на две основные группы (Augustin, Udabage 2007, p. 1–38; Singh, 2011, p. 887–893; Mattila-Sandholm, Saarela, 2003, p. 11–13):

- гидродинамические или связанные с гидратацией, которые включают водосвязывающую

¹ Демирова А.Ф., Истригова Т.А. Производство функциональных продуктов питания: учеб. пособие. Махачкала, 2015. 180 с.

способность, растворимость, вязкость и гелеобразование;

- технологические – эмульгирование, вспенивание и пленкообразование, связанные с поверхностно-активными свойствами белков.

Молочные белки могут проявлять и несколько функциональных свойств одновременно, что позволяет расширять возможности последующего их применения в пищевой промышленности (Фильчакова, Медведев, Тамбовцев, 2006, с. 42–44; Singh, 2011, р. 887–893; Кручинин, Агаркова, 2018, с. 36–39; Юрова, Денисович, Кобзева, Мельденберг, Семёнова, Жижин, Пахомова, 2019, с. 50–53; Галстян, Аксёнова, Лисицын, Оганесянц, Петров, 2019, с. 539–542; Федотова, Донская, Рожкова, Асафов, Добриян, Чумакова, 2016, с. 15–18). При этом необходимо учитывать тот факт, что свойства молочных белков варьируются в зависимости от различных факторов, в том числе от активной кислотности (рН), температуры, концентрации ионов, содержания кальция, сахаров и гидроколлоидов, а также влияния параметров технологической обработки (Kinsella Melachouris, 1976, р. 219–280; Singh, 2011, р. 887–893).

В ГОСТ Р 52054–2003 (Изменение № 2)², установлены новые критерии оценки молока коровьего сырого: «Содержание небелкового азота и истинного белка, расчет которого является разность между массовой долей общего азота и небелкового азота, умноженная на коэффициент 6,38». Данные критерии оценки позволяют установить «технологичный» белок, т.е. тот белок, который в процессе производства не разрушается, что позволяет прогнозировать качество готового продукта (Юрова, Семенова, Мельденберг, Канина, Робкова, 2017, с. 50–53; Юрова, Кобзева, Полякова, 2016, с. 38–41).

Получение новых данных об интеграции молочных белков с микро- и макронутриентами сложных многокомпонентных пищевых систем, к которым относятся функциональные продукты, выработанные на молочной основе дает понимание природы их взаимодействия и позволяет оценить степень его влияния на качество готового продукта (Зобкова, 2007, с. 75–76).

Особое внимание при исследовании свойств молока сырья, применяемого в качестве основного компонента при производстве функциональных продуктов белковой направленности,

следует уделить не только количеству белка, но и его полноценности, то есть, сбалансированности аминокислотного состава. Дефицит или переизбыток отдельных аминокислот может приводить к необратимым нарушениям работы органов и их систем, а также вызывать патологические изменения в организме человека, особенно опасные в раннем возрасте (Нечаева, Друк, Лялюкова, 2013, с. 23–26; Литвицкий, Мальцева, 2015, с. 95–107). Потребление в пищу несбалансированных по белковому составу продуктов может привести к нарушению белкового обмена и как следствие к развитию заболеваний различной этиологии, связанных со сбоем работы органов и систем всего организма (Рудаков, Рудакова, 2019, с. 32–35).

В качестве индикаторного показателя белкового обмена принято считать азотистый баланс, представляющий собой разность между потребляемым и выделяемым организмом человека количеством азота. Выделяют три вида азотистого баланса:

- нулевой, характерный для взрослого здорового организма, при котором потребляемое и выводимое количество азотистых соединений находится в равном соотношении;
- положительный, где количество поступившего азота превышает выводимый. Такой баланс считается нормой для детей и взрослых в период беременности и регенеративный период, но может являться и патологией при сопутствующих заболеваниях;
- отрицательный, при котором количество поступающего азота, ниже отводимого организмом. Причиной возникновения могут стать длительное голодание, стрессы, тяжелая форма сахарного диабета и т.п. (Литвицкий, Мальцева, 2015, с. 95–107).

Существует несколько видов нарушений белкового и аминокислотного обмена в организме человека, одним из которых является непропорциональность количества белков и аминокислот, поступающих в организм к его потребностям. Установлено, что суточное количество потребления, требующееся организму человека для выполнения общего расхода белка и необходимого количества незаменимых аминокислот, находится в пределах 1,5–2,5 г на 1 кг массы тела³ (Мальцева, 2015, с. 95–107; Kinsella, Melachouris, 1976, р. 219–

² ГОСТ Р 52054–2003. Молоко натуральное коровье – сырье. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2008. 16 с.

³ МР 2.3.1.2432–08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Рос. Федерации / утвержденные 18.12.2008 главным санитарным врачом Рос. Федерации Г.Г. Онищенко. Москва, 2008. 39 с.

280). Нехватка поступающего в организм белка, в комплексе с минеральными веществами и углеводами необходимыми для его полноценного усвоения может привести к белково-энергетической недостаточности, которая в свою очередь влечёт за собой развитие целого ряда заболеваний, в том числе наследственных, таких как квашиоркор, алиментарная дистрофия и т.п. (Нечаева, Друк, Лялюкова, 2013, с. 23–26; Литвицкий, Мальцева, 2015, с. 95–107).

Одним из наиболее распространенных заболеваний, связанных с нарушением аминокислотного обмена, является фенилкетонурия, обусловленная дефицитом фенилаланина-4-гидроксилазы фермента, обеспечивающего переход фенилаланина в тирозин (Бушуева, 2010, с. 157–160; Малиновский, 2011, с. 116–119; Литвицкий, Мальцева, 2015, с. 95–107). Данное утверждение позволяет сделать вывод, что потребность организма в полноценном белке обеспечивает полный аминокислотный состав продуктов питания или биологическую (пищевую) ценность. Для установления биологической (пищевой) ценности белка применяют химические и биологические (с применением животных и микроорганизмов) методы исследований (Хамагаева, Хараев, Жеребятёва, Щёктова, 2015, с. 72–77; Рудаков, Рудакова, 2019, с. 32–35).

Наиболее доступным методом оценки биологической ценности продуктов питания является метод определения аминокислотного скор

(*scor* – счёт, подсчёт), который рассчитывают по формуле (1) (Липатов, 1990, с. 5–10; Липатов, Рогов, 1987, с. 9–15; Образов, Надточий, Сафронова, 2019, с. 447–453):

$$AC = \frac{AK_{np}}{AK_{ub}} \cdot 100, \quad (1)$$

где: *AC* – аминокислотный скор, %; *AK_{np}* – содержание любой незаменимой аминокислоты в 1 г белка исследуемого продукта, мг; *AK_{ub}* – содержание любой незаменимой аминокислоты в 1 г стандартного (эталонного, «идеального») белка, мг.

Эталонный белок представляет собой идеально сбалансированный по аминокислотному составу теоретический белок, в котором скор по каждой из незаменимых аминокислот по данным утвержденным ФАО/ВОЗ в 1973г и уточненным в 1985 г, а позднее в 2007 г и 2011г равен 100% (FAO Food and Nutrition Paper 92, 2013⁴). С учетом погрешности (неопределенности) методов испытаний, составляющих от 5 до 10% относительно полноценным принято считать белок, скор аминокислот которого равен 95% и более (Лепешкин, Надточий, Четчикова, 2020; CAC/GL 4–1989; FAO Food And Nutrition Paper⁵).

Аминокислоту с самым низким скором принято называть лимитирующей (лат. *Limitus* – граница) именно она определяет степень усвоения белка организмом, так как аминокислоты со скором

Таблица 1

Аминокислотный состав и аминокислотный скор стандартного (эталонного) белка, рекомендуемый ФАО/ВОЗ (CAC/GL 4-1989; FAO Food And Nutrition Paper 92, 2013)

Наименование аминокислоты	Эталонный белок, г аминокислоты в 100 г белка (2011г)	
	<i>A*</i>	<i>AC**</i>
Гистидин	2,0	100
Изолейцин	3,2	100
Лейцин	6,6	100
Лизин	5,7	100
Метионин + цистин***	2,7	100
Фенилаланин + тирозин***	5,2	100
Треонин	3,1	100
Триптофан	0,85	100
Валин	4,3	100

⁴ Dietary protein quality assessment in human nutrition: report of an FAO Expert Consultation March 31 – April 2, 2011. Auckland, 2013. 68 P. URL: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf> (дата обращения: 04.08.2020).

⁵ CAC/GL 4–1989. General Guidelines For The Utilization Of Vegetable Protein Products (VPP) in Foods. URL: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/guidelines/en/> (дата обращения: 04.08.2020).

значительно превышающим лимитирующую не используются в биосинтезе белка и не депонируются в организме человека (Липатов, 1990, с. 5–10; Литвицкий, Мальцева, 2015, с. 95–107).

Значения аминокислотного состава эталонного («идеального») белка представлены в Таблице 1.

Учитывая все вышеизложенное можно сделать вывод, что для подбора сырья, применяемого при производстве продуктов функциональной направленности необходимо проводить комплексное исследование его белкового состава, с учетом полного аминокислотного состава и расчетом биологической ценности белка.

Теоретическое обоснование

Оценка функциональных возможностей белков остается важной частью исследований молочных продуктов функциональной направленности и особенно это актуально при разработке новых видов молочной продукции, в том числе выработанных с применением различного молочного сырья. Разработка и применение новых методов оценки белкового состава позволит оценить не только состав продукта и его биологическую ценность, но и вклад белков в функциональные свойства (Kristo, Corredig, 2015, p. 47–73; Zdzislaw, 2001; Бабич, 2009).

Получение новых достоверных данных при исследовании физико-химических свойств белков молока позволит прогнозировать состав и свойства готового продукта функциональной направленности и решить задачу сохранения свойств и составных частей белка молока сырья (Wilding, Lillford, Regenstien, 2008, p. 182–189; Zdzislaw, 2001).

Разработка методологии оценки изменений функциональных свойств белков позволила бы повысить полезность многих нетрадиционных источников белка и расширить возможности технологии переработки молочного сырья. В качестве методических подходов оценки функциональных свойств пищевых белков целесообразно использовать состав белка, включая

аминокислотный и фракционный состав с учетом общего и небелкового азота. Понимание состава белка, его структуры, механизмов структурообразования биополимеров и др. должно привести к более глубокому пониманию основы функциональности продукта (Ryan, 1977, p. 67–91; Zdzislaw, 2001).

Целью данных исследований являлась разработка комплексной оценки белкового состава молока сырья различных с/х животных, как основы для выработки продуктов функциональной направленности.

Для реализации поставленной цели были определены следующие задачи:

- провести исследования молока сырья различных видов с/х животных по содержанию массовой доли белка, небелкового азота, белков сывороточной и казеиновой фракций, массовой доли истинного белка, аминокислотному составу;
- определить характеристики полноценности белка применительно к продуктам функциональной направленности с учетом аминокислотного сора;
- рассчитать биологическую ценность молочного белка

Материалы и методы исследования

Объектами исследований являлось молоко сырое: коровье, козье, овечье, кобылье.

Для определения белкового состава применяли следующие методы анализа:

- массовую долю белка и общего азота (ОА) определяли методом Кьельдаля в соответствии с ГОСТ 23327–98⁶;
- содержание сывороточных белков (СБ) по ГОСТ 34536–2019⁷;
- содержание небелкового азота (НБА) по ГОСТ Р 55246–2012⁸;
- содержание казеиновых белков (КБ) методом Кьельдаля по СТБ ISO 17997–1–2012⁹;

⁶ ГОСТ 23327–98. Молоко и молочные продукты. Метод измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю и определение массовой доли белка. М.: Стандартинформ, 2009. 11 с.

⁷ ГОСТ 34536–2019. Молоко и молочная продукция. Определение массовой доли сывороточных белков методом Кьельдаля. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

⁸ ГОСТ Р 55246–2012. Молоко и молочные продукты. Определение содержания небелкового азота с применением метода Кьельдаля. М.: Стандартинформ, 2013. 14 с.

⁹ СТБ ISO 17997–1–2012. Молоко. Определение содержания казеинового азота. Ч. 1. Косвенный метод (арбитражный метод). Минск: Госстандарт, 2004. 11 с.

- расчет массовой доли истинного белка (ИБ) осуществляли по ГОСТ Р 52054–2003¹⁰ (Изменение №2);

Исследования проводили с применением следующего оборудования:

- для минерализации проб использовали дигестор SH220F с системой отвода паров серной кислоты WD03 (фирмы Nanon, Китай). Максимальная температура нагрева 450°C;
- для отгонки аммиака использовали полуавтоматическую систему дистилляции K9840 (фирмы Nanon, Китай);

Содержание аминокислотного состава осуществляли методом капиллярного электрофореза (КЭФ). Данный метод определения аминокислот основан на предварительном кислотном и щелочном (только для триптофана) гидролизе, с целью перевода аминокислот в свободные формы, получении фенилизотиокарбамильных производных, дальнейшем их разделении и количественном определении методом капиллярного электрофореза. Исключение составляет триптофан, при его определении использовали прямое детектирование, которое проводили на оборудовании «Капель – 205» (Люмекс, Россия) в УФ – области спектра при длине волны 254 нм, с использованием кварцевого капилляра, внутренний диаметр

которого 50 мкм и общая длина 75 см, объем пробы составлял 2,5 см³.

По всем исследованным показателям испытания проведены в двух повторностях на массиве образцов: молоко коровье – 150 проб, молоко козье – 86 проб, молоко овечье – 39 проб, кобылье молоко – 22 пробы.

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе проведения исследований был изучен белковый состав молока сырого разных сельскохозяйственных животных с учетом расчетной величины истинного белка (Таблица 2).

Сравнительный анализ белкового состава молока разных видов сельскохозяйственных животных показал, что самое низкое значение массовой доли белка у кобыльего молока 2,26%, а самое высокое содержание отмечено у овечьего молока – 5,16%. Также было отмечено, что значение массовой доли истинного белка (ИБ) является наиболее объективной величиной по сравнению с массовой долей белка в целом. Если принять весь белок в молоке за 100%, то разность между значениями массовой доли общего белка и массовой долей истинного белка в процентном соотношении

Таблица 2

Состав молока сырого различных видов сельскохозяйственных животных

Наименование показателя	Фактическое значение			
	Молоко коровье сырое	Молоко козье сырое	Молоко овечье сырое	Молоко кобылье сырое
Массовая доля белка, %	3,37 ±0,09	3,76±0,09	5,16±0,11	2,26±0,06
Содержание общего азота, %	0,528±0,006	0,586±0,007	0,809±0,008	0,354±0,006
Содержание небелкового азота, %	0,032±0,003	0,042±0,003	0,058±0,003	0,017±0,003
Массовая доля истинного белка, %	3,16±0,06	3,47±0,06	4,79±0,06	2,15±0,06
Содержание сывороточных белков, %	0,82±0,05	1,0±0,07	1,39±0,08	1,08±0,07
Содержание казеиновых белков, %	2,57±0,04	2,78±0,08	3,79±0,07	1,17±0,07
Соотношение казеиновых белков и сывороточных белков, % от общего количества белка	72,3/23,7	73,9/26,1	73,4/26,9	51,8/47,8

¹⁰ ГОСТ Р 52054–2003. Молоко коровье сырое. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2004. 16 с.

ношении составила 6,1% для коровьего молока, 7,7% для козьего, 7,2% для овечьего и 0,6% для кобыльего молока. Поэтому при расчете пищевой и биологической ценности молочных продуктов, а особенно продуктов функциональной направленности целесообразно учитывать именно массовую долю истинного белка, фактически ответственную за технологические свойства системы.

Результаты, представленные в Таблице 2 показывают, что соотношение казеиновых белков к сывороточным белкам в молоке коровьем, козьем и овечьем составило приблизительно 3:1, а в кобыльем примерно 1:1.

Результаты исследования полного аминокислотного состава молока сырья разных видов с/х животных приведены на Рисунках 1 и 2.

По полученным результатам (Рисунок 1) состав незаменимых аминокислот кобыльего молока существенно отличается от молока других видов с/х животных, что в первую очередь обусловлено изначально низким содержанием белка. В частности, отмечено снижение на 50–70% практически по всем незаменимым аминокислотам по сравнению с коровьим молоком, за исключением содержания аргинина и триптофана.

При этом состав заменимых аминокислот всех исследуемых образцов молока сырья имеет схожее

соотношение аминокислот с незначительными отклонениями, что в большей степени коррелирует с содержанием общего белка в исследованных образцах (Рисунок 2).

Результаты оценки аминокислотного состава общепринято выражать в мг/г белка или в г/100 г белка по каждой аминокислоте и суммарно, что позволило провести расчет и с учетом содержания ИБ. Полученные результаты исследований, приведенные в Таблице 2 содержания небелковых азотистых веществ (НБА) в диапазоне от 3% до 10% позволили осуществить пересчет количественного содержания аминокислот на ИБ. В связи с этим прогнозируемые данные по содержанию аминокислот в готовом продукте могут отличаться от фактических значений.

В Таблице 3 приведены значения содержания заменимых аминокислот в мг/1г белка и мг/1г ИБ.

В Таблице 4 приведены сравнительные результаты исследований содержания незаменимых аминокислот (полноценного белка) в мг/1г белка и мг/1г ИБ.

По результатам проведенных исследований (Таблица 3 и 4) установлено, что при пересчете аминокислот на 1г ИБ содержание заменимых и незаменимых аминокислот пропорционально увеличивается на 1,05–1,08% по отношению к значениям, вычисляемым с учетом общего белка.

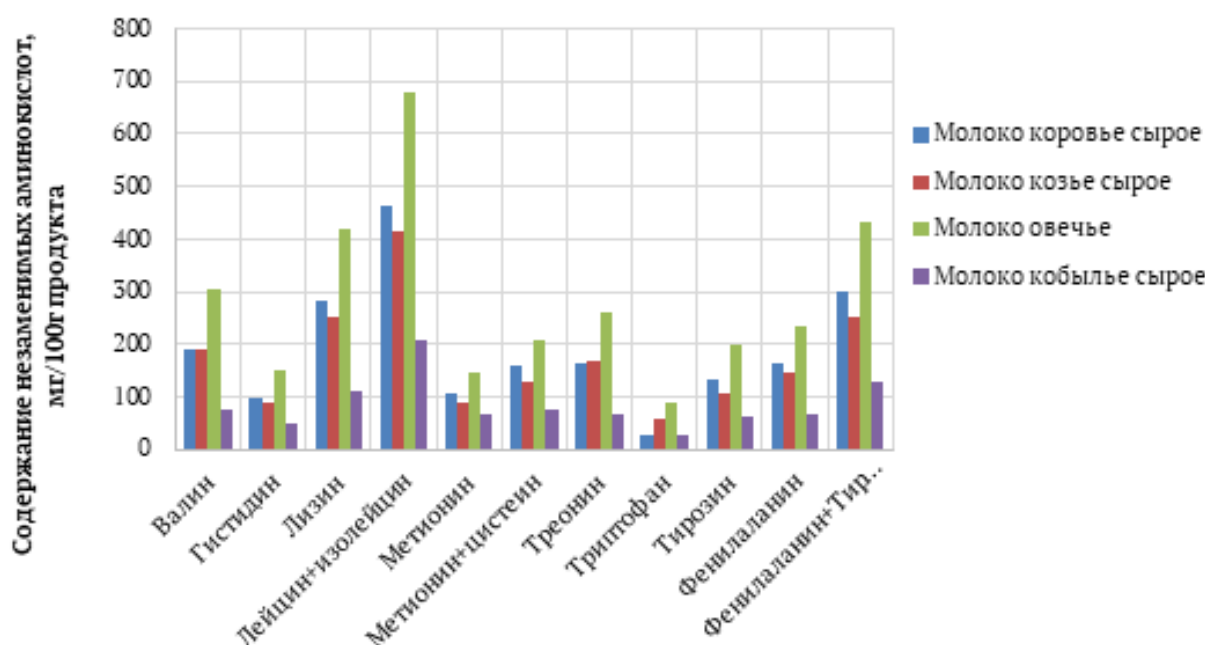


Рисунок 1. Содержание незаменимых аминокислот в молоке сырье различных сельскохозяйственных животных

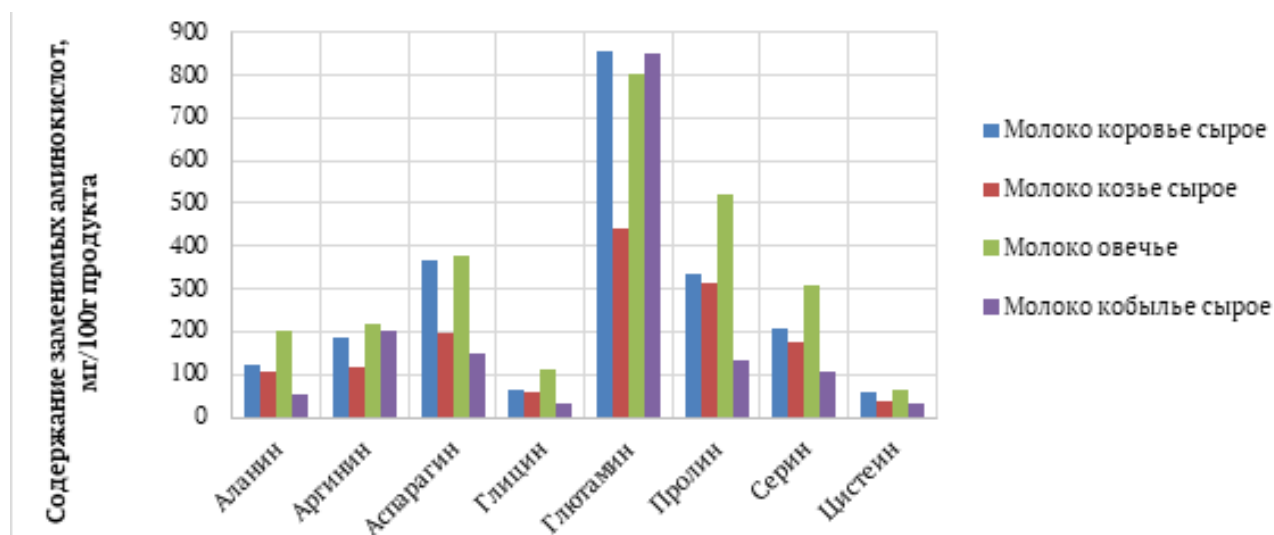


Рисунок 2. Содержание заменимых аминокислот в молоке сырье различных сельскохозяйственных животных

Следовательно, неучтенным остается примерно 1 г полноценного белка. Применяя правильную оценку расчета полноценности белка при подборе молочного сырья, можно не только снизить себестоимость готового продукта, но и не допустить

переизбытка или дефицита белка в готовом продукте. Соотношение незаменимых и заменимых аминокислот всех исследованных образцов молока сырья свидетельствуют о сбалансированности аминокислотного состава (содержание незаме-

Таблица 3

Содержание заменимых аминокислот молока сырья, полученного от разных видов сельскохозяйственных животных

Наименование аминокислоты	Молоко коро- вые сырое		Молоко козье сырое		Молоко овечье сырое		Молоко кобылье сырое	
	Содержание аминокислоты, мг/г							
	белка	«ИСТИННО- го белка»	белка	«ИСТИННО- го белка»	белка	«ИСТИННО- го белка»	белка	«ИСТИННО- го белка»
Заменимые аминокислоты:								
Аланин	35,61±2,14	37,97±2,28	28,22±1,69	30,58±1,83	40,94 ±2,46	44,12±2,65	23,92 ±1,44	25,15±1,51
Аргинин	55,64±	59,34±	31,33±	33,95±	44,16±	47,59±	89,10±	93,66±
	3,34	3,56	1,88	2,04	2,65	2,86	5,35	5,62
Аспарагин + Аспа- рагиновая кислота	108,69±6,52	115,92±6,96	52,93 ±3,18	57,35±3,44	76,03 ±4,56	81,94±4,92	66,25 ±3,98	69,64±4,18
Глицин	19,33±1,16	20,62±1,24	15,88 ±0,95	17,20±1,03	22,63 ±1,36	24,39±1,46	13,36 ±0,80	14,04±0,84
Глютамин +Глута- миновая кислота	254,01±	271,18±	117,9 ±7,07	127,75	163,50±10,37	175,18±10,51	375,46±22,53	394,67±
	15,24	16,27		±7,67				23,68
Пролин	99,82±5,99	106,46±6,38	83,59 ±5,02	90,58±5,43	105,36±6,32	113,55±6,81	58,80 ±3,53	61,81±3,71
Серин	61,87±3,71	65,98±3,96	46,64 ±2,80	50,55±3,03	62,31 ±3,74	67,15±4,03	46,31 ±2,78	48,67±2,92
Цистеин	16,72±	17,81±	10,34±	11,20±	12,66±	13,65±	13,20±	13,88±
	1,00	1,07	0,62	0,67	0,76	81,89	0,79	0,83
Общее содержа- ние заменимых аминокислотот, %	57,40±3,44	57,41±3,44	48,93±2,94	48,93±2,94	51,27±3,08	51,22±3,07	67,76±4,07	67,76±4,07

Таблица 4

Содержание незаменимых аминокислот молока сырья, полученного от разных видов с/х животных

Наименование аминокислоты	Молоко коровье сырое		Молоко козье сырое		Молоко овчье сырое		Молоко кобы- лье сырое	
	Содержание аминокислоты, мг/г							
	белка	«истинно- го белка»	белка	«истинно- го белка»	белка	«истинно- го белка»	белка	«истинно- го белка»
Незаменимые аминокислоты								
Валин	56,94±3,30	60,72±3,64	50,88±3,05	55,13±3,31	61,47±3,69	66,24±3,97	33,41±2,00	35,12±2,11
Гистидин	28,75±1,73	30,66±1,84	24,26±1,46	26,29±1,58	30,29 ±1,82	32,64 ±1,96	21,64±1,30	22,74±1,36
Лизин	84,01±5,04	89,59±5,38	66,78±4,01	72,36±4,34	85,12 ±5,11	91,74 ±5,50	48,67±2,92	51,16±3,07
Лейцин + Изолейцин	137,45±8,25	146,58±8,79	110,51±6,63	119,74±7,18	137,00±8,22	147,64±8,86	91,65±5,50	96,34±5,78
Метионин	31,31±1,88	33,39±2,00	23,93±1,44	25,93 ±1,56	29,18 ±1,75	31,45 ±1,89	30,11±1,81	31,65±1,90
Метионин + Цистеин	48,03±2,88	51,22±3,07	34,27±2,06	37,13±2,23	41,85±2,51	45,10±2,71	43,29±2,60	45,53±2,73
Треонин	48,19±2,89	51,39±3,08	44,89±2,69	48,65 ±2,92	52,97 ±3,18	57,07 ±3,42	30,85±1,85	32,42±1,95
Триптофан	8,10±0,49	8,63±0,52	15,12±0,91	16,39±0,98	18,28±1,10	19,70±1,18	12,64±0,76	13,28±0,80
Тирозин	39,76±2,39	42,41±2,54	28,56±1,71	30,95 ±1,86	40,07 ±2,40	43,19 ±2,59	27,56±1,65	28,97±1,74
Фенилаланин	49,20±2,95	52,47±3,15	38,88±2,33	42,13 ±2,53	47,14 ±2,83	50,80 ±3,05	30,11±1,81	31,62±1,90
Фенилала- нин+Тирозин	88,96±5,34	94,87±5,64	67,45±4,05	73,08 ±4,39	87,21±5,23	93,99 ±5,64	57,67±3,46	60,62±3,64
Общее содержа- ние заменимых аминокислотот, %	42,60±2,56	42,59±2,56	51,07±3,06	51,07±3,06	48,73±2,92	48,78±2,93	32,24±1,94	32,24±1,93

мых аминокислот от общего содержания аминокислот составляет от 32,24% у кобыльего молока до 51,07% у козьего молока).

Для определения биологической (пищевой ценности) белка молока сырого провели сравнительную оценку аминокислотного состава исследуемых образцов молока по отношению к эталонному белку. Полученные результаты исследований приведены

Как видно из Рисунка 3 скор лимитирующей незаменимой аминокислоты коровьего молока – 95,3% (триптофан), а скор кобыльего молока характеризуется несколькими незаменимыми аминокислотами, в частности валин, лизин, лейцин + изолейцин (100%), наименьшая – 77,7% (валин). Аминокислотный состав молока козьего и овечьего отличался отсутствием лимитирующих аминокислот, а минимальный скор составил 139,8% (лизин) и 106,6% (лейцин + изолейцин), соответственно. Отмечено, что высокие значения ами-

нокислотного скор у белков овечьего, коровьего и козьего молока, максимальный скор которых – 215,1% (триптофан), 177,9% (метионин + цистеин) и 177,9% (триптофан) соответственно. Установлено, что по составу незаменимых аминокислот наиболее приближенным к «эталонному» (идеальному) оказался белок козьего молока, в котором не зафиксировано очень резких отклонений от установленных норм.

Для дальнейшего обоснования использования молока различных видов сельскохозяйственных животных в качестве основного компонента при производстве функциональных продуктов питания рассчитали показатели биологической полноценности или качественной оценки белка (Образов, Надточий, Сафронова, 2019; Липатов, Рогов, 1987):

- коэффициент различий (разбалансированности) аминокислотного скор (КРАС);
- показатель биологической ценности (БЦ), %;

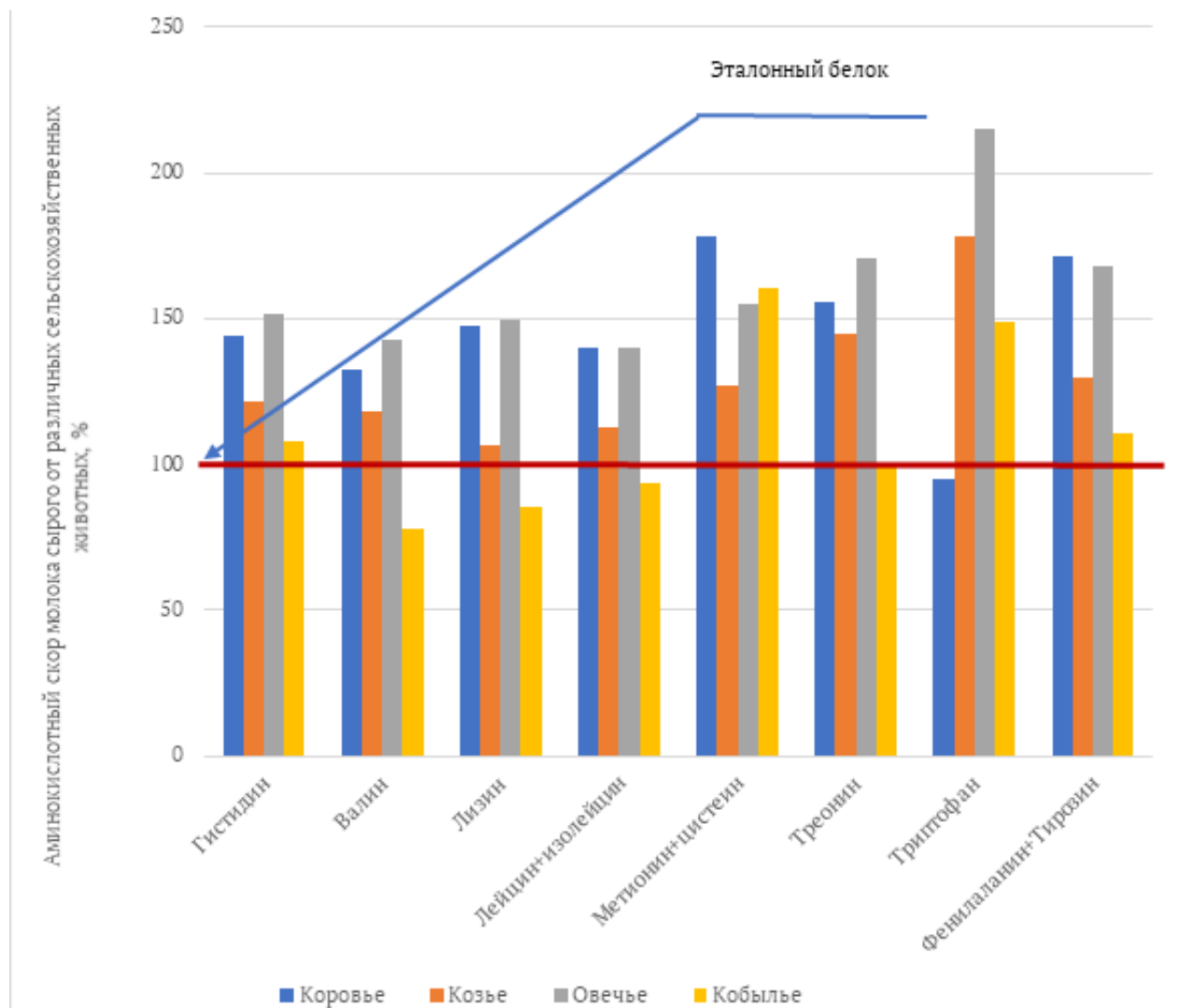


Рисунок 3. Сравнительная оценка аминокислотного состава исследуемых образцов молока по отношению к эталонному белку

Расчет коэффициента различий аминокислотного сора (КРАС), который устанавливает разбалансированность аминокислотного состава относительно эталонного белка проводили по формуле (2)

$$\text{КРАС} = \sum \Delta \text{РАС} / n \quad (2)$$

где: $\Delta \text{РАС}$ – различие аминокислотного сора аминокислоты вычисляется по формуле (3); n – количество незаменимых аминокислот.

$$\Delta \text{РАС} = C_i - C_{\min} \quad (3)$$

где: C_i – скор i -той незаменимой аминокислоты, %; $C_{\min}$ – минимальный из скоров незаменимых аминокислот (скор лимитирующей аминокислоты), %:

Биологическую ценность (БЦ) пищевого белка определяли по формуле (4):

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}, \% \quad (4)$$

Полученные результаты расчетов качественного состава белков исследованных образцов молока сырого приведены в Таблице 5.

Исходя из полученных результатов, приведенных в Таблице 5 следует, что наибольшее содержание общего белка зафиксировано у овечьего (5,16%) и козьего молока (3,76%), немногим меньше содержанием массовой доли белка характеризуется коровье молоко (3,37%) и самым низким содержанием массовой доли белка характеризуется кобылье молоко (2,26%). Также отмечено отсутствие в аминокислотном составе белков козьего и овечьего молока незаменимых аминокислот, ли-

Таблица 5

Показатели качественного состава белка молока сырья разных видов сельскохозяйственных животных

Наименование показателя	Молоко сырое			
	Коровье	Козье	Овечье	Кобылье
Массовая доля белка, %	3,37	3,76	5,16	2,26
Содержание лимитирующей незаменимой аминокислоты (НАК), г/100г белка	0,95	1,07*	1,49*	0,78
Коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС), %	1,53	1,22	1,16	1,42
Показатель биологической ценности (БЦ), %	98,47	98,78	98,85	98,58

*При расчете коэффициентов и показателей качества белков молока овечьего и козьего, у которых не выявлено незаменимых аминокислот (НАК) со скоррами ниже 100%, за условно лимитирующие принимали НАК с наименьшими значениями.

митирующих биологическую ценность белка. Полученные данные по показателям биологической ценности исследованных образцов молока сырого позволили сделать вывод, что молоко разных видов сельскохозяйственных животных имеет высокие значения показателей биологической ценности и рекомендуется для производства продуктов функциональной направленности.

Выводы

Комплексный подход к оценке функциональной полноценности белкового состава молока сырого, полученного от разных видов с/х животных показал, что все виды молока сырья могут быть применены в качестве одного из основных сырьевых компонентов при производстве продуктов функциональной направленности, в том числе и от дифференцирования по группам потребителей и их физиологической потребности в белке.

Молоко кобылье может быть рекомендовано, как основной сырьевой компонент при производстве продуктов детского питания.

Качественная и количественная оценка белкового состава молочного сырья в пересчете на ИБ позволит получить достоверные результаты по содержанию «технологического» белка и его биологической полноценности, а также минимизировать потери полноценного белка в процессе производства многокомпонентных функциональных продуктов. Использование предложенного алгоритма оценки незаменимых аминокислот в пересчете на истинный белок позволит получить

продукт со стабильными, прогнозируемыми функциональными свойствами.

Литература

- Агаркова Е.Ю., Кручинин А.Г., Рязанцева К.А., Пряничникова Н.С. Ферментативная обработка как инструмент придания функциональных свойств белкам молочной сыворотки // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 4(8). с. 81–88. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2019-8-81-88>
- Асембаева Э.К., Галстян А.Г., Хуршудян С.А., Нурмуханбетова Д.Е., Велямов М.Т., Аленова А.Б., Сейдахметова З.Ж. Разработка технологии и исследование иммунобиологических свойств кисломолочного напитка на основе верблюжьего молока // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 6. с. 67–73. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00007>
- Бабиц О.Р. Исследование и разработка технологии молочного белкового эквивалента для специализированных продуктов питания: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.04. Кемерово, 2009. 186 с.
- Бахтиярова Л.Р. Разработка продуктов здорового питания на основе кобыльего молока // Достижения химии в агропромышленном комплексе: материалы II Всероссийской молодежной конференции-школы с международным участием. Уфа, 2016. с. 96–99.
- Бушуева Т.В. Современный взгляд на проблему фенилкетонурии у детей: диагностика, клиника, лечение // Вопросы современной педиатрии 2010. Т. 9, № 1. с. 157–160.
- Галстян А.Г., Аксёнова Л.М., Лисицын А.Б., Оганесянц Л.А., Петров А.Н. Современные подходы к хранению и эффективной переработке сельскохозяйственной продукции для получения

- высококачественных пищевых продуктов // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89, № 5. с. 539–542. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895539-542>
- Донская Г.А. Функциональные молочные продукты // Молочная промышленность. 2007. № 3. с. 52–53.
- Зобкова З.С. Цельномолочные продукты, обогащённые функциональными ингредиентами и пищевыми добавками // Молочная промышленность. 2007. № 10. с. 75–76.
- Зобкова З.С., Фурсова Т.П., Зенина Д.В. Выбор белковых ингредиентов, обогащающих и модифицирующих структуру кисломолочных напитков // Актуальные вопросы индустрии напитков. 2018. № 2. с. 64–69. <https://doi.org/10.21323/978-5-6041190-3-7-2018-2-64-69>
- Кручинин А.Г., Агаркова Е.Ю. Различные подходы к формированию функциональных свойств молочных продуктов // Переработка молока. 2018. № 5(223). с. 36–39.
- Лепешкин А.И., Надточий Л.А., Чечеткина А.Ю. Проектирование состава продуктов питания с заданными свойствами. СПб: Университет ИТМО, 2020. 46 с.
- Липатов Н.Н. Принципы и методы проектирования рецептур пищевых продуктов, балансирующих рационы питания // Известия вузов. Пищевая технология. 1990. № 6. с. 5–10.
- Липатов Н.Н., Рогов И.А. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности // Известия вузов. Пищевая технология. 1987. № 2. с. 9–15.
- Литвицкий П.Ф., Мальцева Л.Д. Нарушения обмена белков, аминокислот и нуклеиновых кислот // Вопросы современной педиатрии. 2015. Т. 14, № 1. с. 95–107. <https://doi.org/10.15690/vsp.v14i1.1267>
- Лысыков Ю.А. Аминокислоты в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2012. № 2. С.88–105.
- Малиновский А.В. Является ли треонин незаменимой аминокислотой для человека? // Профилактическая и клиническая медицина. 2011. № 4(41). с. 116–119.
- Молчанова Е.Н., Сусянок Г.М. Оценка качества и значение пищевых продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 1. с. 16–22.
- Нечаева Г.И., Друк И.В., Лялюкова Е.А. Белково-энергетическая недостаточность в клинической практике // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2013. № 7. с. 23–26.
- Образов А., Надточий Л.А., Сафронова А.В. Оценка биологической ценности молока сельскохозяйственных животных // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49, № 3. С 447–453. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-447-453>
- Рудаков О.Б., Рудакова Л.В. Аминокислотный анализ белков молока // Переработка молока. 2019. № 12(242). с. 32–35. <https://doi.org/10.33465/2308-2941-2020-2-29-35>
- Федотова О.Б., Донская Г.А., Рожкова И.В., Асафов В.А., Добриян Е.А., Чумакова И.В. Разработки ВНИМИ в области создания нового поколения функциональных продуктов // Сборник материалов международной научно-практической конференции. 2016. с. 15–18.
- Фильчакова С.А., Медведев Е.В., Тамбовцев Ю.Н. Экологически безопасные продукты с функциональными свойствами // Экологические системы и приборы. 2006. № 8. с. 42–44.
- Хамагаева И.С., Хараев Г.И., Жеребятьева О.А., Щёкотова А.В. Исследование аминокислотного состава белкового продукта на основе козьего молока, ферментированного *Lactobacillus helveticus* 3 5–1 // Вестник ВСГУТУ. 2015. № 1(52). с. 72–77.
- Шувариков А.С., Пастух О.Н., Жукова Е.В., Жижин Н.А. Оценка молочной продуктивности и качества молока коз в зависимости от породы и генотипа по гену *blg* (бета-лактоглобулина) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. с. 130–148. <https://doi.org/10.34677/0021-342X-2019-3-130-148>
- Шувариков А.С., Хататаев С.А., Пастух О.Н., Робкова Т.О., Семенова Е.С., Коробейник Е.С. Физико-химические и технологические показатели молока овец восточно-фризской породы при разведении их в центральной России // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. № 3. с. 30–32.
- Юрова Е.А., Денисович Е.Ю., Кобзева Т.В., Мельденберг Д.Н., Семёнова Е.С., Жижин Н.А., Пахомова Н.А. Объективная оценка заданных свойств продукта // Молочная промышленность. 2019. № 10. с. 50–53.
- Юрова Е.А., Кобзева Т.В., Полякова О.С. Разработка методов оценки хранимостпособности молочной продукции // Переработка молока. 2016. № 12. с. 38–41.
- Юрова Е.А., Семенова Е.С., Мельденберг Д.Н., Канина К.А., Робкова Т.О. Сравнительная оценка молока-сырья жвачных сельскохозяйственных животных // Молочная промышленность. 2017. № 8. с. 60–63.
- Augustin M.A., Udabage P. Influence of processing on functionality of milk and dairy proteins. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2007. Vol. 53. P. 1–38. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(07\)53001-9](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(07)53001-9)
- Dziuba B., Dziuba M. Milk proteins-derived bioactive peptides in dairy products: molecular, biological

- and methodological aspects // *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*. 2014. Issue 13(1). P. 5–26. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.1.1>
- Kinsella J., Melachouris N. Functional properties of proteins in foods: a survey // *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1976. Vol. 7, issue 3. P. 219–280. <https://doi.org/10.1080/10408397609527208>
- Kristo E., Corredig, M. Functional properties of food proteins // *Applied Food Protein Chemistry / Z. Ustunol*. Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd, 2015. P. 47–73. <https://doi.org/10.1002/9781118860588.ch5>
- Mattila-Sandholm T., Saarela M. Functional dairy products // *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. 2003. Vol. 1. P. 11–13. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85573-584-2.50004-3>
- Ryan D.S. Determinants of functional properties of proteins and protein derivatives in foods // *Food Proteins. Improvement Through Chemical and Enzymatic Modification / R.F. Feeney, J.R. Whitaker*. Washington. DC: American Chemical Society, 1977. P. 67–91. <https://doi.org/10.1021/ba-1977-0160.ch004>
- Singh H. Functional properties of milk proteins // *Encyclopedia of Dairy Sciences / J.W. Fuquay*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Ltd, 2011. P. 887–893. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00352-6>
- Wilding P., Lillford P., Regenstien J. Functional properties of proteins in foods // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2008. Vol. 34, issue 3. P. 182–189. <https://doi.org/10.1002/jctb.280340307>
- Zdzislaw E. Sikorski chemical and functional properties of food proteins. CRC Press, 2001. 504 P. <https://doi.org/10.1201/9781482279047>

Development of a Comprehensive Milk Protein Composition Assessment from Raw Materials of Various Farm Animals for the Functional Products Production

Daria N. Meldenberg

FGANU "All-Russian Dairy Research Institute"
35/7 Lyusinovskaya st., Moscow, 115093, Russian Federation
E-mail: d_meldenberg@vnimi.org

Olga S. Polyakova

FGANU "All-Russian Dairy Research Institute"
35/7 Lyusinovskaya st., Moscow, 115093, Russian Federation
E-mail: o_polyakova@vnimi.org
Elena S. Semenova

Elena S. Semenova

FGANU "All-Russian Dairy Research Institute"
35/7 Lyusinovskaya st., Moscow, 115093, Russian Federation
E-mail: e_semenova@vnimi.org

Elena A. Yurova

FGANU "All-Russian Dairy Research Institute"
35/7 Lyusinovskaya st., Moscow, 115093, Russian Federation
E-mail: e_yurova@vnimi.org

Recently, food products manufacture with increased biological value, with new composite ingredients and functional characteristics due to both the composition of the components and the raw materials used, has acquired considerable interest. For manufacturing these products, the selection of the optimal raw milk is required with a mandatory assessment of the amount of protein, its composition and usefulness, that was done in this research and considered raw milk from various farm animals. During this study, as research methods, both generally accepted and standardized control methods and improved measurement techniques were used, in particular, the method of capillary electrophoresis (CEF) was used to determine the amino acid composition. According to the research results, the dependence of the content of the mass fraction of protein on the content of non-protein nitrogenous substances, true protein, essential and nonessential amino acids has been found. The necessity of determining the true protein to consider the usefulness of the protein in the finished product was noted. It was found that during recalculation the amount of amino acids mg/1 g for the content of true protein the amount of essential and nonessential amino acids is proportionally increased by 1.05–1.08% in comparison with the conversion to the total protein content, i.e. approximately 1 g of complete milk protein remains unaccounted for.

Keywords: raw milk, mass fraction of protein, non-protein nitrogen, true protein, amino acid composition, amino acid rate, biological value, functional properties

References

- Agarkova E.Ju., Kruchinin A.G., Rjazanceva K.A., Prjanichnikova N.S. Fermentativnaja obrabotka kak instrument pridaniya funkcional'nyh svojstv belkam molochnoj syvorotki [Enzymatic processing as a tool of giving functional properties to proteins of milk serum]. *Agrarno-pishhevyje innovacii* [Agrian-and-food innovations], 2019, no. 4(8), pp. 81–88. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2019-8-81-88>
- Asembaeva Je.K., Galstjan A.G., Hurshudjan S.A., Nurmuhambetova D.E., Veljamov M.T., Alenova A.B., Sejdahmetova Z.Zh. Razrabotka tehnologii i issledovanie immunobiologicheskikh svojstv kislomolochnogo napitka na osnove verbljuzh'ego

- moloka [Development of technology and research of immunobiological properties of fermented milk drink based on camel milk]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues], 2017, vol. 86, no. 6, pp. 67–73. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00007>
- Augustin MA, Udabage P. Influence of processing on functionality of milk and dairy proteins. *Advances in Food and Nutrition Research*, 2007, vol. 53, pp. 1–38. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(07\)53001-9](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(07)53001-9)
- Babich O.R. Issledovanie i razrabotka tehnologii molochnogo belkovogo jekvivalenta dlja specializirovannyh produktov pitaniya. Diss. kand. texn. nauk [Research and development of milk protein equivalent technology for specialized foods. Ph.D. (Technology) thesis]. Kemerovo, 2009, 186 p.
- Bahtijarova L.R. Razrabotka produktov zdorovogo pitaniya na osnove kobyl'ego moloka [Development of healthy nutrition products based on mare's milk]. In *Dostizheniya himii v agropromyshlennom komplekse: materialy II Vserossijskoj molodezhnoj konferencii-shkoly s mezhdunarodnym uchastiem* [School with international participation: materials of the 2nd All-Russian Youth Conference]. Ufa, 2016, pp. 96–99.
- Bushueva T.V. Sovremennyy vzgljad na problemu fenilketonurii u detej: diagnostika, klinika, lechenie [A modern look at the problem of phenylketonuria in children: diagnosis, clinic, treatment]. *Voprosy sovremennoj pediatrii* [Questions of modern pediatrics], 2010, vol. 9, no. 1, pp. 157–160.
- Donskaja G.A. Funkcional'nye molochnye produkty [Functional Dairy Products] // *Molochnaja promyshlennost* [Dairy industry], 2007, no. 3, pp. 52–53.
- Fedotova O.B., Donskaja G.A., Rozhkova I.V., Asafov V.A., Dobriyan E.A., Chumakova I.V. Razrabotki VNIMI v oblasti sozdaniya novogo pokoleniya funkcional'nyh produktov [VNIMI developments in the field of creating a new generation of functional products]. *Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Collection of materials of the international scientific-practical conference], 2016, pp. 15–18.
- Filchakova S.A., Medvedev E.V., Tambovcev Ju.N. Jekologicheski bezopasnye produkty s funkcionalmymi svojstvami [Environmentally friendly products with functional properties]. *Jekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological systems and devices], 2006, no. 8, pp. 42–44.
- Galstjan A.G., Aksjonova L.M., Lisicyn A.B., Oganescan L.A., Petrov A.N. Sovremennye podhody k hraneniju i jeffektivnoj pererabotke sel'skohozjajstvennoj produkcii dlja poluchenija vysokokachestvennyh pishhevyh produktov [Modern approaches to the storage and efficient processing of agricultural products to obtain high-quality food products]. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences], 2019, vol. 89, no. 5, pp. 539–542. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895539-542>
- Hamagaeva I.S., Haraev G.I., Zherebjat'eva O.A., Shhjokotova A.V. Issledovanie aminokislотноgo sostava belkovogo produkta na osnove koz'ego moloka, fermentirovannogo lactobacillus helveticus 3 5–1 [The study of the amino acid composition of a protein product based on goat milk fermented by lactobacillus helveticus 3 5–1]. *Vestnik ESSUTM* [ESSUTM Bulletin], 2015, no. 1(52), pp. 72–77.
- Jurova E.A., Kobzeva T.V., Polyakova O.S. Razrabotka metodov ocenki hranimosposobnosti molochnoj produkcii [Development of methods for assessing the storage capacity of dairy products]. *Pererabotka moloka* [Milk processing], 2016, no. 12, pp. 38–41.
- Jurova E.A., Denisovich E.Ju., Kobzeva T.V., Mel'denberg D.N., Semjonova E.S., Zhizhin N.A., Pahomova N.A. Obektivnaja ocenka zadannyh svojstv produkta [Objective assessment of desired product properties]. *Molochnaja promyshlennost* [Dairy industry], 2019, no. 10, pp. 50–53.
- Jurova E.A., Semenova E.S., Mel'denberg D.N., Kanina K.A., Robkova T.O. Sravnitel'naja ocenka moloka-syr'ja zhvachnyh sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh [Comparative evaluation of raw milk of ruminant farm animals]. *Molochnaja promyshlennost* [Dairy industry], 2017, no. 8, pp. 60–63.
- Kruchinin A.G., Agarkova E.Ju. Razlichnye podhody k formirovaniju funkcional'nyh svojstv molochnyh produktov [Various approaches to the formation of the functional properties of dairy products]. *Pererabotka moloka* [Milk processing], 2018, no. 5(223), pp. 36–39.
- Lepeshkin A.I., Nadtochij L.A., Chechetkina A.Ju., Proektirovanie sostava produktov pitaniya s zadannymi svojstvami [Designing the composition of food products with desired properties]. S-Petersburg: Universitet ITMO, 2020. 46 p.
- Lipatov N.N. Principy i metody proektirovaniya receptur pishhevyh produktov, balansirujushhih raciony pitaniya [Principles and methods for designing recipes that balance diets]. *Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija* [University News. Food technology], 1990, no. 6, pp. 5–10.
- Lipatov N.N., Rogov I.A. Metodologija proektirovaniya produktov pitaniya s trebuemym kompleksom pokazatelej pishhevoj cennosti [The methodology of designing food products with the required set of indicators of nutritional value]. *Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija* [University News. Food technology], 1987, no. 2, pp. 9–15.
- Litvickij P.F., Mal'ceva L.D. Narusheniya obmena belkov, aminokislot i nukleinovyyh kislot [Disruptions in the exchange of proteins, amino acids and nucleic acids].

- Voprosy sovremennoj pediatrii* [Questions of modern pediatrics], 2015, vol. 14, no. 1, pp. 95–107. <https://doi.org/10.15690/vsp.v14i1.1267>
- Lysikov Ju.A. Aminokisloty v pitanii cheloveka [Amino acids in human nutrition]. *Jeksperimental'naja i klinicheskaja gastrojenterologija* [Experimental and clinical gastroenterology], 2012, no. 2, pp. 88–105.
- Malinovskij A.V. Javljaetsja li treonin nezamenimoj aminokislotoj dlja cheloveka? [Is threonine an essential amino acid for humans?]. *Profilakticheskaja i klinicheskaja medicina* [Preventive and clinical medicine], 2011, no. 4(41), pp. 116–119.
- Molchanova E.N., Susljanok G.M. Ocenka kachestva i znachenie pishhevyh produktov [Evaluation of the quality and importance of food]. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyra* [Storage and Processing of Farm Products], 2013, no. 1, pp. 16–22.
- Nechaeva G.I., Druk I.V., Ljaljukova E.A. Belkovo-jenergeticheskaja nedostatochnost' v klinicheskoy praktik e [Protein-energy deficiency in clinical practice]. *Jeksperimental'naja i klinicheskaja gastrojenterologija* [Experimental and clinical gastroenterology], 2013, no. 7, pp. 23–26.
- Obrazov A., Nadtochij L.A., Safronova A.V. Ocenka biologicheskoy cennosti moloka sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh [Assessment of the biological value of milk of farm animals]. *Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 447–453. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-447-453>
- Rudakov O.B., Rudakova L.V. Aminokislотноj analiz belkov moloka [Amino acid analysis of milk proteins]. *Pererabotka moloka* [Milk processing], 2019, no. 12(242), pp. 32–35. <https://doi.org/10.33465/2308-2941-2020-2-29-35>
- Shuvarikov A.S., Hatataev S.A., Pastuh O.N., Robkova T.O., Semenova E.S., Korobejnik E.S. Fiziko-himicheskie i tehnologicheskie pokazateli moloka ovec vostochno-frizskoj porody pri razvedenii ih v central'noj Rossii [Physico-chemical and technological parameters of milk of sheep of the East Frisian breed when they are bred in central Russia]. *Ovcy, kozy, sherstjanoe delo* [Sheep, goats, wool], 2019, no. 3, pp. 30–32.
- Shuvarikov A.S., Pastuh O.N., Zhukova E.V., Zhizhin N.A. Ocenka molochnoj produktivnosti i kachestva moloka koz v zavisimosti ot porody i genotipa po genu blg (beta-laktoglobulina) [Assessment of milk productivity and quality of goat milk depending on breed and genotype by blg gene (beta-lactoglobulin)]. *Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii* [Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy], 2019, no. 3, pp. 130–148. <https://doi.org/10.34677/0021-342X-2019-3-130-148>
- Zobkova Z.S. Cel'nomolochnye produkty, obogashhjonnye funkcional'nymi ingredientami i pishhevymi dobavkami [Whole milk products enriched with functional ingredients and nutritional supplements]. *Molochnaja promyshlennost* [Dairy industry], 2007, no. 10, pp. 75–76.
- Zobkova Z.S., Fursova T.P., Zenina D.V. Vybork belkovykh ingredientov, obogashhajushhih i modifizirujushhih strukturu kislomolochnyh napitkov [The choice of protein ingredients that enrich and modify the structure of fermented milk drinks]. *Aktual'nye voprosy industrii napitkov* [Actual issues of the beverage industry], 2018, no. 2, pp. 64–69. <https://doi.org/10.21323/978-5-6041190-3-7-2018-2-64-69>
- Dziuba B., Dziuba M. Milk Proteins-Derived Bioactive Peptides in Dairy Products: Molecular, Biological and Methodological Aspects. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 2014, issue 13(1), pp. 5–26. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.1.1>
- Kinsella J., Melachouris N. Functional Properties of Proteins in Foods: A Survey. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1976, vol. 7, issue 3, pp. 219–280. <https://doi.org/10.1080/10408397609527208>
- Kristo E., Corredig, M. Functional Properties of Food Proteins. In Z. Ustunol (ed.) *Applied Food Protein Chemistry*. Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd, 2015. pp. 47–73. <https://doi.org/10.1002/9781118860588.ch5>
- Mattila-Sandholm T., Saarela M. Functional Dairy Products. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, 2003, vol. 1, pp. 47–73. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85573-584-2.50004-3>
- Ryan, D.S. Determinants of Functional Properties of Proteins and Protein Derivatives in Foods. In R.F. Feeney, J.R. Whitaker (eds.). *Food Proteins. Improvement Through Chemical and Enzymatic Modification*. Washington, DC: American Chemical Society, 1977, pp. 67–91. <https://doi.org/10.1021/ba-1977-0160.ch004>
- Singh H. Functional Properties of Milk Proteins. In J.W. Fuquay (ed.) *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Ltd, 2011, pp. 887–893. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00352-6>
- Wilding P., Lillford P., Regenstien J. Functional Properties of Proteins in Foods. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2008, vol. 34, issue 3, pp. 182–189. <https://doi.org/10.1002/jctb.280340307>
- Zdzislaw E. Sikorski Chemical and Functional Properties of Food Proteins. CRC Press, 2001, 504 P. <https://doi.org/10.1201/9781482279047>

Развитие методологических аспектов идентификации болезней сахарной свеклы при поступлении в технологический поток производства сахара

Егорова Марина Ивановна

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» –

НИИ сахарной промышленности

Адрес: 305029, город Курск, ул. Карла Маркса, д. 63.

E-mail: rniisp@gmail.com

Пузанова Любовь Николаевна

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» –

НИИ сахарной промышленности

305029, Россия, город Курск, ул. Карла Маркса, д. 63.

E-mail: lyubov.puzanova@yandex.ru

Смирнова Людмила Юрьевна

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» –

НИИ сахарной промышленности

305029, Россия, город Курск, ул. Карла Маркса, д. 63.

E-mail: v79066891475@yandex.ru

В современных условиях стратегическая конкурентоспособность свеклосахарных заводов определяется возможностью выпуска продукции по заданным требованиям промышленных потребителей по микронутриентному составу. Изменения в химическом составе сахарной свеклы после хранения по причине болезней периода вегетации и хранения негативно влияют на протекание процессов переработки и качество сахара. Для принятия правильных решений по организации процессов переработки такой сахарной свеклы в системе контроля требуется введение нового параметра, отсутствовавшего до настоящего времени – органолептической оценки с диагностированием болезней, предложение современной методики контроля. Целью исследований являлась экспериментальная отработка методики органолептической оценки сахарной свеклы с идентификацией болезней, базирующейся на методологии дескрипторно-профильного метода, для развития методологических основ контроля. На 110 образцах сахарной свеклы проведено уточнение и детализация последовательности операций с пробой, доработка методического материала в части систематизации взаимосвязи описательных характеристик с дескрипторами. По ее результатам расширены описательные характеристики 4 дескрипторов, скорректировано визуальное представление панели дескрипторов во взаимоувязке с болезнями, сформированы макеты профилограмм болезней, включающие от 9 до 14 шкал. На конкретных примерах показаны итоги оценки сахарной свеклы, поступающей в технологический поток сахарного завода после длительного хранения. Использование предлагаемой методики позволяет получить полную информацию о состоянии сахарной свеклы, поступающей в технологический поток, прогнозировать протекание процессов при переработке, принимать оптимальные управляющие решения для выпуска сахара по заданным требованиям.

Ключевые слова: сахарная свекла, болезни, дескриптор, описательная характеристика, контроль, конкурентоспособность

Введение

В условиях глобального перепроизводства сахара в 2019/2020 производственном году, когда на отечественном рынке излишки составляют 1,0...1,5 млн т, для свеклосахарных заводов Рос-

сийской Федерации возникает необходимость поддержания своей конкурентоспособности на рынке. Для снятия этой напряженности предпринимаются меры по развитию экспорта белого сахара, свекловичного сахара-сырца, и хотя объемы внутрисекторного потребления весьма значительны – до

6,1 млн т (Иванов, 2020, с. 2–5), конкуренция будет усиливаться. При этом сахар – универсальный товар, выступающий одновременно и продуктом питания, и сырьевым ингредиентом при производстве других пищевых продуктов. Доля использования сахара в стране в этих сегментах за последние 100 лет значительно изменилась в пользу промышленного потребления: в настоящее время почти 60% сахара стабильно используется при производстве кондитерских изделий, напитков, молочных продуктов, хлебобулочных изделий и др., в странах Европы этот уровень еще выше – около 85%. Предприятия, производящие продукты питания, активно занимаются расширением ассортимента продукции, который следует за меняющимися предпочтениями потребителей – обновляют их рецептуру, вводят неожиданные сочетания структуры и вкуса, технологическими приемами производства и применения специальной упаковки увеличивают сроки годности продуктов и т.д. Это вызывает появление новых требований к используемым сырьевым ингредиентам, ведь только точно соответствующий потребностям конкретного производства ингредиент позволит произвести пищевой продукт высокого качества с минимальными затратами.

Потребительские свойства сахара как сырья для производства продуктов питания определяются в основном его микронутриентным составом, т.е. наличием остаточных количеств микронутриентов сахарной свеклы и продуктов их превращений, образовавшихся в ходе переработки, применяемых технологических вспомогательных средств. Элементом поддержания качества сахара служит реализация системы менеджмента пищевого предприятия, составной частью которой является контроль качества продукции, обусловленный вариабельностью внутренней и внешней среды (Матисон, 2016, с. 8–11). В реализации систем менеджмента на свеклосахарных заводах большую роль играет внутрипроизводственный контроль в сочетании с входным контролем сырья. Причем входной контроль сахарной свеклы при поступлении в технологическую линию глубоко интегрирован с операционным контролем ввиду тесной взаимосвязи структурных, физических, фитопатологических свойств и химического состава корнеплодов с оптимальными параметрами процессов технологического потока и потребительскими свойствами образующегося сахара (Егорова, Широких, Михалева, Пузанова, 2019, с. 162–169; Егорова, Райник, Михалева, Кротова, Николаева, 2018, с. 196–204). При этом длительность производственного сезона выработки сахара из сахарной свеклы имеет тенденцию к

увеличению как за счет сдвига сроков его начала на более ранний период (июль, август), так и за счет более позднего окончания (январь-март). К тому же более позднее окончание сроков переработки характерно для все большего количества заводов. Так, по состоянию на 13 января 2020 г. продолжало работать 33 завода из общего количества 74 работавших в данном сезоне, а в 2019 г. – только 9 предприятий (Иванов, 2020, с. 3). Это означает, что все большее количество из и так рекордных урожаев сахарной свеклы на уровне более 50 млн т проходит стадию хранения в поле у сельхозпроизводителей или после приемки сырья на сахарных заводах. Хранение сахарной свеклы в обоих случаях осуществляется на открытых площадках, поэтому сопровождается естественными физиологическими и биохимическими процессами, часто сопряжено с протеканием микробиологических процессов, которые развиваются под действием различных микроорганизмов непосредственно при хранении сахарной свеклы или являются продолжением возникших в период вегетации растения. Все эти процессы приводят к изменению состояния и химического состава корнеплодов сахарной свеклы после хранения. В результате могут возникать претензии к качеству сырья при приемке, если сельхозпроизводители поставляют хранившуюся сахарную свеклу. Но наибольшее количество уже принятой сахарной свеклы хранится на кагатных полях сахарных заводов, где срок хранения может достигать 4 месяцев и более, т.е. в технологический поток будет поступать сырье, отличающееся по состоянию и химическому составу от принятого.

Следует подчеркнуть, что система контроля технологического потока производства сахара ведется по общим принципам, принятым в технологиях пищевых производств: имеются выделенные объекты контроля, для каждого объекта определены контролируемые параметры и периодичность контроля; но опирается на положения «Инструкции по химико-техническому контролю и учету сахарного производства», хотя ее методология создавалась в 80-е годы XX века. Согласно программе контроля, при приемке сахарной свеклы определяют не только ее сахаристость, загрязненность – параметры, необходимые для финансовых расчетов с поставщиками, но и состояние корнеплодов – содержание травмированных, увядших, цветущих корнеплодов, а также возможное наличие болезней. Эти параметры в совокупности позволяют дифференцировать сырье по пригодности к длительному хранению. Практика оценки корнеплодов по их состоянию и наличию болезней при поступлении в технологический

поток, особенно после длительного хранения, отсутствует. Между тем, такие знания в части поражения корнеплодов различными болезнями требуются для правильной организации процессов переработки, применения технологических вспомогательных средств, прогнозирования качества сахара (Голыбин, Федорук, Матвиенко, Ромашова, 2018, с. 206–210; de Bruijn, 2020, Р. 86–93; ; de Bruijn, 2020, Р. 154–160; Wright, 2018, Р. 83–87).

Литературный обзор

В сложившихся условиях свеклосахарным заводам следует вырабатывать стратегическую конкурентоспособность в виде ключевых возможностей развития и достижения конкурентных целей (Овчинникова, Марков, Дуванова, 2016, с. 417–422). При этом, если рассматривать свеклосахарный завод в ракурсе производственной системы, представляющей собой менеджмент непрерывных улучшений (Назина, Лихачева, 2017, с. 497–500), именно эта методология позволяет достигать стратегических целей организации. А одним из показателей качества ее функционирования считается способность создавать продукцию, удовлетворяющую требованиям потребителей (Лихачева, Назина, Ломанова, Черных, 2018, с. 128–132). Следовательно, стратегическая конкурентоспособность свеклосахарных заводов определяется возможностью выпуска продукции по требованиям промышленных потребителей, в т.ч. по содержанию микронутриентов. Причем опосредованно этим будет обеспечиваться качество и других продуктов питания, поскольку сахар, используемый во многих отраслях пищевой промышленности, может стать как драйвером развития этих предприятий, расширения ассортимента и объемов производства, так и создать проблемы для качества пищевых продуктов, качества протекания процессов их производства в случае несоответствия таким требованиям (Штерман, Штерман, Осташенкова, Ткешелашвили, Кондакова, Холина, 2009, с. 46–52; Олейник, 2013, с. 48–52; Даишева, Люсый, Семенихин, Котляревская, Усманов, 2018, с. 33–42).

Для технологии сахара, базирующейся на преобразовании живого растительного объекта в кристаллическую форму высокоочищенного дисахарида, реализуемой в технологических линиях, воплощенных как совокупность взаимосвязанных последовательно установленных единичных экземпляров технологического оборудования, присуща вариативность внешней и внутренней среды как из-за значительной вариативности показателей сырья (Тужилкин, Клемешов, Доненко,

Лукин, 2019, с. 20–31), схем локальных участков, обширной линейки применяемых технологических вспомогательных средств, так и разветвленной сети разнообразных потребителей сахара. Причем сахарная свекла, поступающая на один сахарный завод из разных плантаций его зоны свеклосеяния, может разительно отличаться по химическому составу, хотя значимые различия выражаются в вариативности величин, отличающихся иногда сотыми долями процента. В результате при переработке такого сырья может иметь место не только вариативность параметров процессов технологического потока, которые нуждаются в последовательной корректировке по факту качества сахарной свеклы, но в определенных случаях отдельные стадии могут быть исключены или введены (de Bruijn, 2012, Р. 697–706).

Гораздо сложнее влияние болезней на технологические качества сахарной свеклы, которые затем из-за изменений химического состава корнеплодов определяют иное течение процессов производства сахара, приводят к ухудшению его качества, включению в кристаллы нежелательных микронутриентов. Среди множества болезней корнеплодов периода вегетации растения наиболее вредоносными считаются бурая гниль и сосудистый бактериоз, препараты для борьбы с возбудителями которых отсутствуют. Возбудителем бурой гнили является гриб *Rhizoctonia solani*, в пораженных корнеплодах резко возрастает содержание α -аминного азота, натрия, выделяемые микроорганизмами ферменты гидролизуют протопектин, который переходит в растворенное состояние (Борисюк, 2014, с. 2–8). В процессе гниения снижается содержание сахарозы, идет накопление редуцирующих веществ, высокомолекулярных соединений (Голыбин, Федорук, Матвиенко, Ромашова, 2018, с. 206–210). Возбудителем сосудистого бактериоза является комплекс почвообитающих бактерий из рода *Pectobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus mesentericus*, *Pantoea agglomerans* (Путилина, Апасов, Селиванова, 2015, с. 36–40). Содержащиеся в бактериях гидролитические ферменты приводят к трансформации сложных соединений в простые, что ведет к накоплению редуцирующих веществ, α -аминного азота, зольных элементов (Путилина, Лазутина, Черепухина, 2019, с. 15–22), разрушению белковых соединений клеточных структур и резкому возрастанию активности пероксидазы (Путилина, Кульнева, Селиванова, Землянухина, 2016, с. 239–246). Эти изменения способствуют снижению чистоты клеточного сока, при переработке такой сахарной свеклы уменьшается выход сахара, увеличивают-

ся потери в мелассе (Агафонов, Кульнева, Путилина, 2018, с. 46–50).

При хранении корнеплодов их химический состав подвергается естественным изменениям: сложные углеводы превращаются в простые, накапливаются трисахариды, растет уровень продуктов гидролиза белков и других высокомолекулярных соединений, т.е. происходит накопление несахаров (Wojtczak, Antczak-Chrobot, Bak, Molska, Blaszczyk, Papiewska, 2017, р. 760–764). Важно, что с течением длительности хранения, особенно после 30 суток, резко увеличивается содержание α -аминного азота, в 2...5 раз увеличивается содержание натрия и калия (Жеряков, Котлов, 2017, с. 27–32). Эффективность переработки такой свеклы снижается из-за потери сахарозы в них, повышения затрат на технологические вспомогательные средства для очистки (Костин, Мударисов, Решетникова, Федорова, 2016, с. 29–31).

Основной болезнью периода хранения считается кагатная гниль, возбудителями которой являются грибы *Botrytis cinerea*, *Phoma betae*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, *Alternaria alternata*, *Oospora betae*. Развитие болезни сопровождается отмеченными выше негативными превращениями химического состава, появлением гнилой массы (Голыбин, Федорук, Матвиенко, Ромашова, 2018, с. 206–210; Путилина, Лазутина, Черногиль, 2019, с. 51–63; Стогниенко, Воронцова, с. 26–28). При заморозках и последующей оттепели сахарная свекла подвергается воздействию слизеобразующих бактерий, продуцирующих высокомолекулярные соединения типа декстрана и левана, резко ухудшающие фильтрационно-седиментационные свойства полуфабрикатов технологического потока (Голыбин, Федорук, Матвиенко, Ромашова, 2018, с. 206–210; Сотников, Сотников, Wild, Moisch, 2017, с. 18–23), вплоть до уровня, неприемлемого для переработки сырья (Antczak-Chrobot, Bak, Wojtczak, 2017, pp. 471–475).

Вышеуказанные изменения в химическом составе сахарной свеклы крайне негативно влияют на протекание процессов переработки, требуют повышенного расхода реагентов на очистку – даже выше допустимого, приводят к снижению выхода сахара, ухудшению его качества за счет повышения цветности и содержания других микронутриентов (Голыбин, Федорук, Матвиенко, Лоскутов, 2017, с. 276–281; de Bruijn, 2020, р. 697–706). Поэтому для принятия правильных решений по организации процессов переработки сахарной свеклы после

длительного хранения следует выполнять оценку ее состояния при поступлении в технологический поток с обязательным диагностированием болезней. Такое возможно в случае реформатирования системы контроля в части переориентации ее задач, изменения сущностного наполнения элементов структуры, актуализации объектов, параметров контроля, методик измерений (Егорова, 2019, с. 255–260). При актуализации параметров контроля этапа экстрагирования сахарозы предложено ввести новый параметр контроля для отмытой сахарной свеклы – органолептические показатели с идентификацией болезней, причем наиболее актуально это для свеклы, прошедшей стадию длительного хранения. Реализация нового параметра контроля должна опираться на соответствующую методологическую основу.

Теоретическое обоснование

Органолептические показатели сахарной свеклы – нехарактерный параметр оценки, впервые он появился в межгосударственном стандарте «Свекла сахарная. Технические условия» (ГОСТ 33884–2016¹), где нормируются требования к внешнему виду и запаху. Метод их определения изложен весьма кратко и относится к принимаемой сахарной свекле. При поступлении в технологический поток, особенно после длительного хранения, сырье может быть инфицировано, а болезни могут иметь разную степень развития. Для такой оценки отсутствуют как стандартизованные методы, так и какие-либо описательные инструкции. При этом органолептическая оценка – оценка, в ходе которой информация о качестве воспринимается органами чувств человека, она широко применяется при определении качества пищевых продуктов. Несмотря на кажущуюся простоту, органолептический анализ базируется на научно обоснованных методах, гарантирующих точность и воспроизводимость результатов, а его применение регулируется множеством стандартов национального и международного уровня. В зависимости от поставленных целей и задач используются различные методы органолептического анализа. В последние годы применительно к пищевым продуктам все большее распространение получает дескрипторно-профильный метод органолептического анализа, представляющий собой метод количественного отображения совокупности наиболее значимых органолептических признаков пищевого продукта: аромата, вкуса, консистенции с использованием предварительно выбранных дескрипторов (Матисон, Арутюнова, Горячева, 2015, с. 52–54). При

¹ ГОСТ 33884–2016. Свекла сахарная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2017. 11 с.

этом дескриптор – индивидуальная характеристика пищевого продукта, наиболее ярко отражающая его заданные свойства.

Для органолептической оценки сахарной свеклы с идентификацией болезней разработана методика, базирующаяся на методологии дескрипторно-профильного метода (Егорова, Пузанова, Смирнова, 2020, с. 56–61). Для ее реализации предложены 4 дескриптора – индивидуальные характеристики состояния корнеплода, связанные с разными заболеваниями, каждому дескриптору присвоены описательные характеристики. В целом это позволяет строить профили дескрипторов, отражающие возможные заболевания корнеплодов, обладающие хорошей информативностью. Вместе с тем, полагаем, что методический материал требует более систематизированной взаимосвязи описательных характеристик с дескрипторами.

Цель наших исследований заключалась в экспериментальной отработке методики органолептической оценки сахарной свеклы с идентификацией болезней.

Материалы и методы исследования

Эксперименты проводили в лабораторных условиях НИИ сахарной промышленности ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в период сезона переработки сахарной свеклы урожая 2019 г. Объектом исследования служили образцы сахарной свеклы, доставленные с различных сахарных заводов Курской, Воронежской, Орловской, Тамбовской, Нижегородской областей, Ставропольского края, всего в тестировании участвовало 110 образцов сахарной свеклы. Методологической основой органолептической оценки сахарной свеклы служили положения ГОСТ 33884, которые были развиты в части описания внешнего вида корнеплодов. Методологической основой идентификации болезней служила разработанная ранее методика (Егорова, Пузанова, Смирнова, 2020, с. 56–61).

Каждую пробу сахарной свеклы массой 12...15 кг отмывали вручную под струей воды от минеральных примесей и доочищали от прилипшей почвы неметаллической щеткой. Поверхностную влагу с корнеплодов удаляли фильтровальной бумагой. Металлическим ножом обрезали неудаленные черешки листьев, боковые корешки и хвостики диаметром менее 1 см. Подготовленную аналитическую пробу раскладывали на столе, каждый корнеплод осматривали, отмечая цвет и структуру поверхностной ткани. Далее каждый корнеплод

из пробы ножом-гильотиной разрезали вдоль на две части и рассматривали, также отмечая цвет и структуру ткани на разрезе согласно разработанным дескрипторам. В случае отличия цвета и структуры тканей от присущей здоровой сахарной свекле, определяли ее долю по отношению к общей площади поверхности корнеплода или разреза, затем интерполировали результат каждого корнеплода на всю пробу как средневзвешенную величину площади изменений от общей площади корнеплодов. Окончательный результат выражали в виде профилограмм, каждая из которых включала от 9 до 14 шкал болезней с уровнями распространения признаков от 0 до 100%, соотнесенных с определенными ранее дескрипторами.

В ходе экспериментальной отработки методики основное внимание уделялось методологическим аспектам: проводилось уточнение и детализация последовательности операций с пробой, отмечались индивидуальные нюансы всех моментов проведения испытаний и оформления результатов, акцент делался на оптимизации представления методического материала в виде систематизированной взаимосвязи описательных характеристик дескрипторов с болезнями.

Результаты и их обсуждение

Накопленный экспериментальный материал в виде массива данных о параметрах органолептического состояния корнеплодов сахарной свеклы в различный период оценки послужил базисом для внесения в методику корректив, улучшения ее изложения. Так, частично расширены описательные характеристики всех дескрипторов за счет добавления новых оттенков цвета ткани и пятен, состояния ткани, которые были проявлены в ряде проб сахарной свеклы.

Предложенная панель дескрипторов (Егорова, Пузанова, Смирнова, 2020, с. 56–61) имеет описательные характеристики, представленные в логической последовательности изменения цвета поверхностной ткани или ткани на разрезе от нормативной в сторону постепенного перехода тона и появления пятен; аналогичным образом представлены характеристики структуры ткани корнеплода от нормативной до полного разрушения. Однако при пользовании ею построенные профили органолептических показателей, коррелирующие с болезнями, с одной стороны, информативны, с другой стороны, одинаковые болезни приходится на разные по нумерации шкалы, что несколько затрудняет итоговое восприятие.

Поэтому для максимальной взаимоувязки дескрипторов с болезнями предложено изменить форму представления панели, разбив ее на две части – для дескрипторов поверхностной ткани и для дескрипторов ткани на разрезе корнеплода. Каждая такая таблица дескрипторов будет иметь центральную графу с наименованием болезней, слева и справа – графы с описательными характеристиками дескрипторов и соответствующей нумерацией шкал болезней. При этом нумерацию шкал болезней предпочтительно производить следующим

образом: вначале слева формируются строки графы описательных характеристик цвета ткани с последовательной нумерацией соответствующих им болезней, которые построчно размещаются в центральной графе; затем справа размещаются соответствующие приведенным болезням описательные характеристики структуры ткани. В этом случае появляется возможность дифференцировать болезни при одинаковом состоянии цвета ткани. Выполненные таким образом панели дескрипторов приведены в Таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Соответствие болезней сахарной свеклы и дескрипторов поверхностной ткани сахарной свеклы

Описательная характеристика дескриптора – цвет поверхностной ткани	№ шкалы болезни	Заболевание	Описательная характеристика дескриптора – структура поверхностной ткани
светло-бежевый		здоровый корнеплод	гладкая и сухая
грязно-белый	1	слизистый бактериоз	мокрая с локализацией по всему корнеплоду; отслаивающаяся с локализацией по всему корнеплоду
	3	ризоктониоз	наличие вдавленных участков, локализуемых в хвостовой части
наличие темно-серых пятен, локализуемых в хвостовой части	4	рак	наличие наростов с гладкой поверхностью, локализуемых в области шейки
	5	туберкулез	наличие наростов с бугорчатой поверхностью, локализуемых в области шейки
наличие светло-коричневых пятен, локализуемых в хвостовой части	6	фитофтороз	мокрая, рыхлая и отслаивающаяся с локализацией в хвостовой части
наличие темно-коричневых пятен, локализуемых в области шейки	7	поясковая парша	шероховатая с локализацией в области шейки; наличие трещин, локализуемых в области шейки
	8	обыкновенная парша	шероховатая с локализацией по всему корнеплоду; наличие трещин, локализуемых по всему корнеплоду
наличие темно-коричневых пятен, локализуемых по всей поверхности	9	прыщеватая парша	бугорчатая с локализацией по всему корнеплоду
наличие темно-коричневых пятен, локализуемых в хвостовой части	10	фузариоз	наличие трещин, локализуемых в хвостовой части; наличие большого количества мелких боковых корешков; рыхлая с локализацией в хвостовой части
наличие бурых пятен, локализуемых в хвостовой части	11	бурая гниль	наличие трещин, вдавленных участков, локализуемых в хвостовой части
наличие бурых пятен, локализуемых в области шейки и хвостовой части	12	кагатная гниль	рыхлая, отслаивающаяся или заплесневевшая с локализацией по всему корнеплоду
	13	сосудистый бактериоз	мягкая с локализацией в хвостовой части
наличие черных пятен, локализуемых в хвостовой части	14	хвостовая гниль	мягкая, морщинистая с локализацией в хвостовой части

Таблица 2

Соответствие болезней сахарной свеклы и дескрипторов ткани сахарной свеклы на разрезе

Описательная характеристика дескриптора – цвет ткани на разрезе	№ шкалы болезни	Заболевание	Описательная характеристика дескриптора – структура ткани на разрезе
бело-кремовый, визуализация сосудов белого или светло-бежевого цвета		здоровый корнеплод	плотная
	1	сосудистый бактериоз	мягкая с локализацией в хвостовой части
грязно-белый, визуализация побуревших сосудов, наличие черных пятен	2	фузариоз	рыхлая с локализацией в хвостовой части; наличие полостей с локализацией в хвостовой части
	3	хвостовая гниль	мягкая с локализацией в хвостовой части; наличие слизи с локализацией в хвостовой части
серо-желтый	4	слизистый бактериоз	мягкая, водянистая, наличие полостей, наличие слизи с локализацией в хвостовой части
	5	фитофтороз	мягкая, водянистая с локализацией в хвостовой части
наличие красных пятен, локализуемых в хвостовой части	6	ризоктониоз	рыхлая с локализацией в хвостовой части
наличие бурых пятен, локализуемых в хвостовой части	7	бурая гниль	рыхлая с локализацией в хвостовой части
наличие бурых пятен, локализуемых в области шейки и хвостовой части	8	кагатная гниль	рыхлая с локализацией в области шейки и хвостовой части
наличие темно-бурых пятен, локализуемых в хвостовой части	9	сухой склероциоз	волокнистая с локализацией в хвостовой части

Примеры реализации нового параметра контроля технологического потока производства сахара приведены ниже. Контролю подвергалась сахарная свекла, поступающая в технологический поток двух сахарных заводов во второй половине января 2020 г. – пробы № 1 и № 2.

Проба № 1 сахарной свеклы содержала 21 корнеплод. При внешнем осмотре корнеплодов установлено, что 64% площади поверхностной ткани корнеплодов имеет светло-бежевый цвет, 5% приходится на оттенок грязно-серого тона. Шестнадцать корнеплодов имеют нехарактерный цвет по всей окружности корнеплода в области головки и шейки от светло- до темно-зеленого, что составляет 10% общей площади поверхности. У четырех корнеплодов присутствуют темно-коричневые участки в области шейки и хвостика, занимающие 7% площади ткани корнеплодов (Рисунок 1а). 25% площади ткани корнеплодов на разрезе имеет серо-желтый цвет, 12% занимают участки коричневого цвета, локализуемые в области головки и хвостика. 25% площади поверхностной ткани на разрезе характеризуется как неупругая, мягкая,

водянистая, расслаивающаяся, с наличием слизи (Рисунок 1б).

Профили диагностированных болезней пробы сахарной свеклы № 1 приведены на рисунке 2.

Результаты диагностики болезней корнеплодов пробы № 1 показывают, что в ней присутствуют кагатная гниль и слизистый бактериоз с достаточно высокой степенью развития, обеспечившей содержание 20% гнилой массы, что характеризует данную сахарную свеклу как сырье пониженного качества. Очевидно, что кагатная гниль возникла в результате длительного хранения сахарной свеклы в кагатах; слизистый бактериоз – также результат сложившихся условий хранения, когда замороженные при отрицательных температурах корнеплоды начали оттаивать при повышении температур до положительных значений, что подтверждается наличием в пробе 25% мороженых корнеплодов. Указанные болезни приводят к накоплению гнилостных и слизиобразующих бактерий в свекловичном соке, при этом имеет место разложение сахарозы со снижением pH. За счет



(a)



(б)

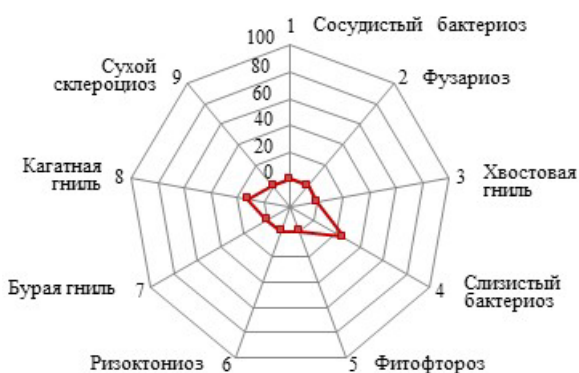
Рисунок 1. Внешний вид ткани корнеплодов пробы № 1 сахарной свеклы: поверхностной (а), на продольном разрезе (б)



(a)



(б)



(a)



(б)

Рисунок 2. Профили диагностированных болезней пробы № 1 сахарной свеклы: цвета поверхностной ткани (а), структуры поверхностной ткани (б), цвета ткани на разрезе (в), структуры ткани на разрезе (г)

накопления гнилой массы в корнеплодах увеличивается содержание несахаров, соответственно снижается чистота свекловичного сока. Последующий анализ химического состава это подтвердил: содержание сахарозы понизилось на 1,6% (при исходной сахаристости 19,50%), чистота свекловичного сока снизилась до 82% (для здоровой свеклы в текущем сезоне чистота составляла 90...92%), pH до 6,1, сок был инфицирован слизиобразующими бактериями.

Переработка сахарной свеклы вышеуказанного качества может быть осуществлена только в случае смешивания в пропорции 1:5 со свеклой хорошего качества. В технологическом потоке будет наблюдаться негативное проявление низкого качества сырья: повышенное пенообразование; снижение чистоты диффузионного и очищенного соков, повышение цветности очищенного сока в 2 раза по отношению к нормативному; увеличение содержания солей кальция до 1...2%; повышение вязкости сахарных растворов, приводящее к изменению качества образующегося на сатурации осадка и возникновению проблем при фильтровании растворов вплоть до закупорки пор фильтровальных тканей фильтровального оборудования; снижение скорости кристаллизации сахарозы при уваривании utfелей, приводящее к снижению производительности технологического потока, ухудшению качества сахара, увеличению потерь в мелассе и др. Возникнет необходимость использования комплекса технологических вспомогательных средств в виде антисептических препаратов, пеногасите-

лей и ферментных препаратов; корректировки технологического режима.

Проба № 2 содержала 28 корнеплодов (Рисунок 3а), при осмотре которых установлено, что 42% поверхностной ткани имеет светло-бежевый цвет, остальная имеет оттенок грязно-серого тона. У шести корнеплодов присутствуют темно-коричневые участки в области шейки и хвостика, площадь этих участков составляет 10% площади ткани корнеплодов. Структура поверхностной ткани у 14 корнеплодов характеризуется как мягкая, мокрая, отслаивающаяся с локализацией по всей поверхности корнеплодов, что в целом обеспечивает 50% площади измененной ткани. У двух корнеплодов отслаивающаяся ткань локализована в области хвостика, что обеспечивает менее 1% площади такой измененной ткани.

При осмотре разрезанных вдоль корнеплодов данной пробы (Рисунок 3б) установлено следующее. 71% площади ткани корнеплодов имеет серо-желтый цвет, 10% приходится на участки коричневого цвета, локализуемые в области головки и хвостика. 11% площади ткани имеет визуализируемые побуревшие сосуды с локализацией по всей площади. 71% ткани характеризуется как неупругая, мягкая, водянистая, расслаивающаяся, у 12% ткани зафиксировано наличие полостей и слизи, при нажатии на ткань отмечается выделение пузырьков газа.

Профили диагностированных болезней пробы сахарной свеклы № 2 приведены на рисунке 4.



(а)



(б)

Рисунок 3. Внешний вид тканей корнеплодов пробы № 2 сахарной свеклы: поверхностной (а), на продольном разрезе (б)

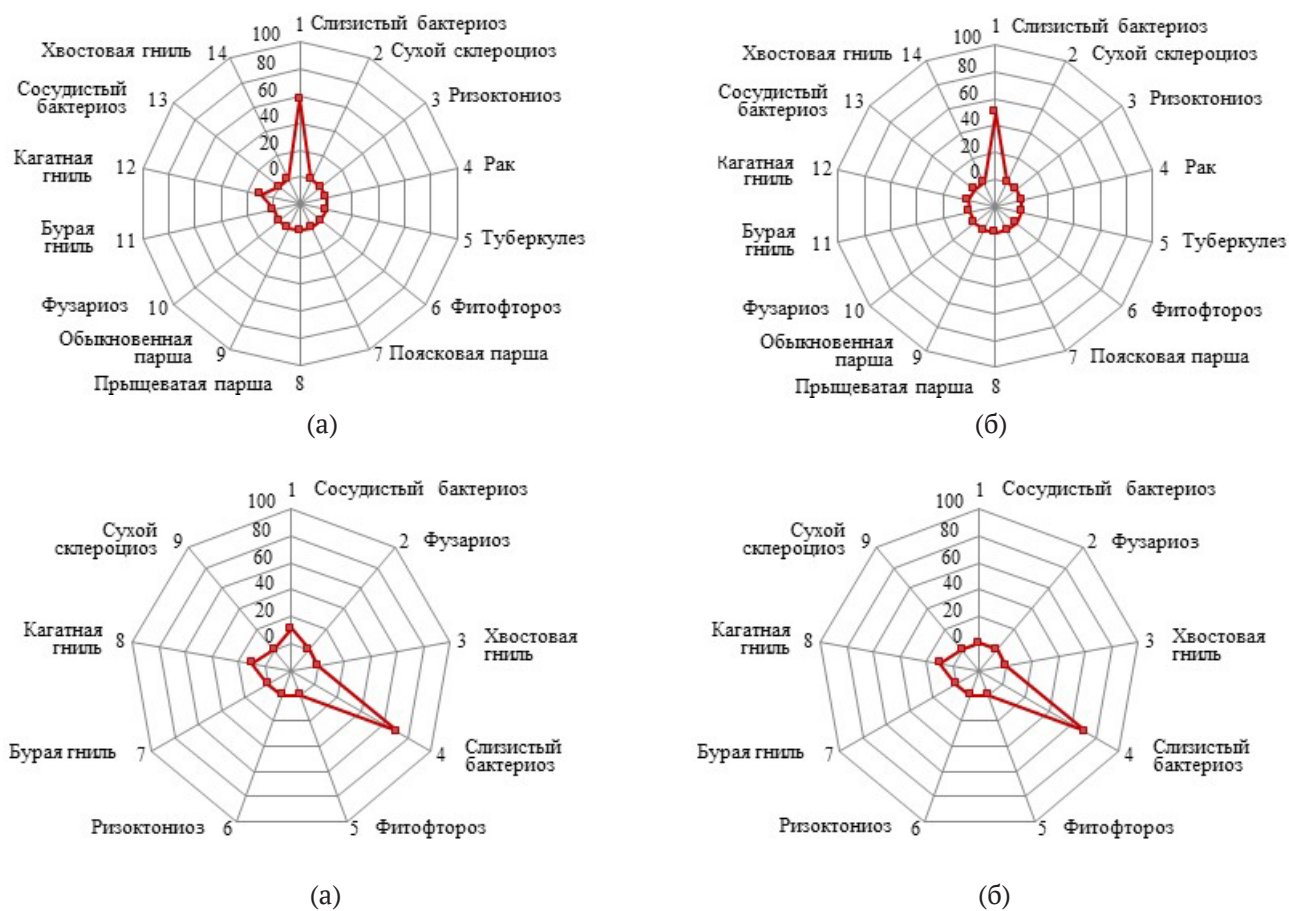


Рисунок 4. Профили диагностированных болезней пробы № 2 сахарной свеклы: цвета поверхностной ткани (а), структуры поверхностной ткани (б), цвета ткани на разрезе (в), структуры ткани на разрезе (г)

Результаты диагностики болезней корнеплодов пробы № 2 показывают, что в ней присутствуют кагатная гниль, сосудистый бактериоз и слизистый бактериоз с весьма высокой степенью развития, обеспечившей содержание 52% гнилой массы. Развитие кагатной гнили и слизистого бактериоза произошло по аналогичным причинам, отмеченным у пробы № 1. Вместе с тем, в данной пробе диагностирован сосудистый бактериоз – болезнь, возникшая при вегетации. Очевидно, при приемке сахарной свеклы с исключительно внешним осмотром корнеплодов она не была обнаружена ввиду маскировки внешних признаков поражения. Известно, что корнеплоды, пораженные сосудистым бактериозом, обладают плохой лежкостью, в них снижается содержание сахарозы, обменные процессы отклоняются от нормы, что приводит к изменению химического состава (Апасов, Путилина, Селиванова, 2014, с. 35–38). Скорее всего, именно этим обусловлена сахаристость на 3,5% ниже, чем в пробе № 1. А ослабленные этой болезнью

корнеплоды во время хранения подверглись более глубоким изменениям уже из-за других болезней. Так, чистота свекольного сока снизилась до 78%, pH до 5,7, степень инфицирования сока слизиобразующими бактериями была выше. Сахарная свекла такого качества непригодна для переработки и получения из нее сахара; переработка ее может быть осуществлена только в случае смешивания в пропорции 1:10 со свеклой хорошего качества.

Как видно из вышеприведенных примеров, в случае отсутствия данных о состоянии поступающего в технологический поток сахарного завода сырья после длительного хранения, могут наступить критические последствия – инфицирование технологического потока, остановка фильтрационного оборудования, невозможность дальнейшей работы; выпускаемый сахар может не соответствовать ГОСТ 33222–2015², в нем будут присутствовать различные микронутриенты, обе-

² ГОСТ 33222–2015. Сахар белый. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

специвающие высокую цветность, зольность, мутность растворов, что исключит возможность его применения в ряде отраслей, производящих продукты питания. Введение нового параметра контроля и использование предлагаемой методики контроля позволят работникам сахарного завода принимать оптимальные управляющие решения для выпуска продукции, удовлетворяющей требованиям потребителей, поддержания конкурентоспособности предприятия.

Выводы

По результатам экспериментальной отработки методики органолептической оценки сахарной свеклы с идентификацией болезней расширены описательные характеристики дескрипторов; скорректировано визуальное представление панели дескрипторов во взаимоувязке с болезнями. Предложенная шкала болезней профилограмм для поверхностной ткани включает 14 позиций, для ткани на разрезе – 9. Использование предлагаемой методики позволяет получить полную информацию о состоянии сахарной свеклы, поступающей в технологический поток, что дает возможность прогнозировать протекание процессов при переработке, принимать оптимальные управляющие решения для выпуска сахара по заданным требованиям.

Литература

- Агафонов Г.В., Кульнева Н.Г., Путилина Л.Н. О технологическом качестве сахарной свеклы, пораженной сосудистым бактериозом // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 1. с. 46–50.
- Апасов И.В., Путилина Л.Н., Селиванова Г.А. Изменение технологических качеств корнеплодов сахарной свеклы, пораженных сосудистым бактериозом // Сахар. 2014. № 9. с. 35–38.
- Борисюк П.Г. Особенности химического состава корнеплодов и их изменения во время хранения // Вестник сахарников Украины. 2014. № 11(102). с. 2–8.
- Голыбин В.А., Федорук В.А., Матвиенко Н.А., Лоскутов А.Ю. Конверсия редуцирующих веществ и показатели сахарных растворов // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. с. 276–281. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-276-281>
- Голыбин В.А., Федорук В.А., Матвиенко Н.А., Ромашова В.Б. Эффективность переработки свеклы пониженного качества // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80, № 2. с. 206–210. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-206-210>
- Даишева Н.М., Люсый И.Н., Семенихин С.О., Котляревская Н.И., Усманов М.М. Требования к качеству и безопасности сахара, используемого при производстве пищевой продукции // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2018. № 8. с. 33–42.
- Егорова М.И. Переход на новую парадигму системы технологического контроля как инструмент управления потенциальными возможностями технологической линии производства сахара // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов: сборник докладов Международной научно-практической конференции. Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2019. с. 255–260.
- Егорова М.И., Пузанова Л.Н., Смирнова Л.Ю. Разработка дескрипторов для органолептической оценки сахарной свеклы с идентификацией болезней // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 1. с. 56–61. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10111>
- Егорова М.И., Райник В.В., Михалева И.С., Кретова Я.А., Николаева Е.С. Поиск формализованных связей между потребительскими свойствами сахара и параметрами технологического процесса его производства // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80, № 3. с. 196–204. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-196-204>
- Егорова М.И., Широких Е.В., Михалева И.С., Пузанова Л.Н. Методологические аспекты формирования системы методик контроля технологического потока производства сахара // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81, № 2. с. 162–169. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-162-169>
- Жеряков Е.В., Котлов С.А. Изменение технологических качеств корнеплодов сахарной свеклы при полевом хранении // Нива Поволжья. 2017. № 3(44). с. 27–32.
- Иванов Е.В. Предварительные итоги свеклосахарного производства в сезоне 2019/2020 – рекорды, рекорды, рекорды // Сахарная свекла. 2020. № 1. с. 2–5.
- Костин В.И., Мударисов Ф.А., Решетникова С.Н., Федорова И.Л. Влияние сроков хранения корнеплодов сахарной свеклы в кагатах на выход сахара в ОАО «Ульяновский сахарный завод» // Сахарная свекла. 2016. № 5. с. 29–31.

- Лихачева Л.Б., Назина Л.И., Ломанова А.В., Черных Н.А. Информационная модель управления производственной системой // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80, № 4. с. 128–132. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-128-132>
- Матисон В.А. Контроль качества сырья, материалов и готовой продукции в пищевом производстве // Пищевая промышленность. 2016. № 7. с. 8–11.
- Матисон В.А., Арутюнова Н.И., Горячева Е.Д. Применение дескрипторно-профильного метода для оценки качества продуктов питания // Пищевая промышленность. 2015. № 6. с. 52–54.
- Назина Л.И., Лихачева Л.Б. Проектирование производственных систем на предприятиях агропромышленного комплекса // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79, № 1. с. 497–500. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-497-500>
- Овчинникова Т.И., Марков А.В., Дуванова Ю.Н. О сущности понятия «стратегическая конкурентоспособность» // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 3. с. 417–422. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-417-422>
- Олейник С.И. Влияние сахара белого на стойкость ликероводочной продукции // Цукор України. 2013. № 9(93). с. 48–52.
- Путилина Л.Н., Апасов И.В., Селиванова Г.А. Влияние сосудистого бактериоза на технологические качества сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2015. № 5. с. 36–40.
- Путилина Л.Н., Кульнева Н.Г., Селиванова Г.А., Землянухина О.А. Технологическая оценка сахарной свеклы, инфицированной возбудителями сосудистого бактериоза в период вегетации // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 3. с. 239–246. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-239-246>
- Путилина Л.Н., Лазутина Н.А., Черепухина И.В. Технологические качества и лежкоспособность корнеплодов сахарной свеклы с разной степенью увядания // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2019. № 1. с. 15–22.
- Путилина Л.Н., Лазутина Н.А., Черногиль В.Б. Повышение лежкоспособности корнеплодов сахарной свеклы в кагатах // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 2. с. 51–63. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.150>
- Сотников В.А., Сотников А.В., Wild V., Moisch U. Сезон 2016 года: слизистый бактериоз // Сахар. 2017. № 3. с. 18–23.
- Стогниенко О.И., Воронцова А.И. Видовой состав возбудителей кагатной гнили сахарной свеклы при краткосрочном хранении в полевых буртах // Защита и карантин растений. 2015. № 1. с. 26–28. URL: https://www.pesticidy.ru/ps-content/literature/files/vidovoy-sostav-vozbuditeley-kagatnoy-gnili-saharnoy-svekly-pri-kratkosrochnom-hranenii-v-polevyh-burtah_3559_instructions.pdf (дата обращения: 10.08.2020).
- Тужилкин В.И., Клемешов Д.А., Доненко Г.А., Лукин Н.Д. Оперативный учет и контроль свеклосахарного производства // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 1. с. 20–31. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.48>
- Штерман С.В., Штерман В.С., Осташенкова Н.В., Ткешелашвили М.Е., Кондакова И.А., Холина О.В. Качественные характеристики сахара-песка для кондитерского производства // Сахар. 2009. № 3. с. 46–52.
- Antczak-Chrobot A., Bak P., Wojtczak M. Changes in technological quality of frost damaged sugar beet during storage // Sugar industry. Zuckerindustrie. 2017. Vol. 142, no. 8. P. 471–475. <https://doi.org/10.36961/si18648>
- De Bruijn J.M. The fascinating sweet world of sugar technology – never a dull moment // Sugar industry. 2012. Vol. 11. P. 697–706. <https://doi.org/10.36961/si13523>
- De Bruijn J.M. Impact of beet quality on sugar manufacture. part 1. general considerations of the technological beet quality // Sugar Industry. 2020. Vol. 145, no. 2. P. 86–93. <https://doi.org/10.36961/si24060>
- De Bruijn J.M. Impact of Beet Quality on Sugar Manufacture. Part 2. Impact of Invert Sugar on Beet Processing // Sugar Industry. 2020. Vol. 145, no. 3. P. 154–160. <https://doi.org/10.36961/si24155>
- Wojtczak M., Antczak-Chrobot A., Bak P., Molska M., Blaszczyk I., Papiewska A. Changes in the content of organic acids and inorganic anions in sugar beet during long-term storage // Sugar industry. Zuckerindustrie. 2016. Vol. 12(141). P. 760–764. <https://doi.org/10.36961/si17974>
- Wright M. Microbiology in the sugar industries // Sugar Industry. 2018. Vol. 143, no. 2. P. 83–87. <https://doi.org/10.36961/si19224>

Development of Methodological Aspects of Identification of Sugar Beet Diseases when Arriving into a Technological Stream for Producing Sugar

Marina I. Egorova

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Kursk Federal Agrarian Scientific Centre" –
Research Institute of the Sugar Industry
63, Karl Marx str., Kursk, 305029, Russian Federation,
E-mail: rniisp@gmail.com*

Lubov N. Puzanova

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Kursk Federal Agrarian Scientific Centre" –
Research Institute of the Sugar Industry
63, Karl Marx str., Kursk, 305029, Russian Federation,
lyubov.puzanova@yandex.ru*

Lyudmila Y. Smirnova

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Kursk Federal Agrarian Scientific Centre" –
Research Institute of the Sugar Industry
63, Karl Marx str., Kursk, 305029, Russian Federation
v79066891475@yandex.ru*

In modern conditions, the strategic competitiveness of beet sugar factories is determined by the ability to produce products according to the specified requirements of industrial consumers for micronutrient composition. Changes in the chemical composition of sugar beet after storage due to diseases of the growing season and storage negatively affect the course of processing processes and the quality of sugar. To make the right decisions on the organization of the processing processes of such sugar beet in the control system, it requires the introduction of a new parameter that has not been available to date – organoleptic assessment with the diagnosis of diseases, the proposal of a modern control technique. The aim of the research was the experimental development of the methodology of organoleptic assessment of sugar beet with the identification of diseases, based on the methodology of the descriptor-profile method, for the development of the methodological foundations of control. On 110 samples of sugar beet, refinement and detailing of the sequence of operations with the sample, refinement of the methodological material in terms of systematizing the relationship of descriptive characteristics with descriptors was carried out. Based on its results, the descriptive characteristics of 4 descriptors were expanded, the visual representation of the descriptor panel was adjusted in conjunction with diseases, mock-ups of disease profilograms were formed, including from 9 to 14 scales. Using specific examples show the results of the assessment of sugar beet entering the process stream of a sugar factory after long-term storage were shown. Using the proposed method allows you to obtain complete information about the state of sugar beet entering the process stream, to predict the course of processes during processing, to make optimal control decisions for the production of sugar according to specified requirements.

Keywords: sugar beet, diseases, descriptor, descriptive characteristic, control, competitiveness

References

- Agafonov G.V., Kul'neva N.G., Putilina L.N. O tekhnologicheskoy kachestve sakharnoi svekly, porazhennoi sosudistym bakteriozom [On technological qualities of sugar beet affected by vascular bacteriosis]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of food production]*, 2018, vol. 1, pp. 46–50.
- Apasov I.V., Putilina L.N., Selivanova G.A. Izmenenie tekhnologicheskikh kachestv korneplodov sakharnoi svekly, porazhennykh sosudistym bakteriozom [Change technological quality of sugar beet, affected vascular bacteriosis]. *Sakhar [Sugar]*, 2014, vol. 9, pp. 35–38.
- Borisyyuk P.G. Osobennosti khimicheskogo sostava korneplodov i ikh izmeneniya vo vremya khraneniya

- [Features of the chemical composition of root crops and their changes during storage]. *Vestnik sakhar-nikov Ukrainy [Sugar Bulletin of Ukraine]*, 2014, vol. 11(102), pp. 2–8.
- Daisheva N.M., Lyusyi I.N., Semenikhin S.O., Kotlyar-evskaya N.I., Usmanov M.M. Trebovaniya k kachestvu i bezopasnosti sakhara, ispol'zuemogo pri proizvodstve pishchevoi produktsii [Conversion of the reducing substances and sugar solutions indexes]. *Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta [Scientific works of the Kuban State Technological University]*, 2018, vol. 8, pp. 33–42.
- Egorova M.I. Perekhod na novuyu paradigmu sistemy tekhnologicheskogo kontrolya kak instrument upravleniya potentsial'nymi vozmozhnostyami tekhnologicheskoi linii proizvodstva sakhara [Transition to a new paradigm of the technological control system as a tool for managing the potential capabilities of the sugar production line]. In *Problemy i perspektivy nauchno-innovatsionnogo obespecheniya agropromyshlennogo kompleksa regionov: sbornik dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Problems and prospects of scientific-innovative support of the agro-industrial complex of regions: Proceedings of the international scientific and practical conference]*. Kursk: FGBNU «Kurskii federal'nyi agrarnyi nauchnyi tsentr», 2019, pp. 255–260.
- Egorova M.I., Puzanova L.N., Smirnova L.Yu. Razrabotka deskriptorov dlya organolepticheskoi otsenki sakhar-noi svekly s identifikatsiei boleznei [Development of descriptors for organoleptic evaluation of sugar beet with disease identification]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology of agriculture]*, 2020, vol. 34, no. 1, pp. 56–61. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10111>
- Egorova M.I., Rainik V.V., Mikhaleva I.S., Kretova Ya.A., Nikolaeva E.S. Poisk formalizovannykh svyazei mezhdu potrebitel'skimi svoystvami sakhara i parametrami tekhnologicheskogo protsessa ego proizvodstva [Searching for formalized connections between the consumer properties of sugar and technological process parameters of its production]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, 2018, vol. 80, no. 3, pp. 196–204. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-196-204>
- Egorova M.I., Shirokikh E.V., Mikhaleva I.S., Puzanova L.N. Metodologicheskie aspekty formirovaniya sistemy metodik kontrolya tekhnologicheskogo potoka proizvodstva sakhara [Methodological aspects of system forming of control methods of technological flow of sugar production]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, 2019, vol. 81, no. 2, pp. 162–169. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-162-169>
- Golybin V.A., Fedoruk V.A., Matvienko N.A., Loskutov A.Yu. Konversiya redutsiruyushchikh veshchestv i pokazately sakharных растворов [Conversion of the reducing substances and the indices of sugar solutions]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, 2017, vol. 79, no. 1, pp. 276–281. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-276-281>
- Golybin V.A., Fedoruk V.A., Matvienko N.A., Romashova V.B. Effektivnost' pererabotki svekly ponizhen-nogo kachestva [Efficiency of low quality beet processing]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, 2018, vol. 80, no. 2, pp. 206–210. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-206-210>
- Ivanov E.V. Predvaritel'nye itogi sveklosakhar-nogo proizvodstva v sezone 2019/2020 – rekordy, rekordy, rekordy [Preliminary results of sugar beet production in Russia in 2019/2020 season – records, records, records]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2020, vol. 1, pp. 2–5.
- Kostin V.I., Mudarisov F.A., Reshetnikova S.N., Fedorova I.L. Vliyanie srokov khraneniya korneplodov sakhar-noi svekly v kagatakh na vykhod sakhara v OAO «Ul'yanovskii sakharnyi zavod» [Influence of periods of sugar beet storage in clamps on sugar output in Ulyanovsk sugar factory]. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]*, 2016, vol. 5, pp. 29–31.
- Likhacheva L.B., Nazina L.I., Lomanova A.V., Chernykh N.A. Informatsionnaya model' upravleniya proizvodstvennoi sistemoi [Information model of production system management]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, 2018, vol. 80, no. 4, pp. 128–132. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-128-132>
- Matison V.A. Kontrol' kachestva syr'ya, materialov i got-ovoi produktsii v pishchevom proizvodstve [Quality control of raw materials and finished products in the food industry]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food processing industry]*, 2016, vol. 7, pp. 8–11.
- Matison V.A., Arutyunova N.I., Goryacheva E.D. Pri-menenie deskriptorno-profil'nogo metoda dlya otsenki kachestva produktov pitaniya [Application of descriptor-profile method to assess the food quality]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food processing industry]*, 2015, vol. 6, pp. 52–54.
- Nazina L.I., Likhacheva L.B. Proektirovanie proizvodstvennykh sistem na predpriyatiyakh agropromyshlennogo kompleksa [The design of production systems

- at the enterprises of agroindustrial complex]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2017, vol. 79, no 1, pp. 497–500. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-497-500>
- Oleinik S.I. Vliyanie sakhara belogo na stoikost' likero-vodochnoi produktsii i [The effect of white sugar on the durability of alcoholic beverages]. *Tsukor Ukraïni i [Sugar of Ukraine]*, 2013, vol. 9(93), pp. 48–52.
- Ovchinnikova T.I., Markov A.V., Duvanov Yu.N. O sushchnosti ponyatiya «strategicheskaya konkurentosposobnost'» [About essence of the “strategic competitiveness” concept]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2016, vol. 3, pp. 417–422. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-417-422>
- Putilina L.N., Apasov I.V., Selivanova G.A. Vliyanie sosudistogo bakterioza na tekhnologicheskie kachestva sakharnoi svekly [Influence of vascular bacteriosis on sugar beet technological qualities]. *Sakhar'naya svekla [Sugar beet]*, 2015, vol. 5, pp. 36–40.
- Putilina L.N., Kul'neva N.G., Selivanova G.A., Zemlyanukhina O.A. Tekhnologicheskaya otsenka sakharnoi svekly, infitsirovannoi vzbuditelyami sosudistogo bakterioza v period vegetatsii [Technological scoring of sugar beets which were infected by the pathogen of the vascular bacteriosis during vegetation period]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2016, vol. 3, pp. 239–246. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-239-246>
- Putilina L.N., Lazutina N.A., Cherepukhina I.V. Tekhnologicheskie kachestva i lezhkosposobnost' korneplodov sakharnoi svekly s raznoi stepen'yu uvyadaniya [Technological qualities and storage ability of sugar beet roots with different degree of bacterial wilt]. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya [Technologies for the food and processing industry of AIC – healthy food]*, 2019, vol. 1, pp. 15–22.
- Putilina L.N., Lazutina N.A., Chernogil' V.B. Povyshenie lezhkosposobnosti korneplodov sakharnoi svekly v kagatakh [Improvement of Sugar Beet Root Storage Ability in Clamps]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and Processing of Farm Products]*, 2019, vol. 2, pp. 51–63. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.150>
- Shterman S.V., Shterman V.S., Ostashenkova N.V., Tkeshelashvili M.E., Kondakova I.A., Kholina O.V. Kachestvennye kharakteristiki sakhara-peska dlya konditerskogo proizvodstva [Characteristics of white sugar quality for confectionary production]. *Sakhar [Sugar]*, 2009, vol. 3, pp. 46–52.
- Sotnikov V.A., Sotnikov A.V., Wild V., Moisch U. Sezon 2016 goda: slizisty bakterioz [2016 season: mucous bacteriosis]. *Sakhar [Sugar]*, 2017, vol. 3, pp. 18–23.
- Stognienko O.I., Vorontsova A.I. Vidovoi sostav vzbuditel'ei kagatnoi gnili sakharnoi svekly pri kratkosrochnom khranении v polevykh burtakh [Species composition of pathogens of clamp rot of sugar beet in short-term storage in the field clamps]. *Zashchita i karantin rastenii [Plant protection and quarantine]*, 2015, vol. 1, pp. 26–28. URL: https://www.pesticidy.ru/ps-content/literature/files/vidovoy-sostav-vzbuditel'ei-kagatnoy-gnili-sakharnoy-svekly-pri-kratkosrochnom-khranении-v-polevykh-burtakh_3559_instructions.pdf (accessed 10.08.2020).
- Tuzhilkin V.I., Klemeshov D.A., Donenko G.A., Lukin N.D. Operativnyi uchet i kontrol' sveklo-sakhar'nogo proizvodstva [Operational accounting and control of sugar-beet manufacturing]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of food production]*, 2019, vol. 1, pp. 20–31. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.48>
- Zheryakov E.V., Kotlov S.A. Izmenenie tekhnologicheskikh kachestv korneplodov sakharnoi svekly pri polevom khranении [Change in technological qualities of sugar beet roots when being stored in field clamps]. *Niva Povolzh'ya [Niva of Volga Region]*, 2017, vol. 3(44), pp. 27–32.
- Antczak-Chrobot A., Bak P., Wojtczak M. Changes in Technological Quality of Frost Damaged Sugar Beet During Storage. *Zuckerindustrie [Sugar industry]*, 2017, vol. 142, no. 8, pp. 471–475. <https://doi.org/10.36961/si18648>
- De Bruijn J.M. Impact of Beet Quality on Sugar Manufacture. Part 1. General Considerations of the Technological Beet Quality. *Sugar Industry*, 2020, vol. 145, no. 2, pp. 86–93. <https://doi.org/10.36961/si24060>
- De Bruijn J.M. Impact of Beet Quality on Sugar Manufacture. Part 2. Impact of Invert Sugar on Beet Processing. *Sugar Industry*, 2020, vol. 145, no. 3, pp. 154–160. <https://doi.org/10.36961/si24155>
- De Bruijn J.M. The Fascinating Sweet World of Sugar Technology – Never a Dull Moment. *Sugar Industry*, 2012, vol. 11, pp. 697–706. <https://doi.org/10.36961/si13523>
- Wojtczak M., Antczak-Chrobot A., Bak P., Molska M., Blaszczyk I., Papiewska A. Changes in the content of organic acids and inorganic anions in sugar beet during long-term storage. *Zuckerindustrie [Sugar Industry]*, 2016, vol. 12(141), pp. 760–764. <https://doi.org/10.36961/si17974>
- Wright M. Microbiology in the sugar industries. *Sugar Industry*, 2018, vol. 143, no. 2, pp. 83–87. <https://doi.org/10.36961/si19224>

Исследование технологии производства экстрактов зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*) с антиоксидантной активностью: определение типа растворителя

Дмитрий Валерьевич Будылин

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

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

E-mail: chief.budylin2013@yandex.ru

Надежда Викторовна Макарова

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

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

E-mail: makarovannv1969@yandex.ru

Мария Олеговна Карпова

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

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

E-mail: karpova-maria@mail.ru

Динара Фанисовна Игнатова

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

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

E-mail: dinara-bakieva@mail.ru

В данной статье исследуются показатели общего содержания фенолов, флавоноидов, антирадикальной активности по методу DPPH, восстанавливающей силы по методу FRAP для экстрактов зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*). Исследовались экстракты, полученные с использованием различных видов растворителей: вода, смесь вода-этанол (96%) (75% об./25% об.), смесь вода-этанол (50% об./50% об.), смесь вода-этанол (96%) (25% об./75% об.) и вода-этанол (96%). Определен тип растворителя, позволяющий максимально полно экстрагировать антиоксидантные вещества из кофе. Максимальные значения общего содержания фенольных веществ обнаружены в экстракте кофе Робуста на основе системы растворителей вода-этанол (75/25), для экстрактов чёрного кофе максимальные значения получены при его экстрагировании водой. Наивысшие показатели общего содержания флавоноидов установлены для экстрактов кофе Робуста и Арабика на основе воды. Низкая антирадикальная активность обнаружена в кофе Арабика и Робуста при соотношении растворителей вода-этанол (25/75). Наибольший показатель восстанавливающей силы обнаружен в экстракте кофе Робуста на основе воды, для получения высоких показателей восстанавливающей силы в экстрактах кофе Арабика в качестве растворителя рекомендуется использовать этанол. Таким образом, можно рекомендовать систему растворителей вода 50% – этанол 50% для получения экстрактов из зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*), обладающих способностью тормозить окислительный стресс в организме человека.

Ключевые слова: антиоксидантная активность; зёрна кофе Робуста (*Coffea canephora*); зёрна кофе Арабика (*Coffea arabica*); фенолы; флавоноиды; свободные радикалы; растворитель

Введение

Экстракция является начальным и наиболее важным этапом восстановления и очистки биоло-

гически активных соединений из растительных материалов. Многие факторы, такие как состав растворителя, температура экстракции и отношение растворителя к твердому веществу, могут

значительно влиять на эффективность экстракции, антиоксидантную активность и содержание фенолов (Carciochi, Sologubik, Fernández, Manrique, D'Alessandro, 2018, P. 1–10).

Выбор растворителя имеет решающее значение для экстракции. При выборе растворителя должны учитываться растворимость, селективность, стоимость, безопасность. Основываясь на законе подобия и смешиваемости: растворители со значением полярности, близким к полярности растворенного вещества, вероятно, будут работать лучше, и наоборот (Delfanian, Kenari, Sahari, 2015, P. 179–187).

Многие растворители, такие как этанол, метанол, ацетон, вода и их комбинации были использованы для извлечения соединений из растительного сырья. Несмотря на то, что водные органические растворители более эффективны, чем вода для извлечения биоактивных соединений из растительного сырья, вода остается наиболее используемым растворителем в пищевой и фармацевтической промышленности, благодаря своей недорогой, нетоксичной и экологически чистой среде (Tchabo, Ma, Kwaw, Xiao, Wu, Apaliya, 2018, P. 717–732).

Литературный обзор

Большинство проведенных исследований, в которых рассматриваются методы экстракции, касаются в основном поиска ответа на вопрос: сколько же кофеина содержится в кофе? Но помимо кофеина в кофе содержатся и другие вещества, такие как фенолы, флавоноиды, лактоны, ниацин, соединения, обладающие антиоксидантными свойствами. Примеры того, как на извлечение соединений, присутствующих в кофе могут влиять выбранные растворители, их соотношение, изменения температуры экстракции, представлены в следующих работах. Итальянские ученые в исследовании (Baiano, Previtali, 2018, P. 31–35) проводили оценку экстрактов кофе на основе воды для восьми марок кофейных капсул, шести марок домашнего кофе «мока» и пяти марок кофе из бара. В экстрактах оценивалось общее содержание фенолов, концентрации кофеина и хлорогеновых кислот, а также антиоксидантная активность. Кофе из капсул, домашний «мока» и кофе из бара, показали различные значения концентрации фенолов вследствие различных условий заваривания (время, температура, давление). Кофе из капсул показал самые высокие средние значения антиоксидантной активности среди трех типов исследуемого кофе.

Болгарские ученые провели (Boyadzhieva, Angelov, Georgieva, Yankov, 2018, P. 85–89) исследования на определение содержания полифенолов и антиоксидантной способности экстрактов из жареного кофе с содержанием использованного молотого кофе. Для определения состава растворителя, при котором извлекается максимальное количество целевых биоактивных компонентов, проводили экстракцию с различными концентрациями этанола (0, 24, 40, 48, 60, 72, 96%) в воде. Максимальное количество полифенолов извлекается при использовании в качестве растворителя 48%-го этанола.

Антиоксидантная активность тринадцати сортов кофе была исследована в экстрактах зеленых и жареных кофейных зерен (Priftis, Stagos, Konstantinopoulos, Tsitsimpikou, Spandidos, Tsatsakis, Tzatzarakis, Kouretas, 2015, P. 7293–7302). Наблюдаемые различия в антиоксидантной активности между различными сортами кофе можно объяснить их различной природой и составом полифенолов, а также наличием молекул, образующимися во время обжарки. Также показано, что время обжарки влияет на антиоксидантную активность жареных кофейных зерен.

На примере *Coffea arabica* L. ученые из Восточной Африки (Эфиопия) изучили (Geremu, Tola, Sualeh, 2016, P. 1–6) влияние трех типов растворителей (80% водный метанол, 80% ацетон и 80% этанол) на способность извлекать максимальное количество полифенолов и обеспечивать высокий уровень антиоксидантной способности. Необходимо отметить, что уровень показателей зависит от типа используемого растворителя. При использовании в качестве растворителя 80% метанола экстракты кофе проявляют высокие значения содержания полифенолов, антиоксидантной активности.

Отработанная кофейная гуща является потенциально ценным источником липидов для устойчивого производства биотоплива. В исследовании (Efthymiopoulos, Hellier, Ladommatos, Kay, Mills-Lampitey, 2019, P. 253–264) представлены результаты лабораторных и экспериментальных исследований в масштабе завода по извлечению липидов из отработанного кофе, определение эффектов факторов экстракции растворителем, включая продолжительность, в отношении отработанной кофейной гущи к растворителю.

В исследовании (Ballesteros, Teixeira, Mussatto, 2014, P. 1322–1332) оценивалось влияние различных растворителей, таких как метанол, этанол, ацетон и дистиллированная вода с целью получения экс-

трактов из *Coffee Silverskin*, показывающие высокие значения антиоксидантной активности. Экстракты из *Coffee Silverskin* на основе метанола и этанола показали высокие результаты, но из-за низкой токсичности именно этанол был выбран в качестве оптимального растворителя, на основании чего проводились дополнительные эксперименты, чтобы максимизировать результаты экстракции.

На примере отработанной кофейной гущи в исследовании (Mariotti-Celis, Martínez-Cifuentes, Huamán-Castilla, Vargas-González, Pedreschi, Pérez-Correa, 2017, Р. 1–11) изучали влияние комбинированного процесса экстракции жидкостью и горячей смолой под давлением на извлечение полифенолов и гидроксиметилфурфурола (ГМФ) из кофейной гущи. В качестве соразтворителя использовали этанол из-за того, что во время извлечения давлением это улучшает эффективность экстракции полифенолов при умеренных температурах и препятствует восстановлению ГМФ из кофейной гущи, тогда как экстракция чистой водой при высоких температурах (200°C) дает экстракты с нежелательным высоким содержанием ГМФ.

Польские учёные (Jeszka-Skowron, Sentkowska, Pyrzyn'ska, Paz De Peña, 2016, Р. 1403–1409) провели исследования экстрактов двенадцати образцов кофе из зёрен Робусты и Арабики разного географического происхождения, включая кофе на пару и кофе без кофеина. В качестве растворителя использовалась вода, и экстракты проверялись на содержание хлорогеновой кислоты и кофеина. Необходимо отметить, что процесс удаления кофеина не влияет на концентрацию хлорогеновой кислоты.

Влияние различий в расположении и типе зеленого кофе на общее содержание фенолов в зеленых кофейных зернах показано в исследовании (Perdani, Pranowo, Qonitatilah, 2019, Р. 1–6). Кофе отличалось по двум факторам: вид (Робуста и Арабика) и место выращивания (например, Malang, Jember, Bondowoso и Banyuwangi). В качестве растворителя использовалась дистиллированная вода. Необходимо отметить, что тип и местоположение роста зеленого кофе оказывают существенное влияние на общее содержание фенолов.

На примере кофейных зёрен зеленого Робуста (*green coffee Robusta sp. Beans*) малайзийские учёные провели исследование (Siva, Rajikin, Haiyee, Ismail, 2016, Р. 1059–1065) экстракции. Метанол и изо-пропанол использовали в качестве экстракционного растворителя (в соотношении с водой 60:40). Кроме того, была проанализирована антиоксидантная активность и общее содержание фенолов.

Результаты показали, что оптимальным растворителем для получения необходимых результатов является изо-пропанол. Процентный выход хлорогеновой кислоты и общее содержание фенолов, экстрагированных с использованием изо-пропанола, был значительно выше по сравнению с метанолом.

Таким образом, на основании данных, проанализированных литературных источников, можно сделать вывод о решающем влиянии типа (природы, полярности) растворителя, используемого для экстракции, на уровень значений антиоксидантной активности зёрен кофе Робуста (*Coffea canephora*).

Кофе после нефти стал вторым самым ценным товаром во всем мире. Сегодня кофе является одним из наиболее широко употребляемых фармакологически активных напитков, и его потребление стало регулярной частью повседневной жизни во всем мире (Bae, Park, Im, Song, 2014, Р. 189–191). Это объясняется тем, что кофе благотворно влияет на некоторые хронические заболевания, особенно сахарный диабет 2 типа (Reis, Dórea, Costa, 2019, Р. 184–191).

Целью нашего исследования был подбор оптимального растворителя для зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зеленого кофе Робуста (*Coffea canephora*), для получения экстрактов с высокими значениями общего содержания фенолов, флавоноидов, антирадикальной активности по методу DPPH, восстанавливающей силы по методу FRAP.

Материалы и методы исследования

Проводилось исследование экстрактов зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зеленого кофе Робуста (*Coffea canephora*) растворителями: вода (дистиллированная) и этанол (96%) в различных соотношениях:

1. 100% вода;
2. 25% вода /75% этанол (96%);
3. 50% вода /50% этанол (96%);
4. 75% вода /25% этанол (96%);
5. 100% этанол (96%).

Для 5 образцов экстрактов, полученных из зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зеленого кофе Робуста, определяли такие показатели как:

- общее содержание фенольных веществ;
- общее содержание флавоноидов;

- антирадикальная активность по методу DPPH;
- восстанавливающая сила по методу FRAP.

Получение экстракта: 1 г исследуемого кофе переносят в стеклянную колбу с притертой крышкой и заливают 4 мл растворителя (для каждого растворителя 3 колбы). Экстракция кофе продолжается 24 ч в термостате при температуре 37°C. Полученный экстракт отделяют на центрифуге при 2500 об./мин в течение 30 мин.

Для испытания каждого отдельного образца кофе на одном растворителе были взяты 3 пробы. Измерения проводились трижды. Полученные результаты обработаны с помощью программы обработки статистических данных Minitab 18.

Определение общего содержания фенольных веществ в экстрактах кофе проводились на основе методики (Ribeiro, Luzia, Jorge, 2019, P. 1–10) с актуализацией для своих экстрактов кофе. Экстракт кофе на основе выбранного растворителя в количестве 0.25 см³ водного раствора реактива Фолина-Чокалтеу (в соотношении 1:1), 0.25 см³ раствора насыщенного карбоната натрия. Полученную смесь оставляют на 30 мин, оптическую плотность проб измеряют на спектрофотометре при длине волны 725 нм. По полученным значениям оптической плотности, используя калибровочную кривую, находят значения общего содержания фенольных веществ в мг галловой кислоты/100 г исходного сырья.

Определение общего содержания флавоноидов исследуют фотометрическим методом. Измерения оптической плотности раствора исследования на спектрофотометре проводят при длине световой волны 510 нм. Для обработки результатов измерений в качестве исходной методики была взята (Hudáková, Marcinčáková, Legáth, 2016, P. 34–38) с изменениями для экстрактов кофе. В исследуемый экстракт кофе объёмом 0.5 см³ добавляют 2.5 см³ дистиллированной воды, затем 0.15 см³ раствора нитрита натрия с концентрацией 5%, экспозиция 5 мин, прибавляют 0.3 см³ 10%-го раствора хлорида алюминия, оставляют на 5 мин. Результаты общего содержания флавоноидов определяют по калибровочной кривой и выражают в мг катехина/100 г исходного сырья.

Определение антирадикальной активности по методу DPPH экстрактов кофе в изучаемых растворителях проводилось с использованием раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH) в этаноле, имеющего насыщенную пурпурно-синюю окраску. Методика (Xu, Wang, Liu, Yuan, Gao, 2015,

P. 946–954) была взята за базу и доработана для собственных типов экстрактов кофе. Из экстрактов на основе каждого типа растворителя для каждого образца кофе приготавливают растворы различной концентрации, из которых набирают в пробирку 0.2 см³, добавляют 2 см³ дистиллированной воды, 2 см³ раствора DPPH. Готовые растворы оставляют в затемненном месте на 30 мин. На спектрофотометре измеряется оптическая плотность полученных растворов исследования при длине световой волны 517 нм. Определение антирадикальной активности по методу DPPH ведется по показателю E_{50} , как концентрации экстракта кофе, необходимой для поглощения 50% свободных радикалов DPPH.

В качестве исходной методики для определения восстанавливающей силы по методу FRAP используют метод (Kwak, Ji, Kim, Lee, Jeong, 2016, P. 15–19) с модификацией для экстрактов кофе. Смешивают в пробирке 0.1 см³ исходного экстракта кофе, 3 см³ дистиллированной воды, 1 см³ раствора реагента FRAP и выдерживают 4 мин в термостате при температуре 37°C. Измерение оптической плотности полученного раствора измеряют на спектрофотометре при длине световой волны 593 нм. Результаты восстанавливающей силы по методу FRAP рассчитывают по калибровочному графику в ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья.

Результаты и обсуждения

Кофе, помимо кофеина содержит другие биологически активные соединения, включая фенольные соединения. Фенольные соединения представляют собой гетерогенную группу соединений, происходящих из вторичного метаболизма растений. Структурно фенольные соединения имеют, по меньшей мере, одно ароматическое кольцо, с которым одна или несколько гидроксильных групп связаны с ароматическими или алифатическими структурами. В последние годы фенольные соединения вызывают растущий интерес в науке и пищевой промышленности из-за их полезного воздействия на здоровье (Ambriz-Pérez, Leyva-López, Gutierrez-Grijalva, Heredia, 2016, P. 1–14). Наиболее распространенные фенольные соединения в растениях можно классифицировать на фенольные кислоты, токоферолы и флавоноиды (Hannan, Khan, Ullah, Ullah, 2016, P. 1–10). Фенольные кислоты и фенольные спирты представляют собой молекулы только с одним фенольным кольцом; другие фенольные соединения содержат более одного фенольного кольца и множество молекул, причем все они имеют полифенольную структуру (Ștefănescu, Szabo, Mocan, Crișan, 2019, P. 1–20).

Результаты испытаний определения общего содержания фенольных веществ в экстрактах зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*) представлены на Рисунке 1.

Высокий результат по содержанию фенольных веществ в экстрактах кофе Робуста (*Coffea canephora*) приходится на соотношение 75% вода/25% этанол – 1805 мг (ГК)/100 г. Несколько меньшее значение фенольных веществ приходится на экстракт кофе 50% вода/50% этанол – 1606 мг (ГК)/100 г. Экстракты в соотношении 25% вода/75% этанол, 100% вода, и 100% этанол показывают меньшие значения содержания фенольных веществ: 877 мг (ГК)/100 г, 858 мг (ГК)/100 г, 768 мг (ГК)/100 г соответственно.

В экстрактах зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) большее значение содержания фенольных веществ приходится на водный экстракт кофе и на соотношение 75% вода/этанол 25% – 1013 мг (ГК)/100 г и 1003 мг (ГК)/100 г соответственно. Содержание фенольных веществ в экстрактах зёрен кофе Арабика уменьшается приблизительно в 2 раза при использовании в качестве растворителя 100% этанола и таких соотношений как 25% вода/75% этанол, 50% вода/50% этанол – 499 мг (ГК)/100 г, 557 мг (ГК)/100 г, 634 мг (ГК)/100 г соответственно.

На основании результатов исследования содержания фенолов в экстрактах кофе можно сделать вывод, что максимальное количество фенольных

веществ в Робусте, экстрагируется с помощью соотношения растворителей вода-этанол 75/25, тогда как в Арабике большее количество фенольных веществ экстрагируется при использовании воды.

Флавоноиды представляют собой большую группу природных веществ с изменяющейся структурой, присутствующих почти во всех растущих частях растений и являются наиболее распространенным пигментом растений наряду с хлорофиллом и каротиноидами, а также обеспечивают аромат и вкус фруктов, цветов и семян. В настоящее время флавоноиды являются основными биологически активными соединениями, известными своей потенциальной пользой для здоровья, которые используются против многих хронических заболеваний, таких как рак, противовирусные, воспалительные, сердечно-сосудистые и нейродегенеративные заболевания. Содержание флавоноидов в пищевых продуктах варьируется, в зависимости от источника, овоща, фруктов или семян, а также от технологии обработки пищевого сырья (Ruiz-Cruz, Chaparro-Hernández, Hernández-Ruiz, Cira-Chávez, Estrada-Alvarado, Gassos Ortega, Ornelas-Paz, Lopez Mata, 2017).

Полученные результаты определения общего содержания флавоноидов в экстрактах зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*) представлены на Рисунке 2.

При экстракции водой содержания флавоноидов в зёрнах кофе Робуста (*Coffea canephora*) равно –

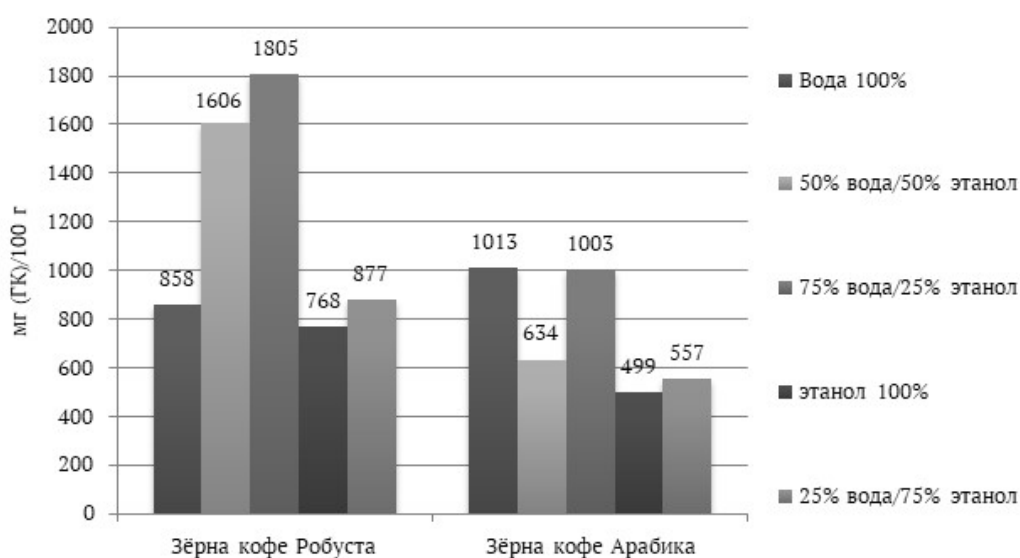


Рисунок 1. Результаты исследования общего содержания фенольных веществ в различных экстрактах зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*)

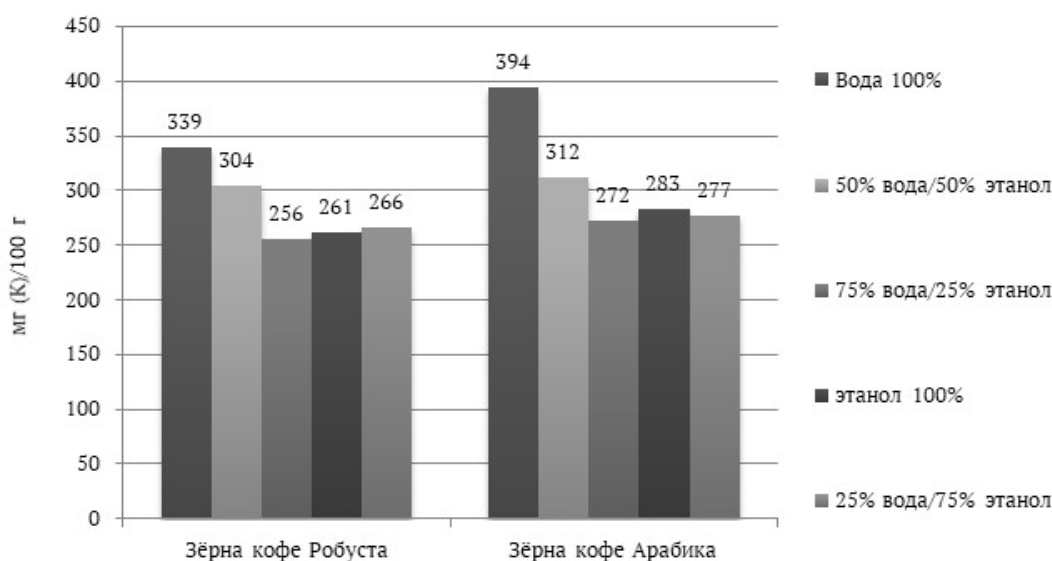


Рисунок 2. Результаты исследования общего содержания флавоноидов в различных экстрактах зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*)

339 мг (К)/100 г. Несколько меньшее содержание флавоноидов получено при экстракции 50% вода / 50% этанол: 304 мг (К)/100 г. Экстракты: 25% вода / 75% этанол, 100% этанол, 75% вода / 25% этанол показывают почти не отличающиеся значения содержания флавоноидов – 266 мг (К)/100 г, 261 мг (К)/100 г, 256 мг (К)/100 г соответственно.

Наивысшее значения содержания флавоноидов чёрный кофе Арабика (*Coffea arabica*) показал при его экстракции водой – 394 мг (К)/100 г. Немного меньшее значение содержания флавоноидов получено при соотношении вода-этанол (50/50) – 312 мг (К)/100 г. Более низкие значения содержания флавоноидов получились из экстрактов на основе 100% этанол (283 мг (ГК)/100 г), 25% вода/75% этанол (277 мг (ГК)/100 г) и 75% вода/25% этанол (272 мг (ГК)/100 г).

Для получения экстрактов из зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*) с высоким содержанием флавоноидов в качестве растворителя можно рекомендовать использовать воду, что очень выгодно с экономической точки зрения.

Свободные радикалы могут быть определены как молекулы или молекулярные фрагменты, содержащие один или несколько неспаренных электронов на атомных или молекулярных орбиталях (Gupta, Patel, Shah, Chaudhary, Jha, Yadav, Gupta, Pakuwal, 2014, P. 4405–4409). Свободные ради-

калы – это незаряженные, очень реактивные и недолговечные молекулы. Многие из этих радикалов полезны тем, что работают на иммунные клетки, ответственные за уничтожение бактериальных клеток и тонизирование гладких мышц, которые, в свою очередь, регулируют нормальную работу кровеносных сосудов и внутренних органов.

Свободные радикалы продуцируются во время генерации АТФ (аденозинтрифосфат) через митохондрии. Они обычно делятся на две общеизвестные сущности: активные формы кислорода (АФК) и активные формы азота (АФА). АФК и АФА вместе образуют все радикальные и нерадикальные (окислители) образования. Радикалы более реактивны и менее стабильны, чем их нерадикальные аналоги. Нерадикальные производные или окислители могут легко превращаться в свободные радикалы с помощью различных реакций в живых организмах (Rizwan, 2018, P. 1–4). Когда свободные радикалы подавляют способность организма регулировать их, возникает состояние, известное как окислительный стресс. Они неблагоприятно изменяют липиды, белки и ДНК, которые вызывают ряд заболеваний человека. АФК, которые в основном продуцируются сосудистыми клетками, участвуют в качестве возможных патогенных механизмов в развитии сердечно-сосудистых заболеваний, включая ишемическую болезнь сердца, атеросклероз, сердечную аритмию, гипертонию и диабет (Singh, Devi, Gollen, 2015, P. 113–126).

По результатам исследования (Рисунок 3) антирадикальной активности экстрактов зёрен зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*) видно, что наименьшая антирадикальная активность обнаружена у экстракта на основе смеси вода-этанол (25/75) $EC_{50} = 0.26$ мг/см³. Другие экстракты с различными соотношениями воды и этанола, а также водный экстракт имеют показатели антирадикальной активности в несколько раз превышающие первое значение (75% вода/25% этанол – $EC_{50} = 3.75$ мг/см³, 100% вода – $EC_{50} = 4.62$ мг/см³, 50% вода/50% этанол – $EC_{50} = 4.95$ мг/см³). Этанольный экстракт кофе обладает очень высокой антирадикальной активностью ($EC_{50} = 7.85$ мг/см³).

У экстрактов зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) на основе растворителей вода-этанол (25/75) наблюдается наименьшая антирадикальная активность – 0.86 мг/см³, при увеличении объёма воды в соотношении вода-этанол значения антирадикальной активности значительно возрастают (50% вода/50% этанол – $EC_{50} = 4.55$ мг/см³, 75% вода/25% этанол – $EC_{50} = 4.99$ мг/см³, 100% вода – $EC_{50} = 5.42$ мг/см³. Экстракт на основе этанола обладает наибольшей антирадикальной активностью – 8.95 мг/см³.

Итак, оптимальным растворителем для получения высоких показателей по улавливанию свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила для экстрактов зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и кофе Робуста (*Coffea canephora*) оптимальным будет являться соотношение 25% вода/75% этанол.

Метод FRAP основан на восстановлении Fe^{3+} до Fe^{2+} антиоксидантами в присутствии тридентатного лиганда 2,4,6-трипиридил-5-триамина, который образует с ионом железа окрашенный комплекс (Apak, Özyürek, Güçlüç, Çapanoğlu, 2016, P. 997–1027). В качестве восстановителя используются антиоксиданты в колориметрическом методе с окислительно-восстановительной связью, в котором используется легко восстановленная система окислителя (Gupta, 2015, P. 546–566).

Минимальное значение восстанавливающей силы (см. рис. 4) наблюдается в экстракте зёрен чёрного и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*) на основе вода-этанол (75/25) – 36.18 ммоль Fe^{2+} /кг. Значение восстанавливающей силы значительно повышается при добавлении этанола: 50/50 вода-этанол 39.96 ммоль Fe^{2+} /кг. Далее наблюдается повышение восстанавливающей силы от содержания спирта в экстракте (25/75 – 43.2 ммоль Fe^{2+} /кг) и 100%-ный этанол – 47.52 ммоль Fe^{2+} /кг. Самый высокий показатель восстанавливающей силы приходится на экстракт на основе воды – 54,54 ммоль Fe^{2+} /кг.

Экстракт чёрного кофе Арабика (*Coffea arabica*) имеет наибольший показатель восстанавливающей силы для экстрактов на основе 100%-ного этанола – 7.29 ммоль Fe^{2+} /кг и системы растворителей вода-этанол (75/25) – 7.11 ммоль Fe^{2+} /кг. При использовании других систем растворителей вода-этанол и воды наблюдается уменьшение восстанавливающей силы: 6.12 ммоль Fe^{2+} /кг (25/75), 5.67 ммоль Fe^{2+} /кг (50/50), 4.23 ммоль Fe^{2+} /кг.

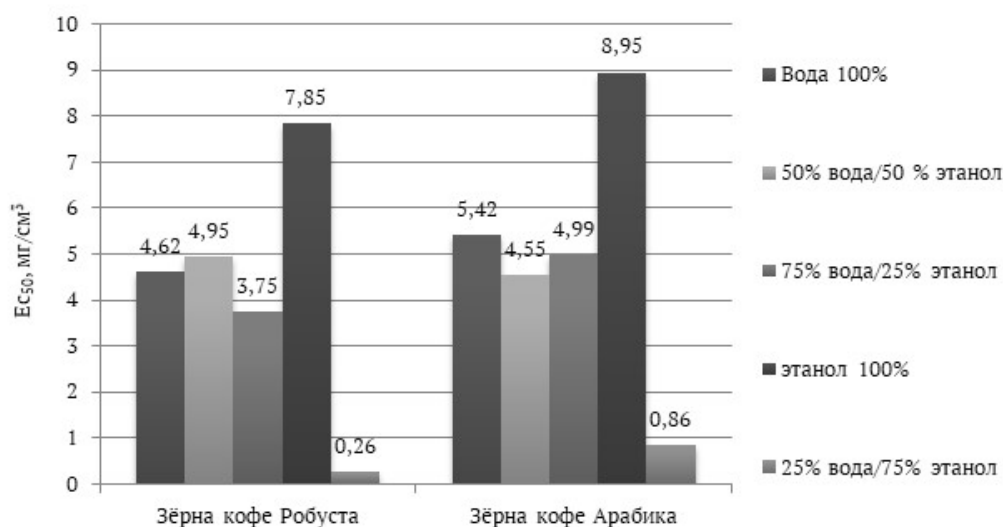


Рисунок 3. Результаты исследования антирадикальной активности по методу DPPH в различных экстрактах зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*)

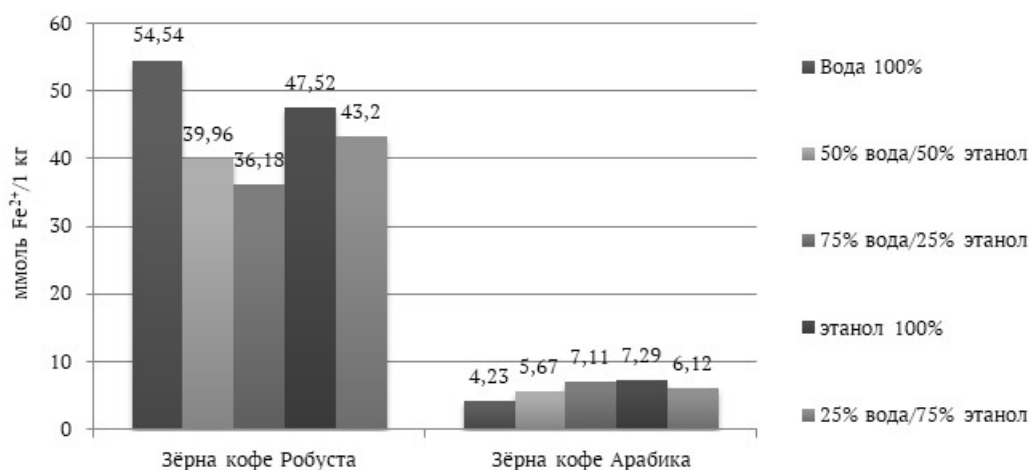


Рисунок 4. Результаты исследования восстанавливающей силы по методу FRAP в различных экстрактах зёрен чёрного обжаренного кофе Арабика (*Coffea arabica*) и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*)

Таким образом, для получения высоких показателей восстанавливающей силы у кофе Арабика (*Coffea arabica*) и кофе Робуста (*Coffea canephora*) нужно использовать в качестве растворителя этанол и воду соответственно.

Выводы

В результате проведения исследования технологических параметров производства экстрактов кофе, отличающихся используемым растворителем (100% вода, 25% вода /75% этанол (96%), 50% вода /50% этанол (96%), 75% вода /25% этанол (96%), 100% этанол (96%)), были получены следующие результаты:

1. Максимальные значения общего содержания фенольных веществ обнаружены в экстракте кофе Робуста на основе системы растворителей вода-этанол (75/25), для экстрактов чёрного кофе максимальные значения получены при его экстрагировании водой.
2. Наивысшие показатели общего содержания флавоноидов установлены для экстрактов кофе Робуста и Арабика на основе воды (Ruiz-Cruz, Chaparro-Hernández, Hernández-Ruiz, Cira-Chávez, Estrada-Alvarado, Gassos Ortega, Ornelas-Paz, Lopez Mata, 2017, P. 353–369).
3. Низкая антирадикальная активность обнаружена в кофе Арабика и Робуста при соотношении растворителей вода-этанол (25/75).
4. Наибольший показатель восстанавливающей силы обнаружен в экстракте кофе Робуста на

основе воды, для получения высоких показателей восстанавливающей силы в экстрактах кофе Арабика в качестве растворителя рекомендуется использовать этанол.

Таким образом, на основании сделанных выводов для получения средних значений общего содержания фенолов, флавоноидов, антирадикальной активности, восстанавливающей силы из зёрен чёрного кофе и зелёного кофе Робуста (*Coffea canephora*) лучше всего подойдет использовать систему растворителей вода 50% – этанол 50%.

Работа выполнена в рамках государственного задания на фундаментальные исследования Самарского государственного технического университета № 0778–2020–0005.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания на фундаментальные исследования Самарского государственного технического университета № 0778–2020–0005.

Литература

- Ambriz-Pérez D.L., Leyva-López N., Gutierrez-Grijalva E.P., Heredia J. B. Phenolic compounds: natural alternative in inflammation treatment. A review // Food Science & Technology. 2016. Vol. 2. P. 1–14. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1131412>
- Apak R., Özyürek M., Güclü K., Çapanoğlu E. Antioxidant activity/capacity measurement. 1. clas-

- sification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (et)-based assays // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. Vol. 64, issue 5. P. 997–1027. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04739>
- Bae J.H., Park J.H., Im S.S., Song D.K. Coffee and health // *Integrative Medicine Research*. 2014. Vol. 3. P. 189–191. <http://dx.doi.org/10.1016/j.imr.2014.08.002>
- Baiano A., Previtali M.A. Coffee spent as a potential source of bioactive compounds // *Acta Scientific Nutritional Health*. 2018. Vol. 2, issue 1. P. 31–35. URL: <https://actascientific.com/ASNH/pdf/ASNH-02-0046.pdf> (дата обращения: 10.08.2020).
- Ballesteros L.F., Teixeira J.A., Mussatto S.I. Selection of the solvent and extraction conditions for maximum recovery of antioxidant phenolic compounds from coffee silverskin // *Food and Bioprocess Technology*. 2014. Vol. 7, issue 5. P. 1322–1332. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1115-7>
- Boyadzhieva S., Angelov G., Georgieva S., Yankov D. Characterization of polyphenol content and antioxidant capacity of spent coffee grounds // *Bulgarian Chemical Communications*. 2018. Vol. 50, issue C. P. 85–89. URL: http://bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_50_Special_C_2018/pdf/BCC-50-C-2018-85-89-Boyadzhieva-4.pdf (дата обращения: 10.08.2020).
- Carciochi R.A., Sologubik C.A., Fernández M.B., Manrique G.D., D'Alessandro L.G. Extraction of antioxidant phenolic compounds from brewer's spent grain: optimization and kinetics modeling // *Antioxidants*. 2018. Vol. 7, issue 4. P. 1–10. <https://doi.org/doi:10.3390/antiox7040045>
- Delfanian M., Kenari R.E., Sahari M.A. Influence of extraction techniques on antioxidant properties and bioactive compounds of loquat fruit (*erobotrya japonica* lindl.) skin and pulp extracts // *Food Science & Nutrition*. 2015 Vol. 3, issue 3. P. 179–187. <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.201>
- Efthymiopoulos I., Hellier P., Laddomatos N., A. Kay, Mills-Lamprey B. Effect of solvent extraction parameters on the recovery of oil from spent coffee grounds for biofuel production // *Waste Biomass Valorization*. 2019. Vol. 10, issue 2. P. 253–264. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0061-4>
- Geremu M., Tola Y.B., Sualeh A. Extraction and determination of total polyphenols and antioxidant capacity of red coffee (*coffea arabica* l.) pulp of wet processing plants // *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2016. Vol. 3. P. 1–6. <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0077-1>
- Gupta D. Methods for determination of antioxidant capacity: A review // *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2015. Vol. 6, issue 2. P. 546–566. URL: <https://ijpsr.com/bft-article/methods-for-determination-of-antioxidant-capacity-a-review/?view=fulltext> (дата обращения: 13.08.2020).
- Gupta R.K., Patel A.K., Shah N., Chaudhary A.K., Jha U.K., Yadav U.C., Gupta P.K., Pakuwal U. Oxidative stress and antioxidants in disease and cancer: A review // *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP*. 2014. Vol. 15, issue 11. P. 4405–4409. <https://doi.org/10.7314/APJCP.2014.15.11.4405>
- Hannan P.A., Khan J.A., Ullah I., Ullah S. Synergistic combinatorial antihyperlipidemic study of selected natural antioxidants; modulatory effects on lipid profile and endogenous antioxidant // *Lipids in Health and Disease*. 2016. Vol. 15, issue 1. P. 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12944-016-0323-3>
- Hudáková J., Marcínčáková D., Legáth J. Study of antioxidant effects of selected types of coffee // *Folia Veterinaria*. 2016. Vol. 60, issue 3. P. 34–38. <https://doi.org/10.1515/fv-2016-0026>
- Jeszka-Skowron M., Sentkowska A., Pyrzyńska K., Paz De Peña M. Chlorogenic acids, caffeine content and antioxidant properties of green coffee extracts: influence of green coffee bean preparation // *European Food Research and Technology*. 2016. Vol. 242. P. 1403–1409. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2643-y>
- Kwak H.S., Ji S., Kim M., Lee Y., Jeong Y. Antioxidant activity and total polyphenol content of coffee extracted by three extraction methods // *AgroFOOD Industry Hi Tech*. 2016. Vol. 27, issue 1. P. 15–19. URL: https://www.teknoscienze.com/tks_article/antioxidant-activity-and-total-polyphenol-content-of-coffee-extracted-by-three-extraction-methods/ (дата обращения: 09.08.2020).
- Mariotti-Celis M.S., Martínez-Cifuentes M., Huamán-Castilla N., Vargas-González M., Pedreschi F., Pérez-Correa J. R. The antioxidant and safety properties of spent coffee ground extracts impacted by the combined hot pressurized liquid extraction–resin purification process // *Molecules*. 2017. Vol. 23, issue 1. P. 1–11. <https://doi.org/10.3390/molecules23010021>
- Perdani C.G., Pranowo D., Qonitilah. Total phenols content of green coffee (*coffea arabica* and *coffea canephora*) in east Java // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 230. P. 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012093>
- Priftis A., Stagos D., Konstantinopoulos K., Tsitsimpikou C., Spandidos D.A., Tsatsakis A.M., Tzatzarakis M.N., Kouretas D. Comparison of antioxidant activity between green and roasted coffee beans using molecular methods // *Molecular Medicine Reports*. 2015. Vol. 12, issue 5. P. 7293–7302. <https://doi.org/10.3892/mmr.2015.4377>

- Reis C.E.G., Dórea J.G., Costa T.H.M. Effects of coffee consumption on glucose metabolism: a systematic review of clinical trials // *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 2019. Vol. 9, issue 3. P. 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2018.01.001>
- Ribeiro E.F., Luzia D.M.M., Jorge N. Antioxidant compounds extraction from coffee husks: the influence of solvent type and ultrasound exposure time // *Acta Scientiarum. Technology*. 2019. Vol. 41. P.1–10.
- Rizwan A. Introductory chapter: Basics of free radicals and antioxidants // *Free Radicals, Antioxidants and Diseases*. Dammam: Imam Abdulrahman Bin Faisal University, 2018. P. 1–4. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76689>
- Ruiz-Cruz S., Chaparro-Hernández S., Hernández-Ruiz K.L., Cira-Chávez L.A., Estrada-Alvarado M.I., Gassos Ortega L.E., Ornelas-Paz J.J., Lopez Mata M.A. Flavonoids: important biocompounds in food // *Flavonoids – From Biosynthesis to Human Health*. Lisbon: Universidade de Lisboa, 2017. P. 353–369. <https://doi.org/10.5772/67864>
- Singh R., Devi S., Gollen R. Role of free radical in atherosclerosis, diabetes and dyslipidaemia: larger-than-life // *Diabetes Metabolism Research and Review*. 2015. Vol. 31, issue 2. P. 113–126. <https://doi.org/10.1002/dmrr.2558>
- Siva R., Rajikin N., Haiyee Z.A., Ismail W.I.W. Assessment of antioxidant activity and total phenolic content from green coffee robusta sp. beans // *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 2016. Vol. 20, issue 5. P. 1059–1065. <https://doi.org/10.17576/mjas-2016-2005-10>
- Ștefănescu B.E., Szabo K., Mocan A., Crișan G. Phenolic compounds from five ericaceae species leaves and their related bioavailability and health benefits // *Molecules*. 2019. Vol. 24, issue 11. P. 1–20. <https://doi.org/10.3390/molecules24112046>
- Tchabo W., Ma Y., Kwaw E., Xiao L., Wu M., Apaliya M.T. Impact of extraction parameters and their optimization on the nutraceuticals and antioxidant properties of aqueous extract mulberry leaf // *International Journal of Food Properties*. 2018. Vol. 21, issue 1. P. 717–732. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1446025>
- Xu H., Wang W., Liu X., Yuan F., Gao Y. Antioxidative phenolics obtained from spent coffee grounds (*coffea arabica* l.) by subcritical water extraction // *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 76, issue 15. P. 946–954. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.054>

Study of the Technology for the Production of Extracts of Grains of Black Roasted Coffee Arabica (*Coffea Arabica*) and Green Coffee Robusta (*Coffea Canephora*) with Antioxidant Activity: Determination of the Type of Solvent

Dmitry V. Budylin

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: chief.budylin2013@yandex.ru

Nadezhda V. Makarova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: makarovnv1969@yandex.ru

Maria O. Karpova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: karpova-mana@mail.ru

Dinara F. Ignatova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: dinara-bakieva@mail.ru

This article studies the indicators of the total content of phenols, flavonoids, antiradical activity according to the DPPH method, restoring strength according to the FRAP method for extracts of beans of roasted black coffee Arabica (*Coffea arabica*) and green coffee Robusta (*Coffea canephora*). We studied the extracts obtained using various types of solvents: water, a mixture of water-ethanol (96%) (75% vol./ 25% vol.), A mixture of water-ethanol (50% vol./ 50% vol.), A mixture of water ethanol (96%) (25% vol. / 75% vol.) and water-ethanol (96%). The type of solvent is determined, which allows the most complete extraction of antioxidant substances from coffee. The maximum values of the total phenolic content were found in Robusta coffee extract based on a water-ethanol solvent system (75/25); for black coffee extracts, the maximum values were obtained when it was extracted with water. The highest total flavonoid levels were found for water-based Robusta and Arabica coffee extracts. Low antiradical activity was found in Arabica and Robusta coffee with a ratio of solvents water-ethanol (25/75). The highest recovery power was found in water-based Robusta coffee extract; ethanol is recommended as a solvent to obtain high recovery power in Arabica coffee extracts. Thus, it is possible to recommend a solvent system of water 50% – ethanol 50% for extracts from beans of roasted black coffee Arabica (*Coffea arabica*) and green coffee Robusta (*Coffea canephora*), which have the ability to inhibit oxidative stress in the human body.

Keywords: antioxidant activity, Robusta coffee beans (*Coffea canephora*), Arabica coffee beans (*Coffea arabica*), phenols, flavonoids, free radicals, solvent

References

- Ambriz-Pérez D.L., Leyva-López N., Gutierrez-Grijalva E.P., Heredia J. B. Phenolic Compounds: Natural Alternative in Inflammation Treatment. A Review. *Food Science & Technology*, 2016, vol. 2, pp. 1–14. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1131412>
- Apak R., Özyürek M., Güclü K., Çapanoğlu E. Antioxidant Activity/Capacity Measurement 1. Classification, Physicochemical Principles, Mechanisms,

- and Electron Transfer (ET)-Based Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2016, vol. 64, issue 5, pp. 997–1027. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04739>
- Bae J.H., Park J.H., Im S.S., Song D.K. Coffee and Health. *Integrative Medicine Research*, 2014, vol. 3, pp. 189–191. <http://dx.doi.org/10.1016/j.imr.2014.08.002>
- Baiano A., Previtali M.A. Coffee Spent as a Potential Source of Bioactive Compounds. *Acta Scientific Nutritional Health*, 2018, vol. 2, issue 1, pp. 31–35. URL: <https://actascientific.com/ASNH/pdf/ASNH-02-0046.pdf> (accessed 10.08.2020).
- Ballesteros L.F., Teixeira J.A., Mussatto S.I. Selection of the Solvent and Extraction Conditions for Maximum Recovery of Antioxidant Phenolic Compounds from Coffee Silverskin. *Food and Bioprocess Technology*, 2014, vol. 7, issue 5, pp. 1322–1332. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1115-7>
- Boyadzhieva S., Angelov G., Georgieva S., Yankov D. Characterization of Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Spent Coffee Grounds. *Bulgarian Chemical Communications*, 2018, vol. 50, issue C, pp. 85–89. URL: http://bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_50_Special_C_2018/pdf/BCC-50-C-2018-85-89-Boyadzhieva-4.pdf (accessed 10.08.2020).
- Carciochi R.A., Sologubik C.A., Fernández M.B., Manrique G.D., D'Alessandro L.G. Extraction of Antioxidant Phenolic Compounds from Brewer's Spent Grain: Optimization and Kinetics Modeling. *Antioxidants*, 2018, vol. 7, issue 4, pp. 1–10. <https://doi.org/doi:10.3390/antiox7040045>
- Delfanian M., Kenari R.E., Sahari M.A. Influence of Extraction Techniques on Antioxidant Properties and Bioactive Compounds of Loquat Fruit (*Eriobotrya Japonica* Lindl.) Skin and Pulp Extracts. *Food Science & Nutrition*, 2015, vol. 3, issue 6, pp. 613–613. <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.201>
- Efthymiopoulos I., Hellier P., Ladommatos N., A. Kay, Mills-Lamptey B. Effect of Solvent Extraction Parameters on the Recovery of Oil from Spent Coffee Grounds for Biofuel Production. *Waste Biomass Valorization*, 2019, vol. 1, issue 2, pp. 253–264. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0061-4>
- Geremu M., Tola Y.B., Sualeh A. Extraction and Determination of Total Polyphenols and Antioxidant Capacity of Red Coffee (*Coffea Arabica* L.) Pulp of Wet Processing Plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2016, vol. 3, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0077-1>
- Gupta D. Methods for Determination of Antioxidant Capacity: A Review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2015, vol. 6, issue 2, pp. 546–566. URL: <https://ijpsr.com/bft-article/methods-for-determination-of-antioxidant-capacity-a-review/?view=fulltext> (accessed 13.08.2020).
- Gupta R.K., Patel A.K., Shah N., Chaudhary A.K., Jha U.K., Yadav U.C., Gupta P.K., Pakuwal U. Oxidative Stress and Antioxidants in Disease and Cancer: A Review. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP*, 2014, vol. 15, issue 11, pp. 4405–4409. <https://doi.org/10.7314/APJCP.2014.15.11.4405>
- Hannan P.A., Khan J.A., Ullah I., Ullah S. Synergistic Combinatorial Antihyperlipidemic Study of Selected Natural Antioxidants; Modulatory Effects on Lipid Profile and Endogenous Antioxidant. *Lipids in Health and Disease*, 2016, vol. 15, issue 1, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12944-016-0323-3>
- Hudáková J., Marcinčáková D., Legáth J. Study of Antioxidant Effects of Selected Types of Coffee. *Folia Veterinaria*, 2016, vol. 60, issue 3, pp. 34–38. <https://doi.org/10.1515/fv-2016-0026>
- Jeszka-Skowron M., Sentkowska A., Pyrzyńska K., Paz De Peña M. Chlorogenic Acids, Caffeine Content and Antioxidant Properties of Green Coffee Extracts: Influence of Green Coffee Bean Preparation. *European Food Research and Technology*, 2016, vol. 242, pp. 1403–1409. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2643-y>
- Kwak H.S., Ji S., Kim M., Lee Y., Jeong Y. Antioxidant Activity and Total Polyphenol Content of Coffee Extracted by Three Extraction Methods. *Agro-FOOD Industry Hi Tech*, 2016, vol. 27, issue 1, pp. 15–19. URL: https://www.teknoscienze.com/tks_article/antioxidant-activity-and-total-polyphenol-content-of-coffee-extracted-by-three-extraction-methods/ (accessed 09.08.2020).
- Mariotti-Celis M.S., Martínez-Cifuentes M., Huamán-Castilla N., Vargas-González M., Pedreschi F., Pérez-Correa J. R. The Antioxidant and Safety Properties of Spent Coffee Ground Extracts Impacted by the Combined Hot Pressurized Liquid Extraction–Resin Purification Process. *Molecules*, 2017, vol. 23, issue 1, pp. 1–11. <https://doi.org/10.3390/molecules23010021>
- Perdani C.G., Pranowo D. Qonitatilah. Total Phenols Content of Green Coffee (*Coffea Arabica* and *Coffea Canephora*) in East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 230, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012093>
- Priftis A., Stagos D., Konstantinopoulos K., Tsitsimikou C., Spandidos D.A., Tsatsakis A.M., Tzatzarakis M.N., Kouretas D. Comparison of Antioxidant Activity Between Green and Roasted Coffee Beans Using Molecular Methods. *Molecular Medicine Reports*, 2015, vol. 12, issue 5, pp. 7293–7302. <https://doi.org/10.3892/mmr.2015.4377>
- Reis C.E.G., Dórea J.G., Costa T.H.M. Effects of Coffee Consumption on Glucose Metabolism: A Systematic Review of Clinical Trials. *Journal of Traditional*

- and Complementary Medicine*, 2019, vol. 9, issue 3, pp. 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2018.01.001>
- Ribeiro E.F., Luzia D.M.M., Jorge N. Antioxidant Compounds Extraction from Coffee Husks: The Influence of Solvent Type and Ultrasound Exposure Time. *Acta Scientiarum. Technology*, 2019, vol. 41, pp. 1–10.
- Rizwan A. Introductory Chapter: Basics of Free Radicals and Antioxidants. *Free Radicals, Antioxidants and Diseases*. Dammam: Imam Abdulrahman Bin Faisal University, 2018, pp. 1–4. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76689>
- Ruiz-Cruz S., Chaparro-Hernández S., Hernández-Ruiz K.L., Cira-Chávez L.A., Estrada-Alvarado M.I., Gassos Ortega L.E., Ornelas-Paz J.J., Lopez Mata M.A. Flavonoids: Important Biocompounds in Food. *Flavonoids – From Biosynthesis to Human Health*. Lisbon: Universidade de Lisboa, 2017, pp. 353–369. <https://doi.org/10.5772/67864>
- Singh R., Devi S., Gollen R. Role of Free Radical in Atherosclerosis, Diabetes and Dyslipidaemia: Larger-Than-Life. *Diabetes Metabolism Research and Review*, 2015, vol. 31, issue 2, pp. 113–126. <https://doi.org/10.1002/dmrr.2558>
- Siva R., Rajikin N., Haiyee Z.A., Ismail W.I.W. Assessment of Antioxidant Activity and Total Phenolic Content from Green Coffee Robusta Sp. Beans. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 2016, vol. 20, issue 5, pp. 1059–1065. <https://doi.org/10.17576/mjas-2016-2005-10>
- Ștefănescu B.E., Szabo K., Mocan A., Crișan G. Phenolic Compounds from Five Ericaceae Species Leaves and Their Related Bioavailability and Health Benefits. *Molecules*, 2019, vol. 24, issue 11, pp. 1–20. <https://doi.org/10.3390/molecules24112046>
- Tchabo W., Ma Y., Kwaw E., Xiao L., Wu M., Apaliya M.T. Impact of Extraction Parameters and Their Optimization on the Nutraceuticals and Antioxidant Properties of Aqueous Extract Mulberry Leaf. *International Journal of Food Properties*, 2018, vol. 21, issue 1, pp. 717–732. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1446025>
- Xu H., Wang W., Liu X., Yuan F., Gao Y. Antioxidative Phenolics Obtained from Spent Coffee Grounds (*Coffea Arabica* L.) by Subcritical Water Extraction. *Industrial Crops and Products*, 2015, vol. 76, issue 15, pp. 946–954. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.054>

Безопасный продукт из тыквы – важный залог здорового питания

Санникова Татьяна Александровна

*Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого
овощеводства и бахчеводства – филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр
Российской академии наук»
Адрес: 416341, Астраханская обл., г. Камызяк, ул. Любича, д. 16
E-mail: tani.1957@bk.ru*

Мачулкина Вера Александровна

*Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого
овощеводства и бахчеводства – филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр
Российской академии наук»
Адрес: 416341, Астраханская обл., г. Камызяк, ул. Тулайкова, д. 16
E-mail: vniioob@mail.ru*

Гулин Александр Владимирович

*Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого
овощеводства и бахчеводства – филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр
Российской академии наук»
Адрес: 416341, Астраханская обл., г. Камызяк, ул. Любича, д. 16
E-mail: vniioob@mail.ru*

Антипенко Наталия Ивановна

*Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого
овощеводства и бахчеводства – филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр
Российской академии наук»
Адрес: 416341, Астраханская обл., г. Камызяк, ул. Любича, д. 16
E-mail: vniioob@mail.ru*

В настоящее время большое внимание уделяется функциональной экологически безопасной продукции, вопросам повышения её сохранности без потери качества. Значение при этом имеют факторы от первоначального качества до конечного результата, которые зависят от температуры, длительности обработки, ферментативной активности сырья, особенности технологии приготовления продукта, сорта и культуры. Сотрудники ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» Астраханской области поставили цель изучить влияние хранения и переработки плодов тыквы на изменение содержания основных химических веществ в зависимости от сорта. В задачу входило подбор сортов селекции ВНИИООБ, пригодных для переработки. Установлено влияние сортов тыквы Аннушка и Крошка на аккумуляцию нитратов в плодах при хранении. Исследования показали, что после 90 суток их количество снизилось у сорта Крошка на 5,2 мг/кг, у сорта Аннушка – на 3,5 мг/кг, но не превышало предельно-допустимой концентрации (200 мг/кг), и было ниже в 1,9–2,2 раза, что указывает на безопасность продукта. Отмечено высокое содержание аскорбиновой кислоты, каротина и пектина, характеризующее плоды тыквы как продукт диетического питания. Проведённые опыты по изменению основных биохимических веществ при переработке плодов тыквы (маринование) показали, что после прохождения процесса ферментации (3 месяца хранения) уровень нитратов снизился к исходному у сорта Крошка на 32,6 мг/кг, у сорта Аннушка на 33,3 мг/кг или в 1,5–1,7 раза меньше предельно-допустимой концентрации. Установлено, что за счёт диффундирования сахара из маринада в плоды его количество незначительно увеличивалось с преобладанием моносахаров. Низкое содержание нитратов и преобладание моносахаров позволяет маринованную тыкву отнести к продуктам диетического функционального назначения.

Ключевые слова: тыква, сорт, хранение, переработка, нитраты, каротин, пектин, аскорбиновая кислота

Введение

Агропромышленный комплекс (АПК), включающий растениеводство, перерабатывающие и пищевые отрасли является одним из наиболее развивающихся секторов экономики. По объёмам производства российский АПК – один из крупнейших в мире, что свидетельствует о его достаточно высоком уровне продовольственной безопасности в стране. Поиск новых ресурсов в агропромышленном комплексе формирующим структуру питания населения является не только показателем благосостояния жителей государства, но и его главной задачей. В настоящее время большое внимание уделяется производству продукции функционального назначения, созданию и внедрению отечественных, конкурентоспособных технологий переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, за счёт обеспечения стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции её переработки и хранения.

Астраханская область – крупнейший поставщик сельскохозяйственной продукции на Юге России и имеет серьёзные перспективы по дальнейшему увеличению объёмов производства растениеводческой продукции. В настоящее время овощеперерабатывающие предприятия области активно осваивают выпуск новых видов продукции, которые раньше производились в основном зарубежными предприятиями, что дает возможность решить проблему импортозамещения.

Происходящие серьёзные изменения в структуре питания, связанные с изменениями в образе жизни, уменьшении энергозатрат, приводит к тому, что население не получает необходимого количества витаминов, микро- и макроэлементов. Поэтому при разработке современных технологий пищевых продуктов, таких как маринование тыквы, немаловажное значение имеет компонентный состав используемого сырья, позволяющий регулировать пищевую ценность и функционально-технологические свойства готового продукта. В связи с чем, использование плодов тыквы столовой как сырья для производства маринованной тыквы, содержащей значительное количество каротина, сухого вещества, моносахаров, пектина и аскорбиновой кислоты при низкой калорийности и аккумуляции нитратов является актуальной проблемой.

Литературный обзор

С развитием научно-технического прогресса и увеличивающимися потребностями населения страны в сбалансированном функциональном продукте питания особую актуальность приобретает проблема качества. Без увеличения производства и всестороннего улучшения качества продукции невозможно решение основной задачи – повышение благосостояния общества (Постановление Правительства РФ №717¹). В связи, с чем особое значение имеют вопросы повышения конкурентоспособности продукции и улучшения её качества. Поэтому большое внимание в агропромышленном комплексе уделяется не только выращиванию, но и переработке продукции (Волончук, Шорникова, Филлимончук, 2015, с. 21; Иванова, Серегин, Аварский, 2017, с. 8–12; Ушачев, Маслова, Чекалин, 2019, с. 3–8). По объёмам производства российский агропромышленный комплекс является одним из крупнейших в мире. Его конкурентные преимущества, в частности, в Астраханской области определяются уникальным агроклиматическим потенциалом обусловленным наличием плодородных почв и высокой суммой активных температур (Панфилов, 2016, с. 10–12; Санникова, Мачулкина, 2017, с. 19–20).

На полях Астраханской области, помимо овощных, большие площади около 60% занимают бахчевые культуры – это арбуз, дыня, тыква, кабачок и другие. Одной из основных культур является тыква. Научой и практикой накоплен большой опыт получения высококачественного продукта питания из плодов тыквы. По калорийности тыква не уступает таким культурам как капуста, арбуз, дыня (Золотин, Антипова, Шахайло, 2016, с. 16–18; Хотимченко, Бессонов, Багрянцева, Гмошинский, 2015, с. 7–14). В мякоти плода тыквы содержится от 10,0 до 25,0% сухого вещества, 1,5–2,0% крахмала, 0,7–0,9% клетчатки, 3,2–5,7% пектина, 6,0–9,0% сахаров, 12,6–25,8 мг% каротина и около 15,0 мг% аскорбиновой кислоты (Санникова, Мачулкина, 2018, с. 6; Кулякина, Кузьмицкая, Шестопалова, Базилевич, Селезнева, 2019, с. 63–69; Матисон, Арутюнова, 2018, с. 50–54; Никифорова, 2006, с. 51–53).

Ареал распространения тыквы велик. Она распространена всюду, где развито земледелие, за исключением районов, находящихся за пределами 62–63° северной широты. Тыква из-за своего

¹ О государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия : постановление Правительства Рос. Федерации от 14.07.2012 № 717. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133795/ (дата обращения: 02.08.2020)

химического состава и пищевых качеств получила широкое распространение в нашей стране. Её выращивают на Северном Кавказе, Нижнем Поволжье, Курской, Воронежской областях, Краснодарском и Ставропольском крае (Санникова, Мачулкина, 2017, с. 19–20).

Тыква одна из перспективных культур используемая в питании человека. Её добавляют в свежем виде в тесто при выпечке хлеба, запекают, жарят, маринуют, сушат, изготавливают повидло, джем, варенье, цукаты, конфеты (Мачулкина, Санникова, Антипенко, 2011, с. 22–23; Парфенова, Новицкая, Боярова, Бардина, Задорожный, 2016, с. 18–21; Ефремова, 2018, с. 79–82; Омаров, Абдулхаликова, Хайтмазова, 2018, с. 8–10).

Плоды тыквы отличаются от плодов других бахчевых культур высоким содержанием пектина, который способен выводить из организма человека канцерогенные вещества и тяжёлые металлы (Парфенова, Новицкая, Боярова, Бардина, Задорожный, 2016, с. 18–21; Копцев, Глазков, 2019, с. 101–104; Турбина, 2016, с. 37–42; Крохалева, Черепанов, 2016, с. 27–36). Пектиновые вещества неоднородны и представлены растворимым пектином, протопектином, пектиновой и пектовой кислотами. Желирующая способность пектина имеет большое значение при переработке продукта (Мачулкина, Санникова, Антипенко, 2011, с. 22–23; Санникова, Мачулкина, 2018, с. 6).

Как показали наши исследования и имеющиеся литературные данные гидромеханическая обработка сырья (мойка, сортировка, очистка, измельчение) не снижает содержание протопектина, так как он не растворяется в воде. При тепловой обработке он переходит в растворимое состояние и его содержание снижается, образующийся растворимый пектин вымывается из клеточных стенок, что приводит к разрыхлению сырья (Санникова, 2017, с. 19–20).

Поэтому переработка тыквы представляет собой систему приёмов направленного использования процессов переработки для получения ценных по своей значимости продуктов для пищевой промышленности (Никулина, Курунина, 2019, с. 54–57; Доценко, Кулев, Клоков, 2016, с. 22–25). Производство функциональных продуктов питания даёт возможность максимально использовать уникальный химический состав плодов тыквы, обеспечивая получение широкого ассортимента

продуктов переработки (Добруцкая, 2010, с. 22–25; Кайшев, Серегин, 2017, с. 8–14; Шило, 2018, с. 732–736).

Обладая ценными питательными свойствами, тыква является прекрасным сырьём для приготовления продуктов для детского и диетического питания, восполняющая необходимое количество жизненно важных элементов в питании человека. Круглогодичное употребление тыквы в свежем виде не возможно, продлить этот период можно только при хранении и переработке.

Теоретическое обоснование

Проведя анализ и обобщив данные ряда учёных по хранению и переработке тыквы, сотрудники отдела агротехнологий и мелиораций поставили цель изучить влияние хранения и переработки плодов тыквы на изменение содержания основных химических веществ в зависимости от сорта. Доказано, что в процессе переработки большое влияние на технологический процесс оказывают сорта и поэтому изучение и подбор их к конкретным условиям переработки остаётся главной задачей. Потенциальная возможность сорта может быть полностью реализована только в том случае, когда условия переработки и хранения соответствуют его биологическим требованиям, так как у разных сортов она различна (СаНПиН 2.3.2.1078–08²).

Материалы и методы исследования

Для проведения исследований по хранению плоды тыквы сортов Крошка и Аннушка снимали, с плодоножкой, не нанося царапин, оставляли в поле для подвяливания на 3–4 суток. Затем транспортировали на мягкой подстилке к месту хранения. Перед закладкой на хранение плоды тыквы сортировали с учётом целевого назначения и биологических особенностей сорта. Хранение плодов тыквы проводили на стеллаж с мягкой подстилкой толщиной не менее 10,0 см в естественно-сложившихся температурно-влажностных условиях хранилища. Температура воздуха в хранилище при проведении опытов колебалась от +16°C (сентябрь) до +8°C (ноябрь) при относительной влажности 65–75%. Ежедекадно проводили визуальный осмотр плодов тыквы на наличие больных и загнивших. Плоды снимали с хранения при 25% отхо-

² СаНПиН 2.3.2.1078–01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901806306> (дата обращения: 13.08.2020).

да. Опыты проводили в 4-х кратной повторности, в каждой повторности по 10 плодов.

При изучении влияния переработки на изменение содержания основных химических веществ в плодах тыквы проводили маринование с добавлением 1 палочки корицы, 5 зёрен перца душистого, 10 граммов чеснока. Маринад готовили из расчёта: 1 литр воды, 30 граммов соли, 60 граммов сахара и 5 граммов 70% уксусной кислоты.

Для маринования использовали вызревшие плоды тыквы, очищали от верхней кожуры, нарезами кусочками размером 2×2×2 см, укладывали в стерилизованную стеклянную тару, заливали 100°C маринадом, проводили пастеризацию в течение 10 минут при температуре 80–85°C, укупоривали, охлаждали, отправляли на хранение в складское помещение.

Результаты

Как известно в жизнедеятельности живых клеток вода играет важную роль. Она является активным участником биохимических реакций. Поэтому испарение воды тканями плодов тыквы основная причина изменения их массы и увеличения сухого вещества.

В результате проведённых исследований по хранению плодов тыквы установлено, что не зависимо от сорта после 90 суток хранения в естественных условиях хранилища содержание сухих веществ увеличивалось в 1,1 раза.

Плоды – это живой организм, в нем после уборки продолжается процесс дыхания и как следствие происходит снижение сахаров. В процессе хранения более всего расходовались моносахара, чем сахароза, и в зависимости от сорта уменьшались в 1,1–1,4 раза. Сорт Аннушка на 0,3% аккумулировал сахаров больше чем сорт Крошка. После 90 суток хранения более всего количество моносахаров снизилось у сорта Крошка в 1,4 раза к исходному показателю.

Каротин это жирорастворимый пигмент оранжевого или красного цвета, который в значительной степени изменяется в процессе хранения и переработки. Основные факторы, влияющие на содержание каротина – температура и действие света. Установлено, что при хранении тыквы в течение 90 суток наибольшие потери каротина были у сорта Аннушка в 1,4 раза, у сорта Крошка в 1,2 раза по отношению к первоначальному показателю.

Пектин является главной составной частью клеточных оболочек паренхимной ткани продуктов растительного происхождения. Он также входит в состав срединных пластинок, скрепляющих растительные клетки между собой. Его изменение при хранении обуславливает размягчение тканей. Упругие клеточные оболочки в процессе хранения из-за недостатка пектина подвергаются разрыхлению, при этом нарушается химический состав продукта. По полученным данным в процессе хранения наибольшее снижение пектина в 1,4 раза было у сорта Аннушка и в 1,02 раза у сорта Крошка.

Аскорбиновая кислота – это один из наиболее важных витаминов. Её особенность заключается в том, что по мере созревания плодов количество аскорбиновой кислоты увеличивается, но значительно уменьшается, когда процесс созревания закончился. Так как на хранение были заложены спелые плоды, то происходит их перезревание, начинается мацерация тканей, в результате чего происходит снижения аскорбиновой кислоты в 1,3–1,4 раза в зависимости от сорта.

Содержание нитратов указывает на безопасность продукта. Изучаемые нами сорта по их содержанию не превышали предельно-допустимой концентрации (ПДК) (200 мг/кг сырого вещества) и были меньше ПДК у сорта Аннушка в 2,1–2,2 раза, у сорта Крошка в 1,9–2,0 раза (Таблица 1).

Готовая маринованная тыква в максимальной степени сохраняет свойства сырья, в том числе и биологически активные вещества. Содержание сухих веществ и сахаров увеличивалось в 1,2 раза не зависимо от сорта. Моносахаров в готовой продукции было больше, чем сахарозы у сорта Крошка на 1,02% и у сорта Аннушка на 1,1%. Отмечена обратная зависимость по содержанию каротина, аскорбиновой кислоты и пектина, количество которых при тепловой обработке снижается. Каротин в 1,2 раза не зависимо от сорта. Пектин в сорте Крошка в 1,3 раза, у сорта Аннушка в 1,2 раза, при этом произошло незначительное размягчение кусочков тыквы.

Аскорбиновая кислота водорастворимый элемент, поэтому при консервировании её количество снижается. Уменьшение аскорбиновой кислоты начинается с момента подготовки продукции к переработке и дальнейшему хранению готового продукта. Так, если до момента переработки у сорта Крошка аскорбиновой кислоты было 4,39 мг%, то после, маринования и окончания процесса ферментации её количество снизилось на 0,53мг%, у сорта Аннушка – снизилось в 1,2 раза.

Таблица 1

Содержание основных химических веществ в плодах тыквы после 90 суток хранения

Сорт	Продукция	Показатели							
		Сухое вещ- во, %	Сумма сахаров, %			Каро- тин, мг%	Пек- тин, %	Аскорб. к-та, мг%	Нитра- ты, мг/кг
			всего	моно- сахара	сахара- роза				
Крошка	До хранения	9,30	5,06	2,76	2,30	4,17	0,71	4,39	103,80
Аннушка		10,60	5,36	2,81	2,55	4,56	1,73	4,67	93,60
Крошка	После	10,23	4,87	1,96	2,91	3,38	0,69	3,37	98,60
Аннушка	хранения	11,74	5,03	2,69	2,34	3,29	1,04	3,26	90,10

Таблица 2

Содержание основных химических веществ в маринованной тыкве после окончания срока ферментации

Сорт	Продукция	Показатели							
		Сухое вещ-во, %	Сумма сахаров, %			Каро- тин, мг%	Пек- тин, %	Аскорб. к-та, мг%	Нитраты, мг/кг
			Всего	моно- сахара	сахароза				
Крошка	До пере- работки	9,30	5,06	2,76	2,30	3,56	0,71	4,39	103,80
Аннушка		10,06	5,36	2,81	2,55	4,17	1,03	4,67	93,60
Крошка	После фер- ментации	11,16	6,07	3,54	2,52	2,86	0,54	3,86	71,20
Аннушка		12,07	6,43	3,77	2,67	3,43	0,86	3,97	54,30

Большое значение, как в свежей, так и готовой продукции, играет содержание нитратов. При ПДК 200 мг/кг сырого вещества в маринованной тыкве сорта Крошка после 3 месяцев хранения (период ферментации) количество нитратов снизилось на 32,6 мг/кг, у сорта Аннушка на 39,3 мг/кг по отношению к свежему сырью (Таблица 2).

сле окончания процесса ферментации составляла у сорта Крошка в 2,9 раза и у сорта Аннушка в 3,7 раза ниже ПДК, что соответствует экологически чистому продукту. Преобладание моносахаров в 1,5 раза над сахарозой позволяет сделать вывод, что маринованная тыква может использоваться, как продукт питания для больных диабетом.

Выводы

Таким образом, при хранении плодов тыквы до момента переработки в течение 90 суток незначительно снижается сумма сахаров, каротин, пектин и аскорбиновая кислота, несущественно увеличивается сухое вещество. Значительные изменения происходят по содержанию нитратов в сторону уменьшения. В зависимости от сорта их было в 1,9–2,2 раза меньше ПДК, что говорит об экологической безопасности продукта тыквы, который можно использовать для детского и диетического питания.

На основании полученных научно-обоснованных данных по содержанию основных химических веществ маринованная тыква относится к продукту функционального диетического назначения. Аккумуляция нитратов в готовой продукции по-

Литература

- Волончук С.К., Шорникова Л.П., Филлимончук Г.П. Научные подходы повышения эффективности переработки сельхозсырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2005. № 1. с. 21.
- Добруцкая Е.Г. Экология питания // Овощи России. 2010. № 2(8). с. 22–25.
- Доценко В.А., Кулев Д.Х., Клоков Ю.В. О структуре потребления продуктов питания по пищевой ценности и медико-пищевым признакам // Пищевая промышленность. 2016. № 8. с. 22–25.
- Ефремова Е.Н. Применение функционального продукта при производстве хлебо-булочных изделий // Элементы технологии возделывания, хранение и переработка овощных и бахчевых культур: сборник научных трудов /под науч. ред. Ш.Б. Байрамбекова, Т.А. Санниковой, В.А. Ма-

- чулкиной. Астрахань: Издатель Сорокин Р.В., 2018. с. 79–82.
- Золотин А.Ю., Антипова Т.А., Шахайло Н.А. Эксклюзивный подход к определению экологически чистого продукта // Пищевая промышленность. 2016. № 9. с. 16–18.
- Иванова В.Н., Серегин С.Н., Аварский Н.Д. Производство, переработка и хранение сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия»: цели, задачи, основные приоритеты развития // Пищевая промышленность. 2017. № 1. с. 8–12.
- Кайшев В.Г., Серегин С.Н. Функциональные продукты питания: основа для профилактики заболеваний, укрепления здоровья и активного долголетия // Пищевая промышленность. 2017. № 7. с. 8–14.
- Копцев С.В., Глазков С.В. Сравнительный анализ содержания нитратов в продуктах переработки фруктов и овощей методом ВЭЖХ // Овощи России. 2019. № 6. с. 101–104. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-101-104>
- Крохалева С.И., Черепанов П.В. Содержание нитратов в растительных продуктах питания и их влияние на здоровье человека // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхама. 2016. № 3(24). с. 27–36.
- Кулякина Н.В., Кузьмицкая Г.А., Шестопалова Г.Е., Базилевич Л.В., Селезнева Н.Н. Оценка тыквы столовой по биохимическим показателям как перспективного сырья для продуктов функционального назначения в дальневосточном регионе // Овощи России. 2019. № 2. с. 63–69. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-63-69>
- Матисон В.А., Арутюнова Н.И. Качество продуктов питания // Пищевая промышленность. 2016. № 4. с. 50–54.
- Мачулкина В.А., Санникова Т.А., Антипенко Н.И. Безотходная технология переработки овощебахчевой продукции // Картофель и овощи. 2011. № 7. с. 22–23.
- Никифорова Т.А. Экологизация продукции и её пищевые добавки // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006. № 12. с. 51–53.
- Никулина Т.М., Курунина Д.П. Создание конкурентоспособных сортов тыквы для Нижнего Поволжья // Овощи России. 2019. № 4. с. 54–57. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-54-57>
- Омаров М.М., Абдулхаликова З.А., Хайтмазова Д.Р. Производство нового диетического продукта из капусты, столовой свеклы, моркови, тыквы и сельдерея // Пищевая промышленность. 2018. № 7. с. 8–10.
- Панфилов В.А. Продовольственная безопасность России и шестой технологический уклад в АПК // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2016. № 1. с. 10–12.
- Парфенова Т.В., Новицкая Е.Г., Боярова М.Д., Бардина Н.В., Задорожный П. А. Свойство кожуры тыквы и возможность её использования на пищевые и кормовые цели // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 2. с. 18–21.
- Санникова Т.А., Мачулкина В.А. Консервированная тыква ценный пищевой продукт // Орошаемое земледелие. 2017. № 4. с. 19–20.
- Санникова Т.А., Мачулкина В.А. Продолжительность хранения и органолептическая оценка маринованной тыквы // АгроЭкоИнфо. 2018. № 4 (34). URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/4/st_432.doc (дата обращения: 04.08.2020).
- Турбина Е.С. Оценка содержания витамина С в растениеводческой продукции // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхама. 2016. № 3(24). с. 37–42.
- Ушаев И.Г., Маслова В.В., Чекалин В.С. Импортзамещение и обеспечение продовольственной безопасности России // Овощи России. 2019. № 2. с. 3–8. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-3-8>
- Хотимченко С.А., Бессонов В.В., Багрянцева О.В., Гмошинский И.В. Безопасность пищевой продукции: новые проблемы и пути решений // Медицина труда и экология человека. 2015. № 4. с. 7–14.
- Шило Л.М. Качественные показатели цукатов из арбуза, дыни, тыквы и стандарты на них // Пища, экология, качество: труды XV Международной научно-практической конференции. Краснообск, 2018. с. 732–736.

Safe Pumpkin Product is an Important Healthy Plant

Tatiana A. Sannikova

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon-Growing – a branch of the FSBSI
“Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”
16, Lyubicha street, 416341, Astrakhan region, Kamyzyak
E-mail: tani.1957@bk.ru*

Vera A. Machulkina

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon-Growing –
a branch of the FSBSI “Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” 416341,
16, Lyubicha street, 416341, Astrakhan region, Kamyzyak
E-mail: vniioob@mail.ru*

Aleksander V. Gulin

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon-Growing –
a branch of the FSBSI “Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”
16, Lyubicha street, 416341, Astrakhan region, Kamyzyak
E-mail: vniioob@mail.ru*

Nataliya I. Antipenko

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon-Growing –
a branch of the FSBSI “Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”
16, Lyubicha street, 416341, Astrakhan region, Kamyzyak
E-mail: vniioob@mail.ru*

Nowadays much attention is paid to functional environmentally friendly products, issues of improving their safety without loss of quality. In this case, factors from initial quality to the final result, which depend on temperature, processing time, enzymatic activity of the raw material, and especially the preparation technology of the product, variety, and culture, are of great importance. Employees of VNIIOOB, a branch of the FSBSI “PAFSC RAS” in the Astrakhan Region, set a goal to study the effect of storage and processing of pumpkin fruits on the change in the content of basic chemicals depending on the variety. The task included the selection of varieties of breeding VNIIOOB suitable for processing. Studies of Annushka and Kroshka pumpkin varieties that affect the accumulation of nitrates in fruits during storage showed that after 90 days their quantity decreased by 5.2 mg / kg in the Kroshka variety and 3.5 mg / kg in the Annushka variety, but did not exceed the maximum permissible concentration (200 mg / kg), and was 1.9–2.2 times lower, which indicates the safety of the product. A high content of ascorbic acid, carotene and pectin, characterizing pumpkin fruits as a dietary product, was noted. The experiments on changing the main chemicals during processing of pumpkin fruits (pickling) showed that after passing through the fermentation process (3 months of storage), the nitrate level decreased to the initial level in the Kroshka variety by 32.6 mg / kg, in the Annushka variety by 33.3 mg / kg or 1.5–1.7 times less than the maximum permissible concentration. It was found that due to the diffusion of sugar from the marinade into the fruit, its amount slightly increased with the predominance of monosugars. The low nitrate content and the predominance of monosaccharides allow pickled pumpkin to be attributed to dietary functional products.

Keywords: pumpkin, variety, storage, processing, nitrates, carotene, pectin, ascorbic acid

References

- Volonchuk S.K., Shornikova L.P., Fillimonchuk G.P. Nauchnye podkhody povysheniya effektivnosti pererabotki sel'khozsyrya [Scientific approaches to increasing the efficiency of processing agricultural raw materials]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of farm products], 2005, no. 1, P. 21.
- Dobrutskaya E.G. Ekologiya pitaniya [Ecology of nutrition]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetables of Russia], 2010, no. 2(8), pp. 22–25.
- Dotsenko V.A., Kulev D.Kh., Klovov Yu.V. O strukture potrebleniya produktov pitaniya po pishchevoi

- tsennosti i mediko-pishchevym priznakam [On the structure of food consumption on the nutritional]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Value and health-food signs], 2016, no. 8, pp. 22–25.
- Efremova E.N. Primenenie funktsional'nogo produkta pri proizvodstve khlebo-bulochnykh izdelii [Application of a functional product in the production of bakery products]. *Elementy tekhnologii vozdeystviya, khraneniye i pererabotka ovoshchnykh i bakhchevykh kul'tur* [Elements of cultivation technology, storage and processing of vegetables and melons]. Astrakhan: Izdatel' Sorokin R.V., 2018, pp. 79–82.
- Zolotin A.Yu., Antipova T.A., Shakhailo N.A. Eksklyuzivnyi podkhod k opredeleniyu ekologicheskogo produkta [The exclusive attitude to the definition of eco-clean product]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2016, no. 9, pp. 16–18.
- Ivanova V.N., Seregin S.N., Avarskii N.D. Proizvodstvo, pererabotka i khraneniye sel'skokhozyaystvennoi produktsii, syr'ya i prodovol'stviya: tseli, zadachi, osnovnye prioritety razvitiya [Production, processing and storage of agricultural products, raw materials and food: aims and objectives, the main priorities of the development]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2017, no. 1, pp. 8–12.
- Kaishev V.G., Seregin S.N. Funktsional'nye produkty pitaniya: osnova dlya profilaktiki zabolevaniy, ukrepleniya zdorov'ya i aktivnogo dolgoletiya [Functional food products: the basis for disease prevention, health promotion and active longevity]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2017, no. 7, pp. 8–14.
- Koptsev S.V., Glazkov S.V. Sravnitel'nyi analiz soderzhaniya nitrato v produktakh pererabotki fruktov i ovoshchei metodom VEZhKh [Comparative analysis of nitrate content in fruit and vegetable products by HPLC]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable crops of Russia], 2019, no. 6, pp. 101–104. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-101-104>
- Krokhaleva S.I., Cherepanov P.V. Soderzhanie nitrato v rastitel'nykh produktakh pitaniya i ikh vliyaniye na zdorov'e cheloveka [The content of nitrates in plant food and their effect on human health]. *Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo universiteta im. Sholom-Aleikhama* [Bulletin of the Priamur state university named after I.I. Sholem Aleikhama], 2016, no. 3(24), pp. 27–36.
- Kulyakina N.V., Kuz'mitskaya G.A., Shestopalova G.E., Bazilevich L.V., Selezneva N.N. Otsenka tykvy stolovoi po biokhimicheskim pokazatelyam kak perspektivnogo syr'ya dlya produktov funktsional'nogo naznacheniya v dal'nevostochnom regione [Evaluation of biochemical characteristics of pumpkin in production of functional food products in the far-eastern region]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable crops of Russia], 2019, no. 2, pp. 63–69. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-63-69>
- Matison V.A., Arutyunova N.I. Kachestvo produktov pitaniya [Food quality]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2016, no. 4, pp. 50–54.
- Machulkin V.A., Sannikova T.A., Antipenko N.I. Bezotkhodnaya tekhnologiya pererabotki ovoshche-bakhchevoi produktsii [Waste-free technology for processing vegetables and melons]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potatoes and vegetables], 2011, no. 7, pp. 22–23.
- Nikiforova T.A. Ekologizatsiya produktsii i ee pishchevye dobavki [Ecologization of products and food additives]. *Khraneniye i pererabotka sel'khoz-syr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 2006, no. 12, pp. 51–53.
- Nikulina T.M., Kurunina D.P. Sozdaniye konkurentosposobnykh sortov tykvy dlya Nizhnego Povolzh'ya [Selection of competitive of pumpkin varieties for the Lower Volga region]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable crops of Russia], 2019, no. 4, pp. 54–57. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-54-57>
- Omarov M.M., Abdulkhalikova Z.A., Khaitmazova D.R. Proizvodstvo novogo dieticheskogo produkta iz kapusty, stolovoi svekly, morkovi, tykvy i sel'dereya [Manufacture of a new dietary product from cabbage, beetroot, carrot, pumpkin and celery]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2018, no. 7, pp. 8–10.
- Panfilov V.A. Prodovol'stvennaya bezopasnost' Rossii i shestoi tekhnologicheskii uklad v APK [Food security of Russia and the sixth technological mode in agro-industrial complex]. *Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Bulletin of the Russian academy of agricultural sciences], 2016, no. 1, pp. 10–12.
- Parfenova T.V., Novitskaya E.G., Boyarova M.D., Bardina N.V., Zadorozhnyi P. A. Svoystvo kozhury tykvy i vozmozhnost' ee ispol'zovaniya na pishchevye i kormovye tseli [Pumpkin skin chemical composition examination to apply it for food and feed]. *Khraneniye i pererabotka sel'khoz-syr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 2016, no. 2, pp. 18–21.
- Sannikova T.A., Machulkin V.A. Konservirovannaya tykva tsennyy pishchevoy produkt [Canned pumpkin is a valuable food product]. *Oroschaemoe zemledeliye* [Irrigated agriculture], 2017, no. 4, pp. 19–20.
- Sannikova T.A., Machulkin V.A. Prodolzhitel'nost' khraneniya i organolepticheskaya otsenka marinovannoi tykvy [Shelf life and sensory evaluation of pickled pumpkin]. *AgroEkoInfo* [Agroecoinfo], 2018, no. 4(34). URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/4/st_432.doc (accesses 04.08.2020).

- Turbina E.S. Otsenka sodержaniya vitamina S v rastenievodcheskoi produkcii [Assessment of the content of vitamin C in crop production]. *Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo universiteta im. Sholom-Aleikhama* [Bulletin of the Amur state university named after I.I. Sholem Aleikhama], 2016, no. 3(24), pp. 37–42.
- Ushachev I.G., Maslova V.V., Chekalin V.S. Importozameshchenie i obespechenie prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii [Import substitution and ensuring food security of Russia]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable crops of Russia], 2019, no. 2, pp. 3–8. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-3-8>
- Khotimchenko S.A., Bessonov V.V., Bagryantseva O.V., Gmoshinskii I.V. Bezopasnost' pishchevoi produkcii: novye problemy i puti reshenii [Safety of food products: new problems and ways of solution]. *Medsina truda i ekologiya cheloveka* [Occupational medicine and human ecology], 2015, no. 4, pp. 7–14.
- Shilo L.M. Kachestvennye pokazateli tsukатов iz arbuza, dyni, tykvy i standarty na nikh [Qualitative indicators of candied fruits from watermelon, melon, pumpkin and standards for them]. In *Pishcha, ekologiya, kachestvo: 15 Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Food, Ecology, Quality: Proceedings of 15th International scientific and practical conference. Krasnoobsk, 2018, pp. 732–736.

Психротрофные бактерии сырого молока в технологии полутвердых сыров

Федосова Анна Николаевна

ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина

Адрес: 308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, 1

E-mail: fedosova.anna2011@yandex.ru

Каледина Марина Васильевна

ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина

Адрес: 308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, 1

E-mail: kaledina_mv@bsaa.edu.ru

Волощенко Людмила Викторовна

ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина

Адрес: 308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, 1

E-mail: voloshhenko_lv@bsaa.edu.ru

В работе рассматривается негативное влияние психротрофных бактерий на сыропригодность молока и качество полутвердых сыров. Проведена идентификация этой группы бактерий, представлена динамика их роста при температурах хранения сырого молока 5, 10 и 15°C. Доказано наличие каталазы у данных бактерий и предложено использование этого свойства для их уничтожения с помощью обработки молока перекисью водорода (H_2O_2). Доказано, что количество перекиси водорода 0,015% чистого вещества H_2O_2 к массе молока не требует последующего внесения экзогенной каталазы. Перекись водорода является экологически безопасным окислителем, в процессе каталазной реакции расщепления H_2O_2 разлагается на воду и кислород. В процессе гибели психротрофных бактерий, вызванной перекисью водорода, улучшается сыропригодность молока: снижается расход сычужного фермента, образуется технологичный сгусток, развитие заквасочных молочнокислых культур не подавляется, что положительно сказывается на всех органолептических показателях зрелых сыров.

Ключевые слова: сырое коровье молоко, психротрофные бактерии, перекись водорода, каталазная активность, сычужная проба

Введение

Непрерывно возрастающий покупательский спрос на сыры требует увеличения выпуска продукции и требует увеличения количества молока для этой цели. Сыры являются молокозатратными продуктами и, удовлетворяющего всем требованиям сыроделия молока для наращивания объема сыров недостаточно (Мордвинова, 2017, с. 28–29). Возникает необходимость повышения сыропригодности путем коррекции определенных показателей и свойств молока (Горбунова, Оверченко, 2014, с. 4). Перечень мер и приемов повышения сыропригодности молока известен и широко используются сыроарами. В их число входит предварительное созревание молока, внесение растворимых солей кальция, профилактика раннего и позднего вспучивания (Анискина, Шульженко, 2018, с. 33–34). До

сих пор нередко для подавления возможного роста маслянокислых бактерий используется селитра (нитраты калия или натрия), хотя в современных технологиях для предотвращения вспучивания сыров на поздних стадиях созревания используется лизоцим. Лизоцим – натуральный белок, выделяют из куриных яиц, он уже более 30 лет используется производителями сыров Западной Европы вместо токсичной для человека селитры (Fox, McSweeney, Cogan, Guinee, 2014).

Производство твердых и полутвердых сыров часто сопряжено с риском появления пороков, которые снижают органолептическую оценку при выпуске в реализацию. В развитии пороков возможны различные причины, но большинство пороков прямо или косвенно связаны с развитием микрофлоры (Рябцева, Ганина, Панова, 2019).

Классические сыры данной группы формируются из пласта, под слоем сыворотки. На первом этапе изготовления, включая процесс посолки, сыры не имеют рисунка («слепые»), все требуемые органолептические показатели формируются позже в процессе созревания^{1,2}. Рисунок на разрезе головки сыра (размер глазков, геометрия их расположения) является первым внешним признаком его качества, визитной карточкой ожидаемого запаха и вкуса (Johnson, 2017, pp. 9952–9965; Campbell, Marshall, 2016).

Полутвердые сыры должны соответствовать ГОСТ 32260–2013³. Выпускаемые в реализацию полутвердые сыры практически всегда имеют требуемую форму, массу головок, содержание влаги, соли и жира в сухом веществе, но, к сожалению, часто не соответствуют по рисунку (его просто нет), необходимому сырному запаху и ожидаемому вкусу (Law B.A., 1979, P. 497–509; Law B.A., 2001, P. 383–398; Machado, Baglinière, Marchand, Coillie, Block, Vanetti, Heyndrickx, 2017, P. 1–22).

В данной работе затронута причина, с которой начинается развитие любого порока, речь пойдет о психротрофной микрофлоре молока и ее влиянии на сыропригодность молока и качество сыров.

Развитию психротрофной микрофлоры способствует современная технология получения промышленного молока. Молоко в процессе доения поступает в танки-охладители, где охлаждается до температуры (4–5°C), резервируется и поступает на молокоперерабатывающее предприятие один раз в сутки, и при соблюдении всех санитарно-гигиенических условий получения молоко оценивается высшим сортом.

На предприятии молоко также охлаждается и тоже резервируется, что создает иллюзию качества и свежести молока, поскольку тормозится рост молочнокислых бактерий. Однако низкая температура и низкая кислотность создают оптимальные условия для бесконкурентного размножения психротрофной микрофлоры в сыром молоке (Ржечицкая, 2013, с. 152–156; Franciosi, Settanni, Cologna, Cavazza, Poznanski, 2011, P. 171–180), роль которой в должной мере не учитывается в сыроделии. Психротрофная микрофлора обладает высокой протеолитической и липолитической

активностью, активно выделяет соответствующие ферменты в окружающую их среду. С участием протеолитических ферментов происходит деструктурирование мицелл казеина, повышается доля молекулярного казеина и промежуточных продуктов его более глубокого расщепления (Baur, 2015, P. 23–29). В итоге нарушается процесс ферментативного свертывания молока сычужным ферментом животного происхождения (содержащем смесь химозина и говяжьего пепсина в различном соотношении), увеличивается расход сырья и потери белка с сывороткой (Najim, 1985). Согласно ГОСТ 32260–2013 в производстве полутвердых сыров должны использоваться молокосвертывающие ферменты животного происхождения. Современные свойства сырого молока привели к необходимости использования сыродельными заменителями ферментов животного происхождения (супарен, фромаза, максирен, реннин и др.) (Мягконов, Абрамов, Мордвинова, Муничева, 2019, с. 11–13). Эти ферменты более дешевые и способны образовать сгусток в любом молоке. Отрицательной стороной их применения в производстве полутвердых сыров является не только способ их получения, сколько высокая протеолитическая активность. В сырах образуется избыток горьких продуктов гидролиза параказеина (пептоны, высокомолекулярные пептиды), неспособные в полной мере использоваться в последующих стадиях протеолиза, катализируемых ферментами заквасочных культур.

Для анализа возможных причин, влияющих на качество сыров, в качестве примера приведена характеристика реального молока, перерабатываемого в полутвердые сыры на одном из сыродельных предприятий Белгородской области. Из анализа микробиологических показателей сырья конкретных поставщиков следует: полутвердые сыры на предприятии вырабатываются только из молока высшего сорта, но по сычужно-бродильной пробе все поступающее на предприятие молоко оценивается 3 классом (ГОСТ 32901–2014)⁴. При общей оценке (ГОСТ 52054–2003⁵, с изм. 2017г) высший сорт, по сычужно-бродильной пробе молоко несиропригодное: сгусток имеет многочисленные глазки, губчатый, мягкий на ощупь, вспучен, сыворотка часто мутная. Поскольку в молоке практически нет кишечной палочки и невысокое число соматических клеток, то причиной

¹ Кузнецов В.В., Шилер Г.Г. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры / под ред. Г.Г. Шилера. СПб.: ГИОРД, 2003. Т. 3. 12 с.

² Лях В.Я., Шергина И.А., Садовая Т.Н. Справочник сыродела. СПб.: Профессия, 2011. 680 с.

³ ГОСТ 32260–2013. Сыры полутвердые. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 21 с.

⁴ ГОСТ 32901–2014. Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа. М.: Стандартинформ, 2015. 28 с.

⁵ ГОСТ Р 52054–2003. Молоко коровье сырое. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2017. 24 с.

низкого показателя сычужно-бродильной пробы может быть высокое число психротрофных бактерий и ее воздействие на казеин, и требуется большое искусство сыроваров, чтобы из такого молока вырабатывать качественный сыр.

Отрицательная роль психротрофной микрофлоры на сыропригодность молока обсуждается как производителями, так и учеными (Прошкина, Белов, Вистовская, 2012, с. 14–17; Ганина, 2010, с. 12–13). Для повышения сыропригодности и снижения отрицательного действия психрофильной микрофлоры, Т. Шингарева (Шингарева, 2014, с. 53–59) предлагает перед созреванием молока проводить его термомеханическую обработку. Обработка включает ряд последовательных технологических операций: термизация, бактофугирование, последующее охлаждение до 8–12°C и созревание молока до титруемой кислотности не выше 19 °Т, и после этого молоко следует пастеризовать. Такая последовательность операций способствует и повышению скорости свертывания молока и повышению качества сыра. Изложенный выше способ повышения сыропригодности и качества получаемых сыров дает положительный результат, но энергоемкий и вряд ли найдет широкое применение в реальном сыроделии.

Цель работы: исключить негативное влияние психротрофных бактерий на сыропригодность молока и обеспечить, при соблюдении необходимых параметров технологических операций, высокое качество полутвердых сыров с помощью предварительной обработки сырого молока перекисью водорода без последующего внесения каталазы.

Гипотеза: Обнаружение в молоке и молочной продукции микрококков, энтерококков, стафилококков и споровых аэробных палочек основано на определении наличия каталазы, продуцируемой этими микроорганизмами. Перечисленные бактерии хорошо растут при положительных низких температурах и высокой концентрации хлорида натрия (свыше 5%). Допустимый уровень их содержания в молочных продуктах не более $1 \cdot 10^4$ КОЕ/см (ГОСТ 33568–2015⁶). Известная информация положена в основу рабочей гипотезы обезвреживания сырого молока от психротрофных бактерий за счет внесения в молоко перекиси водорода, в количестве контролируемой каталазной реакции, чтобы исключить внесение дополнительной экзо-

генной каталазы. Смысл процесса заключается в химическом взаимодействии H_2O_2 и каталазы, локализованной на оболочках клеток перечисленных бактерий и возможности протекания реакции Фентона (Aminand, Olson, 1967, Р. 97–101). Предполагаемый механизм реакции должен обеспечивать высокую скорость процесса, а промежуточные продукты реакции должны повышать чувствительность молока к сычужному ферменту, повышать активность роста заквасочных культур в процессе выработки сыра, исключать возможность вспучивания длительно созревающих сыров и обеспечивать типичные органолептические показатели готовой продукции.

Материалы и методы исследования

Для исследования состава и роста психротрофных бактерий в сыром молоке использовали сборное молоко фермерского хозяйства Белгородской области. Молоко хранили при температурах 5, 10, 15°C в течение 24, 36, 48 часов.

Для идентификации бактерий сырого молока использовался чашечный способ учета, путем посева на соответствующие питательные среды. Определялись: общее число бактерий (МПА с 1% глюкозы), плесени и дрожжи (сусло-агар), молочнокислые бактерии (гидролизованное молоко с 1% глюкозы), протеолитические бактерии (молочный агар), маслянокислые бактерии (пробирки с гидролизированным молоком и 1% глюкозы, в анаэробных условиях). Бактерии группы кишечных палочек выделялись со среды Кесслера на среду Эндо, проводилась окраска по Грамму. Для идентификации грамотрицательных палочек использовалась среда Симонса и среда Гисса с глюкозой. Каждый тип колоний после микроскопирования выделялся в чистую культуру путем пересева в жидкие среды или косой агар, с последующим микроскопированием окрашенных препаратов.

Для определения каталазной активности психротрофных бактерий в молоке использовали несложную методику, изложенную в ГОСТ 33568–2015⁷.

Каталазную активность сырого молока измеряли газометрическим методом. Метод основан на учете объема кислорода, выделяющегося при

⁶ ГОСТ 33568–2015. Молоко и молочная продукция. Методы определения солеустойчивых микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2016. 21 с.

⁷ ГОСТ 33568–2015 Молоко и молочная продукция. Методы определения солеустойчивых микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.

разложении перекиси водорода, взятой в избытке. Компоненты реакции: сырое молоко – 15 см³, нейтрализованное до pH 7, перекись водорода 3%-ный раствор, 5 см³. температура 22± 2°C (комнатная). Выделение объема кислорода измеряли по объему вытесненной воды из бюретки, подкрашенной для контраста метиленовой синью. Система должна быть герметичной. Перед измерением устанавливался мениск нулевого уровня воды в бюретке с помощью стеклянной груши, с водой связанной резиновой трубкой с основной бюреткой по типу сообщающихся сосудов. В момент соединения компонентов реакции открывали кран, соединяющий «реактор» с бюреткой и измеряли объем кислорода по объему вытесненной воды в грушу из бюретки.

Для обнаружения перекиси водорода в молоке использовали методику с иодидом калия в подкисленной среде по ГОСТ 24067–80⁸.

Активность сычужного фермента определялась с помощью кружки ВНИИМС. Объем молока в кружке 1дм³, раствор сычужного фермента водный свежий 2,5%-ный, количество 10 см³ (выливали в кружку через широкую часть пипетки), быстро перемешивали и, отрыв отверстие, фиксировали момент образования сгустка (по моменту образования сгустка, прекращение истечения смеси).

Результаты

В данной работе приводятся собственные исследования по изучению состава и количества микрофлоры сырого молока и способ инактивации психротрофных бактерий. Количественная характеристика первичной микрофлоры сырого молока изучалась для условий хранения при температуре 5, 10 и 15°C в течение 24 ч. Использовалось сырое летнее молоко фермерского хозяйства. Маслянокислых бактерий и плесеней в молоке обнаружено не было, количество дрожжей незначительное. Согласно идентификации на среде Симонса все грамотрицательные палочки были цитратно-положительными, относятся к энтеробактериям, рода *Citrobacter*.

Влияние условий хранения на содержание различных групп микроорганизмов в сыром молоке приводится на Рисунке 1.

Из диаграммы (Рисунок 1) следует: в микрофлоре сырого молока преобладают молочнокислые бактерии, их доля составляет не менее 74%. С течением времени абсолютное число бактерий всех групп увеличивается, при этом долевое соотношение между группами бактерий изменяется незначительно.

Научный интерес представлял анализ содержания психротрофных бактерий в общем количе-

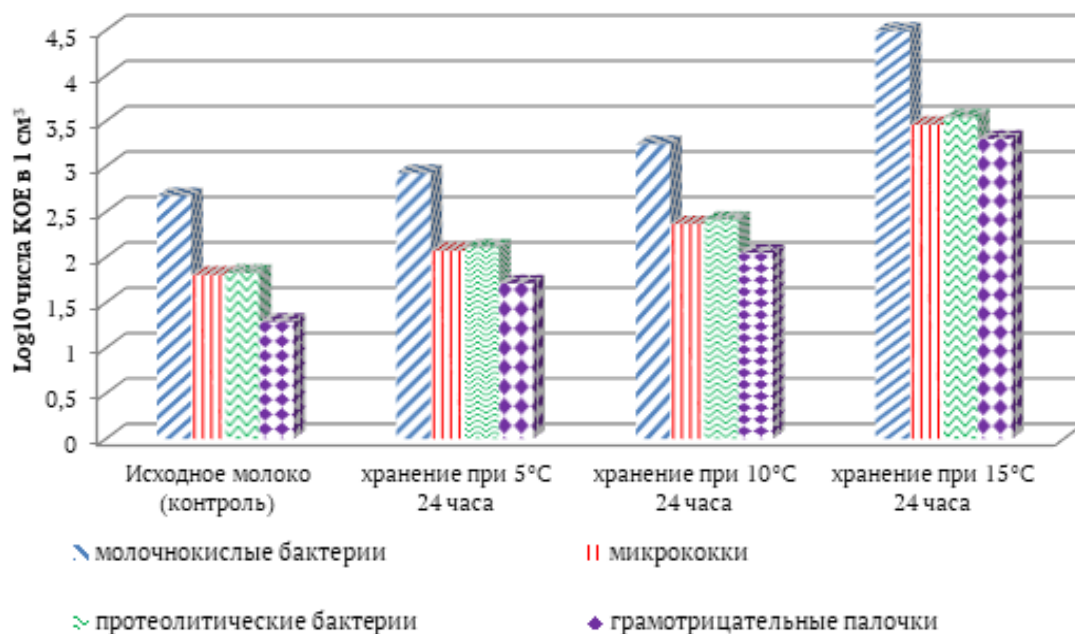


Рисунок 1. Влияние условий хранения на содержание различных групп бактерий в сыром молоке

⁸ ГОСТ 24067–80. Межгосударственный стандарт. Молоко. Метод определения перекиси водорода. Milk. Methods of hydrogen peroxide determination. М.: Стандартинформ, 2009. 3 с.

стве бактерий сырого молока, хранившегося при различной температуре. Влияние температуры хранения на соотношение содержания молочнокислых и психротрофных бактерий в сыром молоке приводится в Таблице 1.

Психротрофные бактерии всегда есть и будут в сыром молоке (Свириденко, Мордвинова, 2013, с. 12–14). Их доля в общем количестве бактерий весьма значительная (не менее 25–26%). С повышением температуры хранения молока до 15°C усиливается рост молочнокислых бактерий, доля психротрофов в общем числе бактерий понижается до 21% (Таблица 1).

В абсолютном выражении количество психротрофных бактерий при хранении молока (Таблица 1) в течение суток при температуре 5°C повышается в 1,8 раза, при температуре 10°C – в 3,7 раза, при

15°C их число возрастает уже в 52 раза относительно исходного содержания в молоке (Таблица 1).

Для отработки методики перекисного способа инактивации психротрофных бактерий сырого молока, в работе выполнено предварительное исследование по измерению каталазной активности сырого молока, хранившегося при температуре 10 °C в течение 24, 36 и 48 часов газометрическим методом.

Влияние продолжительности хранения сырого молока и длительности измерения каталазной активности в пробе при условии внесения избытка перекиси водорода приводится на Рисунке 2.

Из Рисунка 2 следует, что каталазная реакция протекает быстро и 90–95% кислорода выделяется уже в течение 30 минут. Данный факт указывает, что гибель психротрофных бактерий при добав-

Таблица 1.

Влияние температуры хранения на соотношение содержания молочнокислых и психротрофных бактерий в сыром молоке ($n>3$, $P=0,05$)

Условия хранения сырого молока	Общее количество бактерий, КОЕ, тыс./см ³	Молочнокислые бактерии		Психротрофные бактерии	
		количество, КОЕ, тыс./см ³	% от общего количества бактерий	количество, КОЕ, тыс./см ³	% от общего количества бактерий
Исходное молоко (контроль)	623,6	461,5	74%	162,1	26,0
5°C (24 ч.)	1148,4	849,8	74	298,6	26,0
10°C (24 ч.)	2379,5	1772,7	74,5	604,2	25,4
15°C (24 ч.)	39700	31283,6	78,8	8416,4	21,2

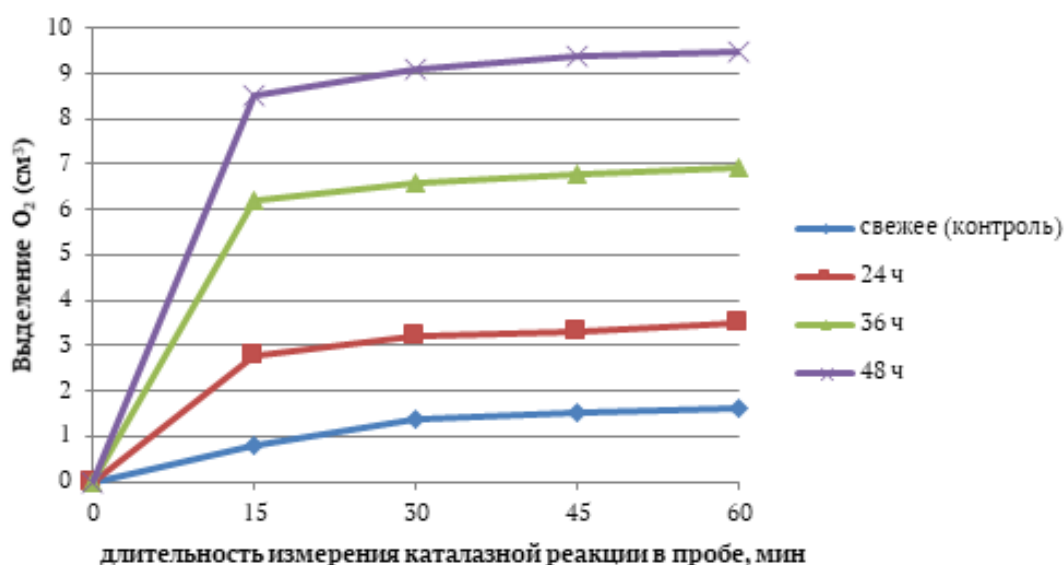


Рисунок 2. Влияние продолжительности хранения сырого молока и длительности измерения каталазной активности в пробе при условии внесения избытка перекиси водорода

Таблица 2.

Влияние перекисной обработки сырого молока на активность сычужного фермента

№ образца	Расход фермента, г на 100 дм ³ сырого молока		Расход фермента в опыте относительно контроля, %
	Опыт (после обработки H ₂ O ₂).	Контроль (без обработки H ₂ O ₂)	
1	2,25	3,25	69,2
2	1,85	3,0	61,7
3	1,50	2,25	66,6
4	2,0	3,25	61,5
5	1,75	2,20	70,0

лении перекиси водорода в молоко также будет протекать быстро, за тот же промежуток времени.

Далее экспериментально выявлена концентрация перекиси водорода достаточная для гибели психротрофных бактерий при отсутствии остатка перекиси, что исключает необходимость дополнительного внесения экзогенной каталазы в молоко.

В сырое холодное молоко вносили перекись водорода в количестве от 0,01 до 0,03% с шагом 0,005% в расчете на чистое вещество H₂O₂, в форме 10%-ного раствора, смесь перемешивали и выполняли анализ на обнаружение стартового содержания перекиси. Для повышения скорости реакции Фентона между перекисью водорода и каталазой психрофильных бактерий молоко нагревали до температуры 50°C с выдержкой 30 мин. Молоко, обработанное перекисью водорода, охлаждали до температуры 22±2°C (комнатная) и определяли наличие возможного остатка H₂O₂. Для обнаружения перекиси водорода в молоке использовали ГОСТ 24067–80⁹.

Оптимальным содержанием в молоке признано 0,015% чистого вещества H₂O₂. При данной концентрации перекись водорода обнаруживается при ее внесении и реакция отрицательная в конце обработки молока через 30 мин. Необходимо заметить, что перекись водорода неустойчивое вещество и при последующей пастеризации, даже остаточное содержание в концентрации ниже предела чувствительности метода обнаружения неизбежно разрушится.

В работе экспериментально проверена чувствительность сырого молока к сычужному ферменту после его предварительной обработки перекисью водорода в количестве к массе молока 0,015% (в пересчете на вещество H₂O₂) при температуре 50°C с выдержкой 30 мин. Контрольные образцы сырого молока перекисью водорода не

обработывались. Эксперимент выполнен в 5-кратной повторности на разных образцах молока, предварительно хранившихся при температуре 5°C в течение суток. Хлористый кальций и закваску в молоко не вносили. Использовали свежий водный 2,5% раствор сычужного фермента марки Clerici, в 1 дм³ молока с температурой 32°C вносили 10см³ 2,5%-ный раствор фермента.

Влияние перекисной обработки сырого молока на активность сычужного фермента отражено в Таблице 2.

Из таблицы 2 следует, что после обработки сырого молока перекисью водорода в количестве 0,015% (в пересчете на вещество H₂O₂) при 50°C с выдержкой 30 мин можно сократить расход порошка сычужного фермента на 34±4%, при отличном качестве сгустка.

Из дополнительно проведенных исследований по изучению влияния различных концентраций перекиси водорода и продолжительности ее воздействия на сычужное свертывание молока (сычужная проба в модификации З. Х. Диланяна) выявлены следующие факты. Пределы концентрации перекиси водорода в молоке от 0,015 до 0,15% (по содержанию вещества H₂O₂) и воздействию не более 30 минут активность сычужного фермента повышают. С превышением времени обработки молока перекисью водорода до 60 минут сычужная активность молока понижается до уровня контрольной или ниже контрольной пробы.

Обсуждение

Как показали наши исследования, все перечисленные психротрофные бактерии дают положительную реакцию на наличие каталазы. Для определения каталазной активности микробных

⁹ ГОСТ 24067–80. Молоко. Метод определения перекиси водорода. М.: Стандартинформ, 2009. 3 с.

клеток использовали методику, изложенную в ГОСТ 33568–2015¹⁰. Доказанный факт наличия каталазы у психротрофных бактерий является важным фактором, который можно использовать для ее инактивации в сыром молоке и для повышения сыропригодности молока и качества сыров.

Каталаза является субстратно-специфичным ферментом на перекись водорода (H_2O_2). В процессе реакции перекись водорода реагирует с активным центром фермента каталазы (с железом гема), протекает реакция Фентона, и в течение короткого времени каталазоположительные клетки погибают. Конечными продуктами расщепления перекиси являются вода и молекулярный кислород. Необходимо отметить, что низкие концентрации перекиси не вызывают гибели молочнокислых бактерий, они каталазоотрицательные и при их развитии (особенно палочек) в среде всегда обнаруживается перекись водорода, которая является одним из факторов лечебно-профилактического действия молочнокислых бактерий на организм человека (Каледина, Федосова, Байдина, 2019, с. 72–75; Горелов, Усенко, 2006, с. 53–57; Николаева, 2013, с. 78–80).

Каталазная реакция разложения перекиси водорода с участие каталазы психрофильных бактерий обогащает среду веществами, положительно влияющими на сыропригодность молока. В результате повышается чувствительность к сычужному ферменту, образуется технологичный сгусток, снижаются потери белка, практически маловероятно вспучивание при созревании, не требуется профилактика вспучивания сыра. В итоге получают типичные сыры с рисунком, запрограммированным используемой видовой закваской молочнокислых бактерий.

На положительное воздействие обработки сырого молока перекисью водорода в количестве 0,01–0,02% с последующей пастеризацией на активность сычужного фермента, на улучшение синергетических свойств сгустка, активацию роста молочнокислых бактерий заквасочных культур и положительного влияния на консистенцию готового сыра указывает в своей работе Шергин А.Н (Шергин, 2008, с. 17–19) и ряд других авторов (Walker, Aml, 1965, pp. 36–40; Aminand, Olson, 1967, pp. 97–101).

Оптимальная концентрация перекиси водорода, используемой с целью инактивации психротрофных бактерий в молоке, предназначенного для выработки сыра 0,015% по веществу H_2O_2 , а про-

должительность обработки зависит от температуры молока.

Для пищевых продуктов должна использоваться «Перекись водорода медицинская» ГОСТ 177–88¹¹. При использовании 30%-ного раствора перекиси водорода для достижения ее концентрации в молоке равной 0,015% H_2O_2 в расчете на 1000 кг молока потребуется 500 г или по объему 450 см³ концентрированного раствора H_2O_2 (плотность 30% раствора перекиси водорода 1,112 г/см³). Вносить перекись водорода следует в виде 10%-го раствора. Разбавлять необходимо перед ее использованием в соотношении 450 см³ 30%-ной перекиси водорода и 900 см³ дистиллированной воды.

Для промышленного производства сыров предлагаем два способа перекисной обработки молока:

1. Перекись водорода можно вносить в холодное молоко после приемки непосредственно в резервуар хранения на период 1–2 часа перед его использованием. Далее молоко пастеризуется и обрабатывается в соответствии с технологией вырабатываемого сыра. Такой способ наиболее приемлемый для крупного поточного способа производства сыров.
2. Перекись водорода можно вносить в подогретое до 50°C молоко с выдержкой при перемешивании в течение 30 мин, затем подогревать до температуры пастеризации и далее следуют все операции в соответствии с технологической инструкцией вырабатываемым сыром.

Выводы

Обработка молока раствором перекиси водорода в количестве 0,015% (в пересчете на вещество H_2O_2) к массе молока в течение короткого времени вызывает гибель психрофильных бактерий, при этом не требуется экзогенного внесения каталазы (ее источником являются психротрофные бактерии). Достоверно доказано повышение чувствительности молока к сычужному ферменту, образуется технологичный сгусток, снижаются потери белка, практически маловероятно вспучивание при созревании, и в целом получают типичные сыры с рисунком, запрограммированным используемой видовой закваской молочнокислых бактерий. Чтобы получить максимальный эффект, требуется использование сычужного фер-

¹⁰ ГОСТ 33568–2015. Молоко и молочная продукция. Методы определения солеустойчивых микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.

¹¹ ГОСТ 177–88. Водорода перекись. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2006. 12 с.

мента животного происхождения, типовая заварка высокого качества, соблюдение параметров и режимов технологических операций, предусмотренных инструкцией для конкретного сыра.

Литература

- Анискина М.В., Шульженко Е.Р. Сыропригодность молока и пути повышения его качества // Вестник современных исследований. 2018. № 12.4(27). с. 33–34.
- Ганина В.И. Микробиологический контроль сырого молока // Молочная промышленность. 2010. № 2. С.12–13.
- Горбунова Ю.А., Оверченко А.С. Сыропригодность молока и методы ее повышения // Аграрное образование и наука. 2014. № 3. с. 4.
- Горелов А.В., Усенко Д.В. Пробиотики: механизмы действия и эффективность при инфекциях желудочно-кишечного тракта // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2006. № 4. С 53–57.
- Каледина М.В., Федосова А.Н., Байдина И.А. Антипатогенная активность национальных кисломолочных напитков // Пищевая промышленность. № 10. 2019. с. 72–75. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10163>
- Мордвинова В.А. Ресурсы импортозамещающих технологий сыров // Сыроделие и маслоделие. 2017. № 4. с. 28–29.
- Мягконос Д.С., Абрамов Д.В., Мордвинова В.А., Муничева Т.Э., Овчинникова Е.Г. Обзор российского рынка молокосвертывающих препаратов и перспективы его развития // Сыроделие и маслоделие. 2019. № 2. с. 11–13. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2019-2-11-13>
- Николаева С.В. Роль молочнокислых бактерий в здоровье человека // Лечащий врач: медицинский научный портал. 2013. № 2. с. 78–80.
- Прошкина Т.Г., Белов А.Н., Вистовская В.П. О сырье для сыроделия // Сыроделие и маслоделие. 2012. № 1. с. 14–17.
- Ржещицкая Л.Э. Проблемы микробиологической безопасности молочного сырья. Роль первичной обработки // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 1. с. 152–156.
- Рябцева С.А., Ганина В.И., Панова Н.М. Микробиология молока и молочных продуктов: учебное пособие. 2-е изд. СПб.: Лань, 2019. 192 с.
- Свириденко Г.М., Мордвинова В.А. Требования к сырому молоку для сыроделия // Сыроделие и маслоделие. 2015. № 3. с. 12–14.
- Шергин А.Н. Причины появления в сырах порока «горький вкус» и меры по его предупреждению и устранению // Сыроделие и маслоделие. 2008. № 3. с. 17–19.
- Шингарева Т. Влияние сыропригодности молока на качество сыра // Продукт.ВУ. 2014. № 13(139). с. 53–59.
- Aminand V.M., Olson N.F. Factors Affecting the Resistance of Staphylococcus Aureus to Hydrogen Peroxide Treatments in Milk // Applied Microbiology. 1967. Vol. 15, issue 1. P. 97–101.
- Campbell J.R., Marshall R.T. Dairy production and processing: The science of milk and milk products. Long Grove: Waveland Press, 2016. 521 p.
- Johnson M.E. A 100-year review: cheese production and quality // Journal of Dairy Science. Vol. 100, issue 12. 2017. P. 9952–9965. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12979>
- Law B.A. Controlled and accelerated cheese ripening: the research base for new technology // International Dairy Journal. 2001. Vol. 11, issue 4. P. 383–398. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00067-X)
- Law B.A., Andrews A.T., Cliffe A.J., Sharpe M.E., Chapman H.R. Effect of proteolytic raw milk psychrotrophs on cheddar cheese-making with stored milk // Journal of Dairy Research. 1979. Vol. 46, issue 3. P. 497–509. <https://doi.org/10.1017/S0022029900017520>
- Baur C., Krewinkel M., Kranz B, Von Neubeck M., Wenning M., Scherer S., Stoeckel M., Hinrichs J., Stresler T., Fischer L. Quantification of the proteolytic and lipolytic activity of microorganisms isolated from raw milk // International Dairy Journal. 2015. Vol. 49. P. 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.04.005>
- Fox P.F., McSweeney P.L.H., Cogan T.M., Guinee T.P. Cheese: chemistry, physics and microbiology. 3rd ed. London: Elsevier, 2004. Vol. 1. 578 p.
- Franciosi E., Settanni L., Cologna N., Cavazza A., Poznanski E. Microbial analysis of raw cows' milk used for cheese-making: influence of storage treatments on microbial composition and other technological traits // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2011. Vol. 27. P. 171–180. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0443-2>
- Machado S.G., Baglinière F., Marchand S., Coillie E.V., Block J.D., Vanetti M.C.D., Heyndrickx M. The biodiversity of the microbiota producing heat-resistant enzymes responsible for spoilage in processed bovine milk and dairy products // Frontiers in Microbiology. 2017. Vol. 8. P. 1–22. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00302>
- Najim N.H. The effect of psychrotrophic bacterial contamination on the quality of cheddar cheese. Louisiana: LSU Historical Dissertations and Theses, 1985. 332 p.
- Walker G.C., Aml G.H. Hydrogen peroxide as a bactericide for staphylococci in cheese milk // Journal of Milk and Food Technology. 1965. Vol. 28. P. 36–40.

Psychrotrophic Bacteria of Raw Milk in the Technology of Semi-Hard Cheese

Anna N. Fedosova

*Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorina
1, Vavilova str., Belgorod region, 308503, Russian Federation
E-mail: fedosova.anna2011@yandex.ru*

Marina V. Kaledina

*Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorina
1, Vavilova str., Belgorod region, 308503, Russian Federation
E-mail: kaledina_mv@bsaa.edu.ru*

Lyudmila V. Voloshenko

*Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorina
1, Vavilova str., Belgorod region, 308503, Russian Federation
E-mail: voloshhenko_lv@bsaa.edu.ru*

Abstract. The article considers the negative impact of psychrotrophic bacteria on the cheese suitability of milk and the quality of semi-hard cheeses. This group of bacteria was identified, the dynamics of their growth are presented at storage temperatures of raw milk of 5, 10 and 15°C. The presence of catalase in these bacteria was proved and the use of this property for their destruction by treating milk with hydrogen peroxide (H_2O_2) was proposed. It is proved that the amount of hydrogen peroxide is 0.015% of the pure substance H_2O_2 to the mass of milk does not require the subsequent introduction of exogenous catalase. Hydrogen peroxide is an environmentally friendly oxidizing agent; in the course of the catalase decomposition reaction, H_2O_2 decomposes into water and oxygen. In the process of the destruction of psychrotrophic bacteria caused by hydrogen peroxide, the suitability of milk for cheese is improved: rennet consumption decreases, a technological clot forms, the development of starter cultures of lactic acid cultures is not suppressed, which positively affects all organoleptic characteristics of mature cheeses.

Keywords: raw cow's milk, psychrotrophic bacteria, hydrogen peroxide, catalase activity, rennet sample

References

- Aniskina M.V., Shul'zhenko E.R. Syroprigodnost' molo-ka i puti povysheniya ego kachestva [Raw milk Suitability and ways to improve its quality]. *Vestnik sovremennykh issledovaniy [Bulletin of Contemporary Research]*, 2018, no. 12.4(27), pp. 33–34.
- Ganina V.I. Mikrobiologicheskii kontrol' syrogo molo-ka [Microbiological control of raw milk]. *Moloch-naya promyshlennost' [Dairy industry]*, 2010, no. 2, pp. 12–13.
- Gorbunova Yu.A., Overchenko A.S. Syroprigodnost' moloka i metody ee povysheniya [Syo-prigodnogo milk and methods of its increase]. *Agrarnoe obra-zovanie i nauka [Agricultural education and science]*, 2014, no. 3, P. 4.
- Gorelov A.V., Usenko D.V. Probiotiki: mekhanizmy de-istviya i effektivnost' pri infektsiyakh zheludoch-no-kishechnogo trakta [Probiotics: mechanisms of action and effectiveness in gastroin-testinal infections]. *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni [Epidemiology and infectious diseases]*, 2006, no. 4, pp. 53–57.
- Kaledina M.V., Fedosova A.N., Baidina I.A. Antipa-togennaya aktivnost' natsional'nykh kislomoloch-nykh napitkov [Antagonistic activity of the national dairy beverages]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food processing industry]*, 2019, no. 10, pp. 72–75. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10163>
- Mordvinova V.A. Resursy importozameshchayushchikh tekhnologii syrov [Resources of import-substituting cheese technologies]. *Syrodellie i maslodellie [Cheese making and butter making]*, 2017, vol. 4, pp. 28–29.
- Myagkonosov D.S., Abramov D.V., Mordvinova V.A., Municheva T.E., Ovchinnikova E.G. Obzor rossiisko-go rynka molokosvertyvayushchikh preparatov i per-spektivy ego razvitiya [Review of the russian market of milk clotting preparations and prospects of its de-

- velopment]. *Syrodellie i maslodellie [Cheese making and butter making]*, 2019, vol. 2, pp. 11–13. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2019-2-11-13>
- Nikolaeva S.V. Rol' molochnokislykh bakterii v zdorov'e cheloveka [Role of lactic acid bacteria in human health]. *Lechashchii vrach: meditsinskii nauchnyi portal*, 2013, vol. 2, pp. 78–80.
- Proshkina T.G., Belov A.N., Vistovskaya V.P. O syr'e dlya syrodellii [Of raw material for cheesemaking]. *Syrodellie i maslodellie [Cheese making and butter making]*, 2012, vol. 1, pp. 14–17.
- Ryabtseva S.A., Ganina V.I., Panova N.M. Mikrobiologiya moloka i molochnykh produktov: uchebnoe posobie [Microbiology of milk and dairy products: textbook]. 2nd ed. S-Peterburg: Lan', 2019. 192 p.
- Rzhechitskaya L.E. Problemy mikrobiologicheskoi bezopasnosti molochnogo syr'ya. Rol' pervichnoi obrabotki [Problems of microbiological safety of raw milk. The role of the primary processing]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Kazan Technological University Bulletin]*, 2013, vol. 1, pp. 152–156.
- Shergin A.N. Prichiny poyavleniya v syrakh poroka «gor'kii vkus» i mery po ego preduprezhdeniyu i ustraneniyu [Reasons for the appearance of the “bitter taste” defect in cheeses and measures to prevent and eliminate it]. *Syrodellie i maslodellie [Cheese making and butter making]*, 2008, vol. 3, pp. 17–19.
- Shingareva T. Vliyanie syroprigodnosti moloka na kachestvo syra [Influence of raw milk suitability on the quality of cheese]. *Produkt.BY [Product.BY]*, 2014, vol. 13(139), pp. 53–59.
- Sviridenko G.M., Mordvinova V.A. Trebovaniya k syromu moloku dlya syrodellii [Requirements for raw milk for cheese making]. *Syrodellie i maslodellie [Cheese making and butter making]*, 2015, vol. 3, pp. 12–14.
- Aminand V.M., Olson N.F. Factors Affecting the Resistance of Staphylococcus Aureus to Hydrogen Peroxide Treatments in Milk. *Applied Microbiology*, 1967, vol. 15, issue 1, pp. 97–101.
- Baur C., Krewinkel M., Kranz B., Von Neubeck M., Wenning M., Scherer S., Stoeckel M., Hinrichs J., Stressler T., Fischer L. Quantification of the Proteolytic and Lipolytic Activity of Microorganisms Isolated from Raw Milk. *International Dairy Journal*, 2015, vol. 49, pp. 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.04.005>
- Campbell J.R., Marshall R.T. Dairy Production and Processing: The Science of Milk and Milk Products. Long Grove: Waveland Press, 2016. 521 p.
- Fox P.F., McSweeney P.L.H., Cogan T.M., Guinee T.P. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. 3rd ed. London: Elsevier, 2004. Vol. 1. 578 p.
- Franciosi E., Settanni L., Cologna, N., Cavazza A., Poznanski E. Microbial Analysis of Raw Cows' Milk Used for Cheese-Making: Influence of Storage Treatments on Microbial Composition and Other Technological Traits. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2011, vol. 27, pp. 171–180. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0443-2>
- Johnson M.E. A 100-Year Review: Cheese Production and Quality. *Journal of Dairy Science*, vol. 100, issue 12, 2017, pp. 9952–9965. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12979>
- Law B.A. Controlled and Accelerated Cheese Ripening: The Research Base for New Technology. *International Dairy Journal*, 2001, vol. 11, issue 4, pp. 383–398. [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(01\)00067-x](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(01)00067-x)
- Law B.A., Andrews A.T., Cliffe A.J., Sharpe M.E., Chapman H.R. Effect of Proteolytic Raw Milk Psychrotrophs on Cheddar Cheese-Making with Stored Milk. *Journal of Dairy Research*, 1979, vol. 46, no. 3, pp. 497–509. <https://doi.org/10.1017/S0022029900017520>
- Machado S.G., Bagliniere F., Marchand S., Coillie E.V., Block J.D., Vanetti M.C.D., Heyndrickx M. The Biodiversity of the Microbiota Producing Heat-Resistant Enzymes Responsible for Spoilage in Processed Bovine Milk and Dairy Products. *Frontiers in Microbiology*, 2017, vol. 8, pp. 1–22. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00302>
- Najim N.H. The Effect of Psychrotrophic Bacterial Contamination on the Quality of Cheddar Cheese. Louisiana: LSU Historical Dissertations and Theses, 1985. 332 p.
- Walker G.C., Aml. G.H. Hydrogen Peroxidase Bactericide for Staphylococci in Cheese Milk. *Journal of Milk and Food Technology*, 1965, vol. 28, pp. 36–40.

Аналитическая оценка функционирования отраслевых сегментов зернопродуктовой вертикали АПК России в условиях реализации новой агропромышленной политики

Слепокурова Юлия Ивановна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес: 394036, город Воронеж, пр-т Революции, дом 19

E-mail: yuliya.orobinskaya@mail.ru

Василенко Ирина Николаевна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес: 394036, город Воронеж, пр-т Революции, дом 19

E-mail: Iri-na_NW@bk.ru

Жаркова Ирина Михайловна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес: 394036, город Воронеж, пр-т Революции, дом 19

E-mail: zharir@mail.ru

Лобанов Владимир Григорьевич

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Адрес: 350072, город Краснодар, ул. Московская, дом 2

E-mail: lobanov@kubstu.ru

Росляков Юрий Федорович

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Адрес: 350072, город Краснодар, ул. Московская, дом 2

E-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Слепокурова Алена Алексеевна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Адрес: 394036, город Воронеж, пр-т Революции, дом 19

E-mail: alena_slepokurova@mail.ru

Цель исследования – установить и проанализировать особенности организации и функционирования хозяйствующих субъектов отечественного зернопродуктового подкомплекса с последующим определением ключевых проблем и перспектив устойчиво-сбалансированного развития в условиях реализации новой агропромышленной политики. В статье изучены базовые аспекты динамики и тенденций развития отраслевых сегментов АПК, образующих единую связку функционально-технологической линии (зерно-корма-хлеб). В частности, установлены отраслевые особенности производственной сферы и рыночной конъюнктуры зернового хозяйства, комбикормовой и хлебопекарной промышленности. Тщательно проанализированы проблемные моменты, препятствующие устойчивому развитию данных сегментов АПК, установлены причинно-следственные связи в общей структуре и системе функционирования отраслевых производств и продовольственных рынков, обобщены выводы и даны предложения по повышению эффективности системы организации и управления отраслевыми хозяйствующими субъектами в условиях перманентного роста конкуренции, нестабильности и рисков на мезо- и макроуровнях. В работе нашли применение научные методы эмпирической группы (наблюдение, описание, измерение, сравнение, экспертная оценка), теоретической

группы (анализ, синтез, индукция, дедукция, обобщение, конкретизация, абстрагирование) и общенаучной группы (логический, ретроспективный, статистический). В том числе, были использованы системные и ситуационные подходы.

Ключевые слова: анализ и оценка рынка, зерновое производство, рынок хлебобулочных изделий и комбикормов

Введение

Современная система организации и управления отраслевыми субъектами хозяйствования, базируется на результатах комплексных исследований (анализ и оценка) последних. Данный инструмент является важнейшим элементом любого метода, методики, механизма и подхода, что и было реализовано на примере зернового, комбикормового и хлебопекарного производства. На текущий момент в выделенных отраслевых секторах АПК отмечается значительное количество проблем, которые имеют организационно-управляющую, социально-экономическую, технико-технологическую, экологическую и нормативно-правовую основу. Для разработки действенных подходов к их решению, а также механизмов устойчивого, сбалансированного роста и развития данных производств, требуется качественный анализ и оценка их современного состояния, особенностей организации и управления, а также имеющегося потенциала и перспектив развития, как в тактическом плане, так и в стратегическом, что и выступило целью данного исследования.

Литературный обзор

Многочисленные вопросы, связанные с обеспечением комплексного, системного, устойчивого и пропорционального развития современного агропромышленного комплекса России (структурно-функциональные преобразования; трансформации организационно-управленческого сегмента; социально-экономическое развитие; активизация инновационно-инвестиционного потенциала; повышение уровня ресурсоэффективности и материально-технического обеспечения; повышение экспортного потенциала, экологичности и безопасности производства, обеспечение высокого качества вырабатываемой продукции и др.), были подробно исследованы многими учеными-теоретиками и практиками, но отдельно стоит отметить: Алтухова А.И., Баутина В.М., Борхунова Н.А., Закшевского В.Г., Крылатых Э.Н., Куделя А.Д., Кундиуса В.А., Мазлоева В.З., Мишина В.М., Милосердова В.В., Новицкого В.О., Панина А.У., Родионову О.А., Рябову Т.И., Соловьеву Т.Н., Фатхутдинова Р.А., Чарыкову О.Г. и др.

Глубокие и многоаспектные исследования функционирования зернового хозяйства, зерноперерабатывающей промышленности, а также развития инфраструктуры, были проведены следующими учеными: Богомоловой И. П., Василенко И. Н., Губарьковой С. В., Ильиной О. А., Краснощековой Г. А., Косовым А. П., Лесных О. В., Мармузовой Л. В., Панищенко М. И., Печеной Л. Т., Серегиной С. Н., Чубенко Н. Т. Шатохиной Н.М. и др.

Методические основы оценки устойчивости и сбалансированности развития сферы АПК, нашли отражение в трудах Балабанова В. С., Гусева В. В., Закшевской Е. В., Коновалова В. В., Крючкова В. Г., Мамбетовой Ф. М., Морозова Н. Г., Сидоренко О. В. и др.

Научные работы этих и других ученых являются фундаментальной основой исследования современных тенденций развития социально-экономических явлений и процессов, а также разработки перспективного инструментария и механизмов эффективного и конкурентного развития предприятий зернопродуктовой вертикали (Lobanov, Slepokurova, Zharkova, Koleva, Roslyakov, Krasteva, 2018, с. 474–482).

Несмотря на наличие множества теоретических и прикладных исследований в области развития хозяйствующих субъектов зерноперерабатывающей промышленности, многие вопросы остаются открытыми, а проблемные моменты не решенными.

В частности, требуют уточнения и глубокой проработки следующие вопросы: динамика и тенденции объемов производства; структура производства; стоимостные показатели; показатели качества и обеспечения; наиболее существенные и значимые проблемы; государственная поддержка; перспективы роста и развития. Данный перечень вопросов необходимо будет рассмотреть в контексте следующих отраслевых сегментов зернопродуктовой вертикали: зерновое производство (сельское хозяйство); мясное животноводство; кормовое обеспечение (кормопроизводство); хлебопекарное производство.

Все это доказывает высокую степень актуальности выделенной предметной области исследования, а также необходимость совершенствования

теоретических основ методического сопровождения и разработки мероприятий прикладного типа, в контексте глубокого и системного изучения вопросов управления социально-экономическим, организационно-управленческим и научно-техническим развитием предприятий зернопродуктового подкомплекса, на основе применения современных методов и адаптивных подходов, с учетом выделенных особенностей, типов профильной деятельности и реализуемой новой агропромышленной политики, а также учитывая процессы импортозамещения, цели повышения ресурсоэффективности и инновационности отраслевого производства в текущий момент и долгосрочной перспективе.

Высокая степень актуальности поставленных вопросов, а также недостаточная степень их проработки, предопределили структуру научной работы, ее концептуальную логику, перечень научных методов и подходов, а также комплекс взаимосвязанных целей и задач.

Теоретическое обоснование

Зернопродуктовый подкомплекс АПК страны: проблемы становления и развития (Алтухов, 2015, с. 2–7); Расширенное воспроизводство в зернопродуктовом подкомплексе – основа его устойчивого функционирования (Алтухов, 2014, с. 2–6); Основные проблемы развития АПК и пути их решения (Алтухов, 2014, с. 2–7); Экономические проблемы инновационного развития зернопродуктового подкомплекса России (Алтухов, Нечев, 2015).

Повышение ресурсоэффективности деятельности предприятий зернопродуктового подкомплекса с учетом сырьевых факторов (Богомолова, Василенко, Богомолов, 2018, с. 87–100); Перспективы развития комбикормового производства в России на основе совершенствования ресурсного обеспечения (Печеная, Богомолов, Василенко, Шатохина, 2019, с. 8–19); Ключевые проблемы развития зернопродуктового подкомплекса и перспективные направления их решения (Богомолов, Колесов, Сузет, 2017, с. 721–731); Совершенствование системы кормового обеспечения мясного животноводства АПК на основе принятия управленческих решений инновационного типа (Богомолова, Василенко, Котарев, Малыгина, 2019, с. 106–119); Тенденции и перспективы развития отрасли животноводства мясопродуктового подкомплекса в условиях ресурсосбережения и государственного управления (Богомолова, Котарев, Василенко,

2019, с. 301–311); Сбалансированное развитие зернопродуктового подкомплекса России в условиях действующей функционально-отраслевой структуры и современной системы организации (Колесов, 2017, с. 43–49).

Оптимизационные решения в управлении эффективностью и инновационностью отраслевых предприятий АПК РФ (Котарев, Котарева, Василенко, 2019, с. 127–136); Особенности управления инновациями предприятий комбикормовой промышленности (Малыгина, Василенко, 2018, с. 264–265); Инновационное развитие предприятий хлебопекарного подкомплекса. (Слепокурова, Василенко, 2018); Совершенствование механизмов управления развитием предприятий как фактор ускорения инновационных процессов (Слепокурова, 2017, с. 197); Повышение конкурентоспособности АПК региона – основа развития экспорта (Закшевский, Чарыкова, 2017, с. 2–8); Хлебопекарная промышленность – важнейший участник продовольственного рынка России (Ильина, 2016, с. 32–35); Экономика, организация и планирование производства на предприятиях хранения и переработки зерна (Краснощекова, Редькина, 2013); Развитие информационных систем для реализации многофункциональности сельского хозяйства и агропродовольственной системы (Крылатых, 2014, с. 8–9); Формирование и развитие хозяйственных взаимоотношений в системе зернопродуктового подкомплекса (Сидоренко, 2014, с. 21–25); О современных тенденциях в производстве хлебобулочных изделий (Чубенко, 2018, с. 16–17).

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования выступили отраслевые сегменты и отдельные хозяйствующие субъекты зернопродуктового подкомплекса России. В качестве предмета исследования выступили динамика и тенденции развития отечественных предприятий зернового, зерноперерабатывающего, комбикормового и хлебопекарного производства.

Научно-теоретическую и методическую основу исследования составили научные труды ученых, посвященных организационно-управленческому, финансово-экономическому и социально-правовому развитию отраслевых сегментов агропромышленного комплекса. Отдельно стоит отметить следующий спектр интересующих ученых вопросов: повышение эффективности и устойчивости

функционирования продовольственных рынков (зернового, хлебопекарного и комбикормового), а также активизация экспортного потенциала продукции, выделенных отраслевых сегментов народного хозяйства. В ходе исследования были использованы официальные данные Росстата, отраслевых промышленных союзов, ассоциаций и иных объединений, профильных информационно-аналитических агентств, официальная отчетность Минсельхоза РФ об уровне развития сельскохозяйственной сферы и перерабатывающего сектора АПК. В качестве базовых методов были использованы методы эмпирической группы (наблюдение, описание, измерение, сравнение, экспертная оценка), теоретической группы (анализ, синтез, индукция, дедукция, обобщение, конкретизация, абстрагирование) и общенаучной группы (логический, ретроспективный, статистический). В том числе, были использованы системные и ситуационные подходы, в плане обобщения результатов исследования (Сычева, Пермякова, 2018, с. 222–230).

Результаты и их обсуждение

Зерновое производство сферы АПК РФ является важнейшим сырьевым базисом большого количества производств народного хозяйства (животноводческая отрасль, элеваторная, мукомольная, спиртовая промышленности), в частности, имеет исключительное значение для развития хлебопекарного и комбикормового производства (Алтухов, 2015, с. 2–7; Богомолов, Колесов, Сузет, 2017, с. 721–731; Богомолова, Василенко, Богомолов, 2018, с. 87–100). От тенденций развития рынка зерновых культур, очень сильно зависит показатель экономического роста и инновационного

развития последних. Данный отраслевой сегмент (производство зерновых) задает вектор устойчивого развития, а также определяет уровень эффективности работы всех смежных отраслей экономики России, что, в конечном итоге, определяет уровень обеспечения граждан социально значимыми продуктами питания (хлеб, мясо, молоко), общий показатель качества жизни, а также продовольственную независимость нашей страны¹², в контексте применения секторальных санкций (Bychkova, Zhidkova, Eliashev, 2018; Lobanov, Slepokurova, Zharkova, Koleva, Roslyakov, Krasteva, 2018; Алтухов, Нечаев, 2015; Колесов, 2017).

Динамика производства зерновых и зернобобовых культур в нашей стране приведена на Рисунке 1.

Данные свидетельствуют, что в 2019 г. произведено 121,2 млн т зерна (в чистом весе), что на 7% (8 млн т) выше показателя предыдущего года (2018 г.), но на 10,6% ниже рекордного 2017 г. (135,5 млн т). Снижение показателя валового сбора зерновых и зернобобовых культур в период 2018–2019 гг. обусловлено сокращением уборочных площадей и более низкой урожайностью зерна в ряде регионов по причине климатических условий.

Урожайность зерновых в РФ в 2019 г. составила 26,6 ц/га. Таким образом, прирост составил 4,7%, если сравнивать с 2018 г. Положительная динамика 2019 г. главным образом вызвана высокой урожайностью яровых, так как для данных культур в 2019 г. были подходящие агрометеорологические условия. Также к росту урожайности привело внедрение современных агротехнологий, соблюдение правил севооборота, использование научных достижений в области селекции и семеноводства,

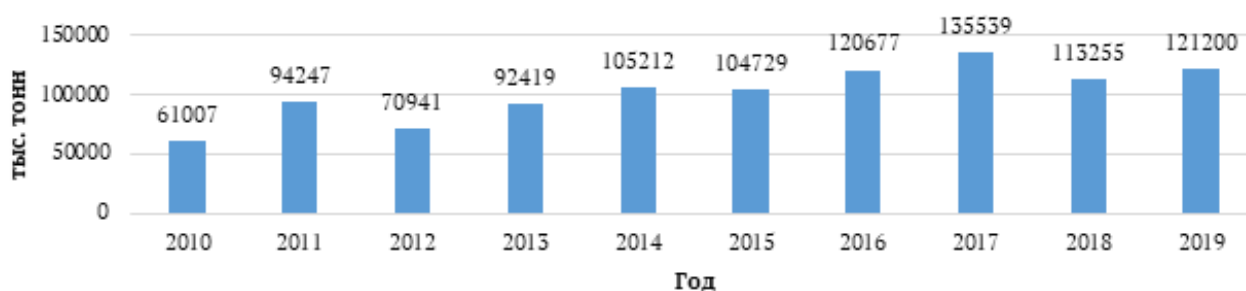


Рисунок 1. Объемы производства зерновых и зернобобовых культур в РФ, за период 2010–2019 гг., тыс. т.¹³

¹² О текущей ситуации в агропромышленном комплексе Российской Федерации в декабре 2018 г. (МСХ) [Электронный ресурс]. URL: <http://zerno.ru/node/3606> (дата обращения: 24.10.2020).

¹³ Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/# (дата обращения: 22.10.2020).

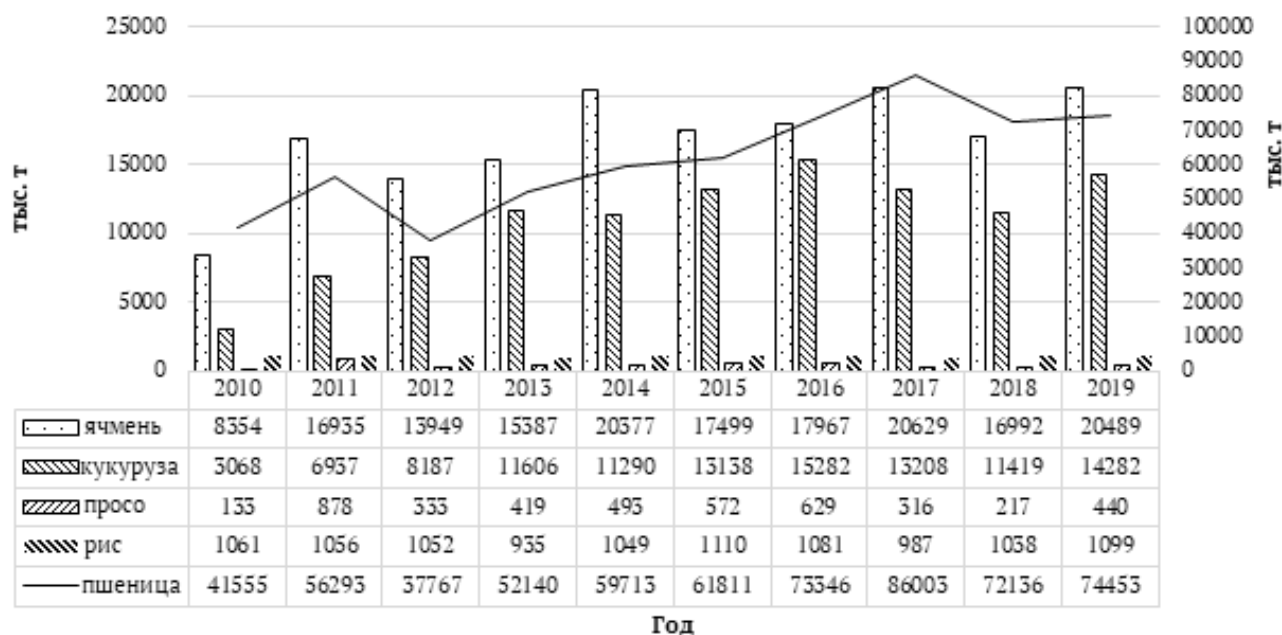


Рисунок 2. Объемы производства зерновых в РФ по видам, тыс. т.²

применение высокопроизводительной сельхозтехники на полях.

Объемы производства зерновых в РФ по видам, проиллюстрированы на Рисунке 2.

Отечественным сельхозпроизводителям в 2019 г. удалось собрать 74,45 млн т пшеницы, что на 2,32 млн т больше, чем в 2018 г.

Ячменя в 2019 г. было произведено 20,49 млн т, что на 3,5 млн т больше 2018 г. Урожайность ячменя составила 24 ц/га. Следовательно, был показан прирост в 11,1% по сравнению с позапрошлым годом.

Кукурузы в 2019 г. в РФ было собрано свыше 14,28 млн т. Прирост к 2018 г. составил 2,86 млн т. Кроме того, при производстве кукурузы удалось достичь самой высокой урожайности среди зерновых, так урожайность кукурузы в 2019 г. выросла на 19,5% по сравнению с позапрошлым годом и составила 57,5 ц/га.

Проса удалось заготовить 0,4 млн т., данный показатель в 2 раза больше по сравнению с предыдущим годом.

Производство риса также увеличилось. Сельхозпроизводители заготовили 1,1 млн т в 2019 г, что на 61 тыс. т больше показателя предыдущего года¹⁵.

Относительно текущего периода (2020 г.) стоит отметить, что согласно данным Минсельхоза, на 19 октября 2020 г. зерновые и зернобобовые культуры были обмолочены с 45,2 млн га, или 94,1% к посевной площади, получено 130,6 млн т зерна при урожайности 28,9 ц/га. В том числе пшеница была собрана с 28,8 млн га (97,8%), намолочено 87,2 млн т при урожайности 30,3 ц/га. Согласно прогнозу ведомства, итоговый урожай зерна превысит 130 млн т, включая 82 млн т пшеницы, в частности, согласно оценкам аналитического центра «Русагротранс» валовой сбора зерна в 2020 г. составит 131,2 млн т, а пшеницы – 83,8 млн т. Отметим, что данный результат будет вторым по объемам валовой сбор в истории России после 2017 г., когда было намолочено более 135 млн т зерна и 85,9 млн т пшеницы.

Стоит подчеркнуть, что основы высокого урожая-2020 были заложены еще осенью 2019 г., когда в стране случился рекордный в истории сев озимых – 19,6 млн га, из которых озимая пшеница составила более 17 млн га (16,7 млн га – осенью 2018 г.) (Печеная, Богомолов, Василенко, Шатохина, 2019, с. 8–19).

В то же время сезон-2020/21 нельзя назвать слишком благоприятным для производителей зерна. По крайней мере, не во всех регионах. Так, на юге страны совокупность факторов привела к довольно су-

¹⁵ Обзор рынка хлеба и хлебобулочных изделий в России 2017–2018 гг. [Электронный ресурс]. URL: <http://grifon-expert.ru/obzory/108-obzor-rynka-hleba-i-hlebobulochnyh-izdeliy-rf-2017-2019.html> (дата обращения: 24.07.2020).

щественному сокращению урожайности озимой пшеницы. Благоприятные погодные условия осенью прошлого года позволили многим хозяйствам провести ее сев в достаточно ранние сроки, а мягкая зима с положительными температурами дала растениям возможность активно развиваться и вегетировать. Но уже к весне стал ощущаться дефицит запасов продуктивной влаги в почве, необходимый для дальнейшего развития агрокультур. В апреле же случилось крайне редкое для этой зоны явление возвратных морозов. Объективно оценить последствия было сложно, так как подобных ситуаций ранее не случалось. Часть растений, уже заложивших колос, потеряло его, хотя визуально поля выглядели вполне благополучно. Так, в ряде районов Краснодарского и Ставропольского краев, а также Ростовской области аграрии сообщали о гибели колоса на 20–30% посевов. Однако вслед за морозами на юге начались обильные осадки, которые в значительной степени спасли урожай колосовых культур и способствовали активному росту поздних посевов в мае-июне. Тем не менее урожайность озимой пшеницы в Краснодарском крае снизилась на 21% к прошлому году, а в Ставропольском крае – на 34%.

Относительно стоимости зерновых стоит отметить, что цены на зерновые культуры растут высокими темпами. Данная ситуация имеет ряд особенностей, с одной стороны формируется высокий потенциал для наращивания экспорта, а с другой складывается довольно опасная ситуация для внутреннего потребителя (животноводческие хозяйства, мукомольные, комбикормовые, хлебопекарные предприятия). В частности, рекордно высокие цены на пшеницу на внутреннем рынке серьезно обеспокоили отечественных хлебопроизводителей – из-за низкой рентабельности они вынуждены обращаться к государству с целью оказать финансовую поддержку в виде субсидий на производство. Да и на мировом рынке высокие цены могут привести к отрицательному мультипликативному эффекту, так в настоящее время у многих конкурентов они ниже на 5–10 долларов за тонну, что может довольно серьезно подорвать экспорт российского зерна в нужном объеме (Богомолова, Василенко, Котарев, Малыгина, 2019, с. 106–119).

Стабилизировать цены на зерно позволит нетарифное квотирование экспорта зерна в текущем сезоне. Учитывая, что на Россию приходится более 80% производства и порядка 79% внутреннего потребления зерна в ЕАЭС, квота является важным инструментом для рынков России и государств ЕАЭС. Минсельхоз РФ рассчитывает установить ее в первом полугодии 2021 г. По мнению ведомства, этой меры будет достаточно для стаби-

лизации средних цен, что позитивно повлияет на мукомольное и животноводческое производство.

Объем квоты будет определен на основе балансов на начало 2021 г., рассчитанных исходя из темпов экспорта и внутреннего потребления зерна в первой половине сезона. Кроме того, по поручению Президента РФ Министерство разработало предложения по снижению волатильности цен на зерно для производителей муки.

По данным «Русагротранс», в ЦФО пшеница третьего класса на текущий момент стоит 16 тыс. р. за тонну без НДС против 10 тыс. т год назад. Высокие цены на пшеницу на внутреннем рынке объясняются слабым курсом рубля и экспортными ценами. Дестабилизирует ситуацию пандемия коронавируса – многие страны стараются обеспечить свои потребности в зерне в долгосрочной перспективе. В этой ситуации, на наш взгляд, лучшим инструментом поддержки отечественных хлебопроизводителей будет именно субсидии на транспортные расходы, которые компенсируют высокую стоимость пшеницы.

В аспекте наращивания экспортного потенциала, в настоящее время наша страна активно осваивает рынки стран Юго-Восточной Азии (Бангладеш, Филиппины, Таиланд, Малайзия). Начались поставки зерна в Пакистан и Саудовскую Аравию, открыт доступ на рынок Алжира. Согласно мнению экспертов, текущий отечественный экспортный потенциал пшеницы оценивается в 40 млн т, по зерну в целом – 51 млн т, но стоит подчеркнуть, что перспективные положительные тенденции экспорта отечественных зерновых будут определяться конечной стоимостью последних. Если стоимость отечественного зерна будет выше чем у ближайших конкурентов, то экспорт не только не увеличится, но и довольно существенно снизится.

Впрочем, стратегически сложившийся курс рубля и высокие цены на пшеницу, на наш взгляд, сыграют для России только в плюс. Имея достаточное финансовое обеспечение, российские аграрии смогут приобретать в нужном объеме минудобрения и питательные вещества, средства защиты растений, технику, активно наращивать посевные площади и потенциал урожайности даже при условии неблагоприятных погодных условий. И ход посевной под озимые, который сейчас идет, это доказывает. По данным Минсельхоза на конец октября 2020 г., сев озимых культур проведен на площади 18,3 млн га, (95,4% к прогнозной площади). По данным «Агроэкспорта» при Минсельхозе, на 25 октября 2020 г. российских зерно-

вых на внешние рынки поставлено на 7,265 млрд долл. (на 15% больше, чем на ту же дату в прошлом году). Пока рост наблюдается по всем основным культурам – пшеница, ячмень, кукуруза^{3,4}.

В аспекте устойчивого роста животноводческого сектора России, комбикормовое производство сегодня играет исключительную роль, как сектор сырьевого обеспечения и один из важнейших интегрирующих звеньев АПК страны (Алтухов, 2014, с. 2–6; Богомолова, Котарев, Василенко, 2019, с. 301–311).

Как было отмечено выше, стабильный рост объемов производства кормов за последний период (5 лет) обусловлен, прежде всего, устойчивым развитием сферы животноводства в нашей стране. Сегодня отечественные сельхозпроизводители на 100% обеспечивают внутренний рынок свининой, мясом птицы и яйцом¹⁴. В 2019 г. в России численность свиней достигло показателя 25,2 млн голов (в период с 2009 г. по 2019 г. поголовье ежегодно увеличивалось на 3,8%). В 2019 г. отечественные предприятия произвели 3,9 млн т свинины, при этом, совокупный среднегодовой темп роста (CAGR) в период 2009–2019 гг. составил 6,1%. Численность птицы в 2019 г. составила 54,5 млн голов (CAGR_{2019–2009} – (+2,2%)), производство мяса птицы достигло уровня 5 млн т (CAGR_{2019–2009} – (+7%)), яйца – 44,9 млн штук (CAGR_{2019–2009} – (+1,3%)).

Данные показывают, что самым большим сегментом по потреблению комбикорма является птице-

водство (51,9%) и свиноводство (39,9%), доля КРС составляет 7,7%. На сегодняшний день птицеводство и свиноводство является передовыми мясными отраслями. Тем не менее, в последние годы свиноводы и птицеводы столкнулись с рядом проблем, в числе которых — вспышки африканской чумы свиней и гриппа птиц, колебание курса рубля, рост стоимости кормовых добавок, дефицит финансирования и др. Но благодаря устойчивому внутреннему спросу, господдержке, оптимизации и укрупнению производств удалось достичь высоких результатов. Этому не помешали даже санкции, введенные против России странами ЕС и другими государствами.

Относительно производства говядины стоит отметить, что на отечественных предприятиях поголовье крупного рогатого скота в 2019 г. составило 18,1 млн гол., (CAGR_{2019–2009} – (-1,2%)) и, соответственно, в минус ушло производство говядины (в 2019 г. – 1,6 млн т, CAGR_{2019–2009} – (-0,6%)) и молока (в 2019 г. – 31,3 млн т, CAGR_{2019–2009} – (-0,3 %)).

Тем не менее положительные изменения в молочном скотоводстве произошли. Так, в отдельных регионах нашей страны отмечено значительное увеличение поголовья коров, построены и функционируют современные животноводческие комплексы, которые обеспечивают сырьем производителей молочной продукции.

Согласно данным официальной статистики, в 2019 г. в России было произведено 29,6 млн т комбикормов (на 3,9% больше, чем в 2018 г.) (Таблица 1).



Рисунок 2. Объемы производства зерновых в РФ по видам, тыс. т.²

¹⁴ Итоги года 2019. Мясная отрасль [Электронный ресурс]. URL: <https://www.moshol14.ru/press-centr/novosti-rynka/rynok-myasa/> (дата обращения: 22.07.2020).

Таблица 1

Объемы производства комбикормов в России (по видам), млн. т²(25)

Виды / Год	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
для птицы	11,8	12,5	13	13,9	14,1	15,3	15,4	15,4
для свиней	6,1	7,1	7,8	8,5	9,4	9,9	10,9	11,9
для КРС	2	1,9	2,1	2	2	2,1	2,2	2,3
Всего	19,9	21,5	22,9	24,4	25,5	27,3	28,5	29,6

На Рисунке 3 приведена динамика изменения объемы производства премиксов в РФ. Отметим, что производство премиксов для птицы устойчивыми темпами снижаться с 2017 г., но несмотря на это их доля в общей структуре составляет около 50%. В период 2019 г. производство премиксов для птицы уменьшилось практически на 10% по сравнению с предыдущим периодом.

Отметим, что хорошую динамику демонстрирует сегмент премиксов для свиноводства (+20%) и для КРС (рост более 27%, в абсолютном выражении это ставило – 125 тыс. т). Уже второй год подряд объем производства премиксов для КРС превышает динамику их производства для свиней (за два года прирост составил с 19 до 27%), что свидетельствует о изменениях в откорме скота молочного направления.

Относительно премиксов также стоит отметить, что их потребность сельхозпредприятий обеспечивается главным образом за счет внутреннего производства (на долю импортных премиксов приходится около 6%). В период с 2010 по 2019 г. средний темп прироста производства премиксов составил 25,4%, что обусловлено интенсивным импортозамещением (в

2010 г. доля импортных премиксов на российском рынке достигала 46%). Премиксы, произведенные в России, поставляли преимущественно в страны СНГ. Несмотря на то что по качеству отечественные премиксы не уступают зарубежным, наращиванию объемов экспорта препятствует относительно низкая конкурентоспособность нашей продукции из-за ее высокой себестоимости. Это объясняется тем, что при производстве премиксов приходится использовать импортные компоненты. В России премиксы выпускают всего 50 компаний, что обусловлено технологичностью и наукоемкостью производства. К тому же строительство заводов по производству премиксов требует больших капитальных затрат. По производству премиксов в РФ лидируют независимые предприятия, а также те, которые входят в состав агрохолдингов.

В настоящее время основное производство комбикормов сосредотачивается на крупных предприятиях (агропромышленные холдинги). Данный организационный формат позволяет обеспечить высокий уровень контроля качества технологии и производимого продукта, снижение прямых и косвенных издержек, что в условиях современного рынка дает последним дополнительные конку-

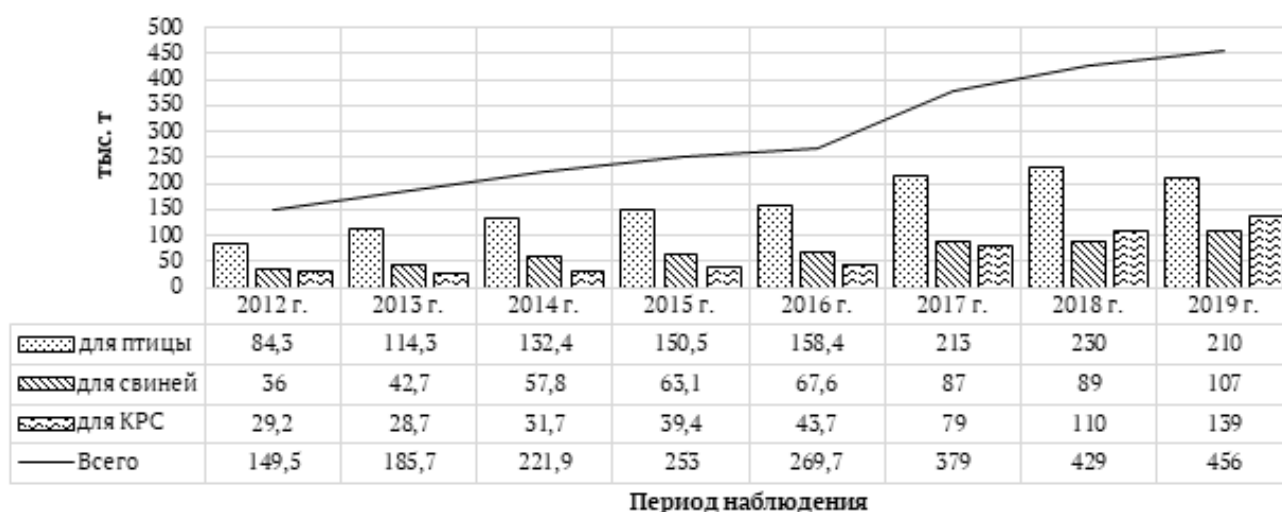


Рисунок 3. Объемы производства премиксов в РФ² (25)

рентные преимущества. В данных обстоятельствах стоит отметить, что 25 крупнейших игроков (Рисунок 4) рынка занимают 55% всего объема, на долю специализированных отраслевых предприятий приходится не более 10%, притом, что в нашей стране функционирует примерно 280 крупных комбикормовых заводов.

Импорт комбикормов в Россию составляет не более 1% и не влияет значительно на показатель объема рынка. В 2019 г. импорт комбикормов вырос на 2% по сравнению с аналогичным показателем прошлого года. Относительно импорта стоит отметить, что по итогам 2019 г. доля импорта вспомогательных материалов и кормовых добавок имеет достаточно высокие показатели (порядка 90%), таким образом, перейти на самообеспечение пока не удастся. Отметим, что объем рынка кормовых добавок в 2019 г. отраслевые аналитики оценили в 440 тыс. т. Основным фактором сложившейся ситуации является высокая импортная зависимость отечественного комбикормового производства от поставок из-за рубежа ингредиентов (витамины (100%), микроэлементы (90%), антибиотики и стимуляторы роста (85–95%), адсорбенты микотоксинов (80–85%), кормовые аминокислоты (80%) и ферменты (70–90%)). Также стоит отметить сферу поставок энергетических кормовых добавок, органических кислот и адсорбентов микотоксинов (доля импорта более 60%). Среди основных поставщиков кормовых добавок стоит выделить Нидерланды и Малайзию.

ФСГС РФ ведет учет производства такой продукции, как БВМК, концентраты и кормовые смеси. В 2019 г. в нашей стране было получено 167,5 тыс. т БВМК (+4,7% к уровню 2018 г.) и 1,2 млн т концентратов и кормовых смесей (–9,1 % к уровню 2018 г.).

Экспорт комбикормов составляет около 0,2% от объема производства и также не оказывает значительного влияния на состояние рынка. В 2019 г. экспорт комбикорма вырос на 12,9% по отноше-

нию к аналогичному показателю 2018 г. В 2019 г. объем российского рынка комбикорма рос в основном за счет экспорта.

Следовательно, можно сделать вывод, что отечественная комбикормовая промышленность полностью удовлетворяет потребность российских хозяйств в комбикормах.

Согласно прогнозам отраслевых специалистов, в ближайшие четыре года среднегодовой прирост рынка кормов составит около 3%. Более интенсивное увеличение будет сдерживаться ростом показателя насыщения рынков мяса птицы и свинины в условиях ограничения экспорта. Согласно экспертным мнениям, прогнозируемый рост производства комбикормов к 2022 г. по сферам животноводства будет таковым: производство комбикормов для птицы увеличится более чем на 20% и в стоимостном выражении составит порядка 18,4 млн т; для свиней – на 28% (12,8 млн т); для КРС – на 3% (2,2 млн т).

Общий объем отечественного рынка комбикорма увеличится до 33,7 млн т, а с учетом «теневых» сектора до 52 млн т. При этом, специалисты отмечают, в ближайшие два-три года активно будут развиваться такие направления, как производство составных компонентов и ингредиентов для кормов² (минералы, витамины, премиксы, антибиотики, пробиотики, пребиотики, аминокислоты и др.) (Богомолов, Колесов, Сузет, 2017; Богомолова, Котарев, Василенко, 2019; Василенко, 2017; Малыгина, Василенко, 2018).

Обобщая результаты проведенного исследования, можно с высокой долей вероятности сказать, что в среднесрочной перспективе отраслевой рынок комбикормов продолжит развиваться довольно устойчивыми темпами, хотя не исключено, что более низкими темпами, чем ранее. Согласно мнению ведущих специалистов, подобного рода

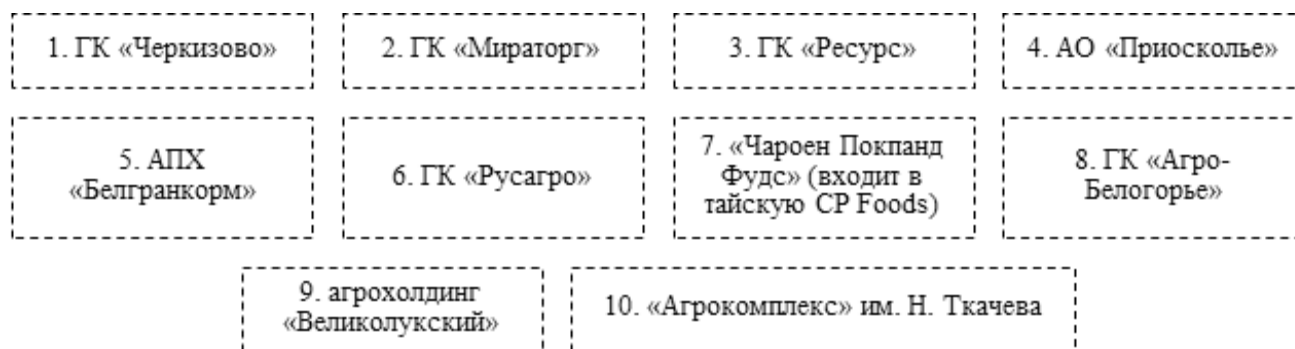


Рисунок 4. Лидеры рынка по производству комбикормов в 2019 г.

тенденции будут весьма вероятны (более 70%) и в долгосрочной перспективе.

Данные выводы базируются на двух важнейших аргументах:

- в настоящее время довольно успешно реализуются крупные инвестиционные проекты в животноводческой сфере АПК, поддерживаемые долгосрочными целевыми программами национального значения. Таким образом, отечественного комбикормового производства будет обеспечено стабильным спросом на корма в будущей перспективе;
- существует большой потенциал, как у крупных предприятий, так и у мелких производителей комбикормов, для наращивания производственных мощностей (объемов производства).

Среде наиболее реальных и потенциально опасных рисков, которые могут весьма существенно повлиять на ход и тенденции развития отечественного кормопроизводства, стоит отметить:

- высокую волатильность рынка зерновых (изменения объемов производства и высокий уровень колебания цен на фуражное зерно);
- большое количество ингредиентов для сбалансированных комбикормов, отечественные производители вынуждены закупать за рубежом (витамины, аминокислоты, антибиотики, белково-минеральные компоненты и др.);
- нестабильность и напряженность эпизоотической ситуации (все больше случаев распространения африканской чумы, птичьего гриппа, ящура и других особо опасных инфекционных заболеваний сельскохозяйственных животных) (Богомолова, Василенко, Богомолов, 2018; Савинцев, 2018, Анализ рынка комбикормов в России в 2011–2019 гг.^{1,15}).

Учитывая вероятностный баланс соотношения положительных моментов и рисков, можно сказать, что в среднесрочный период (3–5 лет) показатель среднегодового прироста рынка комбикормов будет составлять около 3%. Большему показателю роста будет препятствовать темп насыщения рынков мясом и мясными продуктами. Все это довольно вероятно при условии, если в полной мере не будет активизирован экспортный потенциал отечественной мясной индустрии. В животноводческом секторе РФ будущий прирост будет неравномерным, как в видовом отношении, так и показательном.

Таким образом, в плане обеспечения устойчивого развития данного отраслевого сегмента АПК, можно сформулировать ряд концептуальных выводов и решений рекомендательного характера, в частности:

- объем производства зернофуража должен соответствовать потребности животноводческой отрасли;
- необходимо увеличить отечественные мощности по производству белково-витаминных и минеральных добавок, так как без них производство высококачественных и сбалансированных кормов невозможно;
- необходимо активизировать работы по организации межотраслевого взаимодействия субъектов хозяйствования с целью качественного обеспечения комбикормовых предприятий вторичными ресурсами других производств (сухой жом, патока, меласса, животный и растительный жир, подсолнечных, соевый и рапсовый шрот, молочная сыворотка, мясокостная мука и др.);
- в контексте повышения независимости отечественных предприятий от импортных поставщиков необходимо внутри страны нарастить производство отечественного оборудования для комбикормовых производств (сегодня более 80% техники закупается за рубежом), а также кормовых компонентов (ферменты, витамины, аминокислоты, кормовые антибиотики, пробиотики);
- увеличить финансовую поддержку передовых научных исследований в сфере производства полнорационных кормов, а также совершенствования технико-технологического обеспечения.

Хлебопекарное производство также существенно зависит от зернового хозяйства. Проведенный анализ позволил сделать вывод о сравнительно низкой доле на внутреннем отраслевом рынке крупных хлебопекарных компаний. В настоящее время на мировом рынке работают десятки отраслевых предприятий с годовым объемом продаж свыше одного млрд долл., тогда как крупнейший российский производитель лишь недавно превысил показатель один млрд. р. Отметим, что небольшие хозяйствующие субъекты сильно зависят от воздействия внешних факторов: стоимость кредитных ресурсов (займы), уровень цен на оборудование, обслуживание и комплектующие, курс национальной валюты и т.д. Они не имеют фи-

¹⁵ Анализ рынка комбикормов в России в 2011–2019 гг. [Электронный ресурс]. URL: http://id-marketing.ru/goods/kombikormovaja_otrasl_2019_g.htm (дата обращения: 03.08.2020).

нансовой возможности проводить качественные исследовательские и конструкторские работы, принимать на себя риски, связанные с созданием и продвижением новой техники, компенсировать потери на внутреннем рынке, за счет экспортных поставок. Их основные показатели деятельности – выручка от реализации и прибыль подвержены существенным колебаниям, имеющих высокую корреляцию от объемов совершенных сделок. Значение коэффициента обновления в отрасли соответствует норме амортизации, установленного для хлебопекарного оборудования (10–12%), который рассчитывается на основе стоимости основных средств без учета их фактической стоимости, что на практике ведет к существенному завышению данного показателя. Рост коэффициентов износа машин и оборудования свидетельствует о недостаточных темпах их обновления. В целом отечественная хлебопекарная промышленность испытывает существенный дефицит инвестиционных ресурсов, что создает серьезные риски и угрозы для устойчивого развития всего отраслевого рынка (Ильина, 2016, с. 32–35).

Анализ тенденций развития рынка хлебопекарной продукции показал, что общий объем производства снижается в среднем на 2% в год. В частности, наблюдается тенденция уменьшения потребления хлебобулочных изделий именно массовых сортов хлеба (недлительного хранения). В тоже время, растут объемы производства хлебобулочных изделий длительного хранения, хлебобу-

лочных изделий пониженной влажности, объемы производства хлебобулочных полуфабрикатов, но тем не менее на текущий момент в России объемы производства хлебобулочных изделий недлительного хранения превышают объемы производства длительного хранения более чем в 7 раз^{2,3} (Рисунок 5) (Морозов, 2016).

Данные тенденции поддаются логическому объяснению, так как в настоящее время все большую популярность набирает концепция правильного (сбалансированного) питания и здорового образа жизни. Все это приводит к смене потребительских предпочтений, в частности, все больше потребителей отказываются от традиционных видов хлеба и хлебобулочных изделий в пользу цельнозерновой продукции с добавлением витаминов, минералов, клетчатки и других ингредиентов, улучшающих пищевые показатели. Кроме того, с ростом уровня доходов отдельных категорий населения, появляется тенденция уменьшения потребления дешевых традиционных (массовых) видов хлеба и повышается интерес к более дорогой, качественной и полезной продукции.

В средне- и долгосрочной перспективе ключевым драйвером развития данного отраслевого рынка выступит рост спроса на нетрадиционные сорта хлебобулочных изделий со сложной рецептурой и сбалансированным составом. Среднегодовой показатель прироста рынка составит около 2% (при условии реализации базового сценария

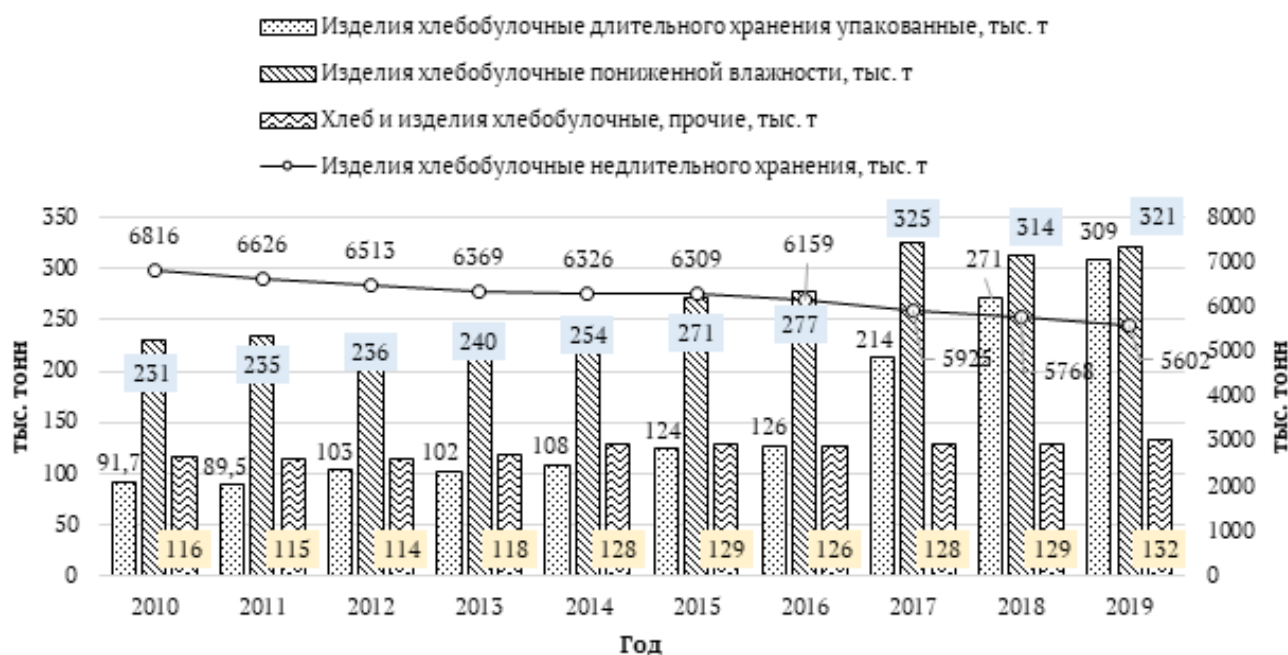


Рисунок 5. Объемы производства хлебобулочных изделий по видам

развития). В качестве ключевых факторов роста и развития, как отраслевого производства, так и рынка должны стать: модернизация производственной инфраструктуры; расширение ассортиментной линейки и повышение качества готовой продукции; ориентир на удовлетворение целевых потребностей современного покупателя хлебопекарной продукции (Крылатых, 2014, с. 8–9; Слепокурова, Василенко, 2018; Чубенко, 2018, с. 16–17).

Выводы

Таким образом, проведенные исследования динамики и тенденций развития производственной составляющей и рыночной конъюнктуры функционально-технологической цепи (зерно-комбикорм-хлеб), позволили сделать ряд конструктивных выводов. На текущий момент ускоренными темпами развивается отечественное зерновое хозяйство, что является важным фактором обеспечения устойчивого функционирования всех смежных отраслевых секторов АПК. Среди актуальных проблем, характерных для отечественного зернового производства отметим: низкий уровень качества зерновых; несбалансированность структуры посевов; необходимость повышения экологичности производства; совершенствования транспортно-логистической инфраструктуры и производственных мощностей для хранения зерновых. В нашей стране весьма успешно развивается животноводческая отрасль, что создает дополнительный стимул для наращивания кормов. Современное комбикормовое производство РФ сегодня испытывает высокий дефицит кормовых компонентов (масличные и зернобобовые культуры, БВМД, ферменты, витамины, аминокислоты, пробиотики, кормовые антибиотики). В данных обстоятельствах профильным управленческим структурам необходимо обратить на эту проблему пристальное внимание. Если рассматривать хлебопекарное производство, то стоит отметить, что данный отраслевой сегмент испытывает серьезные проблемы в плане модернизации и научно-технического развития. Основной причиной этому является низкий уровень инвестиционной привлекательности хлебопекарного производства (средний показатель рентабельности составляет 2–3%). Также на рынке преобладают небольшие компании, которые сильно зависят от внешних факторов: стоимость кредитных займов, цена импортного оборудования, курс национальной валюты, несовершенство конкуренции. Анализ показал, что общий объем производства хлебопекарной продукции снижается в среднем

на 2% в год. В частности, серьезное снижение наблюдается в сегменте хлебобулочных изделий недлительного хранения (массовые сорта), а объемы изделий длительного хранения и пониженной влажности, а также хлебобулочных полуфабрикатов увеличиваются, но, тем не менее, объемы производства массовых сортов хлебобулочных изделий превышают объемы длительного хранения более чем в 7 раз. Данные тенденции обусловлены стремлением населения к более правильному и здоровому питанию, а также ростом уровня доходов граждан, что ведет к потреблению более дорогой и качественной продукции. В среднесрочной перспективе наиболее успешным будет именно сегмент нетрадиционных сортов хлебобулочных изделий с более сложной рецептурой. Ежегодное увеличение отраслевого рынка в среднем составит около 2% (в условиях реализации базового сценария развития). Основными факторами роста должны стать: модернизация производства, повышение качества продукции и расширение ассортимента.

Авторские выводы и предложения могут быть использованы управленческими структурами в ходе разработки планов и программ развития данных отраслей, научными кадрами для более глубокого и правильного понимания сущности проблемных вопросов, а также отраслевыми производственными объединениями с целью формирования единой концепции сценарного развития данных сфер АПК.

Литература

- Алтухов А.И. Зернопродуктовый подкомплекс АПК страны: проблемы становления и развития // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2015. № 6. с. 2–7.
- Алтухов А.И. Основные проблемы развития АПК и пути их решения // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 2. с. 2–6.
- Алтухов А.И. Расширенное воспроизводство в зернопродуктовом подкомплексе – основа его устойчивого функционирования // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. с. 2–7.
- Алтухов А.И., Нечаев В.И. Экономические проблемы инновационного развития зернопродуктового подкомплекса России. М.: Изд-во Насирддинова В.В., 2015. 477 с.
- Богомолов А.В., Колесов Р.Б., Сузет Д.П.Д.С. Ключевые проблемы развития зернопродуктового подкомплекса и перспективные направления

- их решения // Экономика и предпринимательство. 2017. № 2–1(79–1). с. 721–731.
- Богомолова И.П., Василенко И.Н., Богомолов А.В. Повышение ресурсоэффективности деятельности предприятий зернопродуктового подкомплекса с учетом сырьевых факторов // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2018. № 5(101). с. 87–100. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2018-5-87-100>
- Богомолова И.П., Василенко И.Н., Котарев А.В., Малыгина Е.Н. Совершенствование системы кормового обеспечения мясного животноводства АПК на основе принятия управленческих решений инновационного типа // Современная экономика: проблемы и решения. 2019. № 1(109). с. 106–119. <https://doi.org/10.17308/meeps.2019.1/2029>
- Богомолова И.П., Котарев А.В., Василенко И.Н. Тенденции и перспективы развития отрасли животноводства мясопродуктового подкомплекса в условиях ресурсосбережения и государственного управления // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81, № 2(80). с. 301–311. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-301-311>
- Василенко И.Н. Современные методы управления предприятиями комбикормовой промышленности // Материалы LV отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2016 г. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий». Воронеж: ВГУИТ, 2017. с. 196. http://old.vsuet.ru/science/conference2017/2017-03_Vol3.pdf (дата обращения: 10.08.2020).
- Закшевский В.Г., Чарыкова О.Г. Повышение конкурентоспособности АПК региона – основа развития экспорта // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 9. с. 2–8.
- Ильина О.А. Хлебопекарная промышленность – важнейший участник продовольственного рынка России // Хлебопродукты. 2016. № 11. с. 32–35.
- Колесов Р.Б. Сбалансированное развитие зернопродуктового подкомплекса России в условиях действующей функционально-отраслевой структуры и современной системы организации // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 2, ч. 2. с. 43–49.
- Котарев А.В., Котарева А.О., Василенко И.Н. Оптимизационные решения в управлении эффективностью и инновационностью отраслевых предприятий АПК РФ // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 2(22). с. 127–136.
- Краснощекова Г.А., Редькина Т.В. Экономика, организация и планирование производства на предприятиях хранения и переработки зерна. М.: Агропромиздат, 2013. 302 с.
- Крылатых Э.Н. Развитие информационных систем для реализации многофункциональности сельского хозяйства и агропродовольственной системы // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2014. № 2. С.8–9.
- Малыгина Е.Н., Василенко И.Н. Особенности управления инновациями предприятий комбикормовой промышленности // Материалы студенческой научной конференции за 2018 г.: в 2 ч. Воронеж: ВГУИТ, 2018. Ч. 1, с. 264–265.
- Морозов Н.Г. Современное состояние хлебопекарной промышленности России // Молодой ученый. 2016. № 1. URL: <http://www.moluch.ru> (дата обращения: 27.08.2020).
- Печеная Л.Т., Богомолов А.В., Василенко И.Н., Шатохина Н.М. Перспективы развития комбикормового производства в России на основе совершенствования ресурсного обеспечения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 3. с. 8–19.
- Савинцев Д.И. Выбор стратегии развития комбикормового производства региона: подходы и принципы // Общество: политика, экономика, право. 2018. № 5. с. 105–108.
- Сидоренко О.В. Формирование и развитие хозяйственных взаимоотношений в системе зернопродуктового подкомплекса // Аграрная Россия. 2014. № 6. с. 21–25.
- Слепокурова Ю.И. Совершенствование механизмов управления развитием предприятий как фактор ускорения инновационных процессов. Материалы LV отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2016 г. Воронеж: ВГУИТ, 2017. с. 197. http://old.vsuet.ru/science/conference2017/2017-03_Vol3.pdf (дата обращения: 10.08.2020).
- Слепокурова Ю.И., Василенко И.Н. Инновационное развитие предприятий хлебопекарного подкомплекса: материалы LVI отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2017 год / под ред. С.Т. Антипова; Воронеж. гос. ун-т инж. технол. Воронеж, 2018. Ч. 3. 208 с.
- Сычева И.Н., Пермякова Е.С. Стратегический анализ внешней среды комбикормового производства региона // Экономика и бизнес: теория и практика. 2018. № 5. с. 222–230.
- Чубенко Н.Т. О современных тенденциях в производстве хлебобулочных изделий // Хлебопечение России. 2018. № 3. с. 16–17.

Bychkova S.M., Zhidkova E.A., and Eliashev D.V. Informational support as an element of state control of agriculture. information support as an element of state control of agriculture // Foods and Raw Materials. 2018. Vol. 6, no. 2. P. 467–473. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-467-473>

Lobanov V.G., Slepokurova Yu.I., Zharkova I.M., Koleva T.N., Roslyakov Yu.F., Krasteva A.P. Economic effect of innovative flour-based functional food production // Foods and Raw Materials. 2018. Vol. 6, no. 2, pp. 474–482. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-474-482>

Analytical Assessment of the Functioning of Industry Segments Vertical Grain Products, Agriculture in Russia in the Implementation of the New Agricultural Policy

Yuliya I. Slepokurova

*Voronezh State University of Engineering Technologies
19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: yuliya.orobinskaya@mail.ru*

Irina N. Vasilenko

*Voronezh State University of Engineering Technologies
19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: Iri-na_NW@bk.ru*

Irina M. Zharkova

*Voronezh State University of Engineering Technologies
19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: zharir@mail.ru*

Vladimir G. Lobanov

*Kuban State Technological University
2, Moskovskaya street, Krasnodar, 350072, Russian Federation
E-mail: lobanov@kubstu.ru*

Yury F. Roslyakov

*Kuban State Technological University
2, Moskovskaya street, Krasnodar, 350072, Russian Federation
E-mail: lizaveta_ros@mail.ru*

Alena A. Slepokurova

*Voronezh State University of Engineering Technologies
19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russian Federation
E-mail: alena_slepokurova@mail.ru*

The purpose of the study is to establish and analyze the features of the organization and functioning of economic entities of the domestic grain subcomplex, followed by determining the key problems and prospects for sustainable development in the context of the implementation of the new agricultural policy. The article deals with the basic aspects of the dynamics and trends in the development of industrial segments of the agro-industrial complex that form a single bundle of functional and technological lines (grain-feed-bread). In particular, the industry features of the production sphere and market conditions of the grain economy, feed and baking industry are established. The problem points that hinder the sustainable development of these agribusiness segments are carefully analyzed, cause-and-effect relationships are established in the overall structure and system of functioning of industrial production and food markets, conclusions are summarized and suggestions are made to improve the efficiency of the system of organization and management of industrial economic entities in conditions of permanent growth of competition, instability and risks at the meso- and macro-levels. Scientific methods of the empirical group (observation, description, measurement, comparison, expert evaluation), the theoretical group (analysis, synthesis, induction, deduction, generalization, concretization, abstraction) and the General scientific group (logical, retrospective, statistical) were used in this work. In particular, system and situational approaches were used.

Keywords: market analysis and evaluation, grain production, bakery products and feed market

References

- Altukhov A.I. Osnovnye problemy razvitiya APK i puti ikh resheniya [Main problems of agro-industrial complex development and ways of their solution]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Kursk state agricultural academy], 2014, no. 2, pp. 2–6.
- Altukhov A.I. Rasshirennoe vosproizvodstvo v zernoproduktovom podkomplekse – osnova ego us-toichivogo funktsionirovaniya [Expanded re-production in the grain subcomplex-the basis of its sustainable functioning]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Kursk state agricultural academy], 2014, no. 3, pp. 2–7.
- Altukhov A.I. Zernoproduktovyi podkompleks APK strany: problemy stanovleniya i razvitiya [Grain products subcomplex of agro industrial complex of the country: problems of formation and development]. *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii* [Economy of agricultural and processing enterprises], 2015, no. 6, pp. 2–7.
- Altukhov A.I., Nechaev V.I. Ekonomicheskie problemy innovatsionnogo razvitiya zernoproduktovogo podkompleksa Rossii. [Economic problems of innovative development of the grain subcomplex of Russia]. Moscow: Nasiriddinova V.V. Publishing House, 2015. 477 p.
- Bogomolov A.V., Kolesov R. B., Suzet D. P. D. S. Klyuchevye problemy razvitiya zernoproduktovogo podkompleksa i perspektivnye napravleniya ikh resheniya [Key problems of development of the grain subcomplex and perspective directions of their solution]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and entrepreneurship], 2017, no. 2–1(79–1), pp. 721–731.
- Bogomolova I.P., Kotarev A.V., Vasilenko I.N. Tendentsii i perspektivy razvitiya otrasli zhivotnovodstva myasoproduktovogo podkompleksa v usloviyakh resursosberezheniya i gosudarstvennogo upravleniya [Trends and prospects of development of the livestock industry of the meat-product subcomplex in terms of resource conservation and public administration]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Bulletin of the voronezh state university of engineering technologies], 2019, vol. 81, no. 2(80), pp. 301–311. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-301-311>
- Bogomolova I.P., Vasilenko I.N., Bogomolov A.V. Povyshenie resursoeffektivnosti deyatel'nosti predpriyatii zernoproduktovogo podkompleksa s uchetom syr'evykh faktorov [Improving the resource efficiency of enterprises of the grain subcomplex taking into account raw factors] *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova* [Vestnik of the Plekhanov russian university of economics], 2018, no. 5(101). pp. 87–100. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2018-5-87-100>
- Bogomolova I. P., Vasilenko I. N., Kotarev A.V., Malygina E. N. Sovershenstvovanie sistemy kormovogo obespecheniya myasnogo zhivotnovodstva APK na osnove prinyatiya upravlencheskikh reshenii innovatsionnogo tipa. [Improvement of the system of fodder supply for meat livestock farming based on management decisions of innovative type]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya* [Modern economics: Problems and solutions], 2019, no. 1(109), pp. 106–119. <https://doi.org/10.17308/meps.2019.1/2029>
- Chubenko N.T. O sovremennykh tendentsiyakh v proizvodstve khlebobulochnykh izdelii. [On modern trends in the production of bakery products]. *Khlebopechenie Rossii*. [Bread making in Russia], 2018, no. 3, pp. 16–17.
- Ilina O.A. Khlebopekarnaya promyshlennost – vazhneishii uchastnik prodovol'stvennogo rynka Rossii [Bakery industry – the most important participant of the food market of Russia]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2016, no. 11, pp. 32–35.
- Kolesov R.B. Sbalansirovannoe razvitie zernoproduktovogo podkompleksa Rossii v usloviyakh deistviyushchei funktsionalno-otraslevoi struktury i sovremennoi sistemy organizatsii [Balanced development of the grain subcomplex of Russia in the current functional and industry structure and modern organization system]. *Konkurentosposobnost v globalnom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii*. [Competitiveness in the global world: economy, science, technology], 2017, no. 2, part 2, pp. 43–49.
- Kosarev A.V., Kosareva A.O., Vasilenko I.N. Optimizatsionnye resheniya v upravlenii effektivnost'yu i innovatsionnost'yu otraslevykh predpriyatii APK RF [Optimization solutions in the management of the efficiency and innovativeness of the industry enterprises of agroindustrial complex of Russia]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy* [Innovation in agriculture: problems and prospects], 2019, no. 2(22). pp. 127–136.
- Krasnoschekova G.A., Redkina T.V. Ekonomika, organizatsiya i planirovanie proizvodstva na predpriyatiyakh khraneniya i pererabotki zerna. [Economics, organization and planning of production at the enterprises of storage and processing of grain]. Moscow: Agropromizdat, 2013. 302 P.
- Krylatykh E.N. Razvitie informatsionnykh sistem dlya realizatsii mnogofunktsional'nosti sel'skogo khozyaistva i agroprodovol'stvennoi sistemy [Development of information systems for re-

- alization of multi-functionality of agriculture and agro-food system]. *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii*. [Economics of agricultural and processing enterprises], 2014, no. 2, pp. 8–9.
- Malygina E.N., Vasilenko I.N. Osobennosti upravleniya innovatsiyami predpriyatii kombikormovoi promyshlennosti. [Features of innovation management of enterprises in the animal feed industry]. In *Materialy studencheskoi nauchnoi konferentsii za 2018 g.* [Proceedings of the student scientific conference for 2018]. Voronezh: VGUIT, 2018. Part 1, pp. 264–265.
- Morozov N.G. Sovremennoe sostoyanie khlebopekarnoi promyshlennosti Rossii [The Current state of the baking industry in Russia]. *Molodoi uchenyi* [Young scientist], 2016, no. 1. URL: <http://www.moluch.ru> (accessed 27.01.2020).
- Pechenaya L.T., Bogomolov A.V., Vasilenko I.N., Shatokhina N.M. Perspektivy razvitiya kombikormovogo proizvodstva v Rossii na osnove sovershenstvovaniya resursnogo obespecheniya [Prospects for the development of feed production in Russia based on improving resource provision]. *Khranenie i pererabotka selkhozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2019, no. 3, pp. 8–19.
- Savintsev D.I. Vybor strategii razvitiya kombikormovogo proizvodstva regiona: podkhody i printsipy [Choosing a strategy for the development of feed production in the region: approaches and principles]. *Obshchestvo: politika, ekonomika, pravo* [Society: politics, economics, law], 2018, no. 5. pp. 105–108.
- Sidorenko O.V. Formirovanie i razvitie khozyaistvennykh vzaimootnoshenii v sisteme zernoproduktovogo podkompleksa [Formation and development of economic relations in the system of grain subcomplex]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2014, no. 6, pp. 21–25.
- Slepokurova Y.I., Vasilenko I.N. Innovatsionnoe razvitie predpriyatii khlebopekarnogo podkompleksa: materialy LVI otchetnoi nauchnoi konferentsii prepodavatelei i nauchnykh sotrudnikov VGUIT za 2017 god. [Innovative development of enterprises in the bakery sector: Proceedings of the 56th reporting scientific conference of VSUIT teachers and researchers for 2017]. Voronezh: VGUIT, 2018. Part 3. 208 p.
- Slepokurova Yu.I. Sovershenstvovanie mekhanizmov upravleniya razvitiem predpriyatii kak faktor uskoreniya innovatsionnykh protsessov [Improvement of management mechanisms for enterprise development as a factor of acceleration of innovative processes]. In *Materialy 55 otchetnoi nauchnoi konferentsii prepodavatelei i nauchnykh sotrudnikov VGUIT za 2016 g.* FGBOU VO «Voronezhskii gosudarstvennyi universitet inzhenernykh tekhnologii» [Proceedings of the 55th reporting scientific conference of Voronezh State University of Engineering Technologies for Teachers and Researchers for 2016]. Voronezh: VGUIT, 2017. 197 P. URL: http://old.vsu-et.ru/science/conference2017/2017-03_Vol3.pdf (accessed 10.08.2020).
- Sycheva I.N., Permyakova E. S. Strategicheskii analiz vneshnei sredy kombikormovogo proizvodstva regiona [Strategic analysis of the external environment of feed production in the region]. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*. [Economics and business: theory and practice], 2018, no. 5, pp. 222–230.
- Vasilenko I.N. Sovremennye metody upravleniya predpriyatiyami kombikormovoi promyshlennosti [Modern methods of management of feed industry enterprises]. In *Materialy 55 otchetnoi nauchnoi konferentsii prepodavatelei i nauchnykh sotrudnikov VGUIT za 2016 god.* FGBOU VO «Voronezhskii gosudarstvennyi universitet inzhenernykh tekhnologii» [Proceedings of the 55th reporting scientific conference of teachers and researchers of Voronezh state university of engineering technologies for 2016]. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies, 2017. 196 P. URL: http://old.vsu-et.ru/science/conference2017/2017-03_Vol3.pdf (accessed 10.08.2020).
- Zakshevsky V.G., Charykova O.G. Povyshenie konkurentosposobnosti APK regiona – osnova razvitiya eksporta [Improving the competitiveness of the region's agricultural sector-the basis for export development]. *Ekonomika selskogo khozyaistva Rossii* [Economics of agriculture in Russia], 2017, no. 9, pp. 2–8.
- Bychkova S.M., Zhidkova E.A., Eliashev D.V. Informatsionnaya podderzhka kak element gosudarstvennogo kontrolya v selskom khozyaistve [Information Support as an Element of State Control of Agriculture]. *Foods and Raw Materials*, 2018, vol. 6, no. 2, pp. 467–473. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-467-473>
- Lobanov V.G., Slepokurova Yu.I., Zharkova I.M., Koleva T.N., Roslyakov Yu.F., Krasteva A.P. Economic Effect of Innovative Flour-Based Functional Food Production. *Foods and Raw Materials*, 2018, vol. 6, no. 2, pp. 474–482. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-474-482>

Современные разработки в области пищевых эмульгаторов и их применение в пищевой промышленности: состояние и перспективы

Ксенафонтов Денис Николаевич

ООО «Зеленые линии»

Адрес: 143405, Московская область, город Красногорск, Ильинский тупик, дом 6 итк 35

E-mail: ksefontov@ssnab.ru

Вьюшинский Павел Александрович

ООО «Зеленые линии»

Адрес: 143405, Московская область, город Красногорск, Ильинский тупик, дом 6 итк 35

E-mail: vyushinskij@ssnab.ru

Загородников Константин Андреевич

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Адрес: 125371, город Москва, Волоколамское шоссе, 11

E-mail: pss28@mail.ru

Якушев Алексей Олегович

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Адрес: 125371, город Москва, Волоколамское шоссе, 11

E-mail: pss28@mail.ru

В настоящее время объемы потребления эмульгаторов в большой степени определяются развитием отраслей-потребителей пищевой промышленности: масложировой, хлебопекарной и кондитерской. При финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Московский государственный университет пищевых производств, совместно с ООО «Зеленые линии» реализует проект «Разработка технологии и создание отечественного производства пищевых эмульгаторов путём глубокой переработки масложирового сырья»¹. В рамках проекта был проведен анализ уровня технических решений по существующим патентам на изобретения и полезные модели, заявкам на изобретения (защищенных в ведущих промышленно-развитых странах мира – России, Соединенных Штатах Америки, Японии, Кореи, Германии, Франции, Великобритании, Китае, Италии, Украине, Австрии, и опубликованным за период с января 1999 года по декабрь 2019 года). Параллельно, был разработан ряд устройств, позволяющие повысить эффективность технологических процессов по производству пищевых эмульгаторов (блок нейтрализации рапсового масла с обогреваемой центрифугой; блок глицеролиза гидрогенизированного масла с обогреваемым фильтром; блок гидрирования рапсового масла при использовании мешалки с магнитной муфтой). Совершенно очевидно, что создание новых технических решений и производственных технологий по разработке и производству современных эмульгаторов для пищевой промышленности представляется необходимым, что требует реализации подобных проектов на перманентной основе.

Ключевые слова: эмульгатор, разработка, техническое решение, производство, новизна, пищевая промышленность.

Введение

На фоне комплекса мер по техническому обновлению производственного потенциала, внедрению ресурсо- и энергосберегающих технологий, сокращающих потери на всех стадиях производства и

реализации готовой продукции современное состояние развития масложирового производства характеризуется наращиванием выпуска продукции (Пасынков, Дуванова, 2015, с. 102). Любая технологическая система развивается эволюционно, путем постепенного улучшения и обновления ее частей.

¹ Разработка технологии и создание отечественного производства пищевых эмульгаторов путем глубокой переработки масложирового сырья: отчет о патентных исследованиях / ФГБОУ ВО «МГУПП». М.: ФГБОУ ВО «МГУПП», 2019. 200 с.

При этом не только улучшение, но и поддержание технологического уровня требуют определенного обновления технологических цепей и нуждается в капитальных вложениях. Поэтому для эффективного технологического и технического развития отрасли важны новые технические решения и инвестиции, эффективность которых невозможна без современного рыночного механизма распространения и взаимодействия инноваций. Достижению таких научно-технических целей способствует реализация проектов в области разработки новых технологий производства пищевых эмульгаторов.

На сегодняшний день наибольшее количество технических решений, в области разработки пищевых эмульгаторов, направлено на повышение производительности способа обработки жиров и масел, улучшение биологических свойств продукта, улучшение органолептических свойств продукта, повышение стабильности эмульсии². Данные технико-экономические показатели имеют тенденцию к постоянному росту, что необходимо учитывать при разработке отечественного производства пищевых эмульгаторов с целью обеспечения их конкурентных преимуществ. Значительное число существующих технических решений направлено на упрощение технологии обработки жиров и масел, повышение экологичности способа обработки жиров и масел (Чумаков, Гладкий 2006; Лукин, 2013, с. 15-20). Очевидно, что подобная тенденция предопределяет улучшение соответствующих показателей в ближайшей перспективе.

Реже патентуются результаты интеллектуальной деятельности, связанные с увеличением срока службы эмульсии, расширением ассортимента масложировых эмульсий. По всей видимости, это обусловлено тем, что данные показатели в меньшей степени соответствуют первоочередным требованиям потребителей, т.к. в данном случае исходят из предпосылки, что чем чаще изобретатели направляют свои усилия на улучшение какого-либо показателя объекта техники, тем более значим этот показатель для потребителей.

Проанализированный массив патентных документов по периодическим изданиям патентных ведомств и по полным описаниям по классам МПК, НПК, в области разработки пищевых эмульгаторов, позволяет выделить наиболее эффективные результаты интеллектуальной деятельности,

обладающие высоким показателем научно-технической значимости (относительной характеристики научно-технической ценности изобретения), которая характеризуется влиянием изобретения на технико-экономические показатели ТЭП продукции (т.е. на ее технический уровень)³. Нередко встречаются технические решения, направленные на улучшение не одного, а сразу нескольких технико-экономических показателей.

Для успешного выхода на рынок с какой-либо продукцией и сохранения на нем конкурентных преимуществ длительное время, необходимо исследовать тенденции развития отдельных видов продукции в конкретной стране или регионе. Одним из основных условий обеспечения конкурентоспособности продукции является обеспечение соответствия ее качества требованиям потребителей.

Информация об изобретениях и других объектах промышленной собственности становится доступной широкому кругу пользователей раньше (на 3–5 лет) появления на рынке продукции с использованием этих изобретений. Это позволяет прогнозировать ситуацию на рынке продукции на основе анализа патентной информации с некоторым упреждением во времени, достаточным для выработки необходимых управленческих решений.

Выявленные технические решения в основном относятся к пищевым эмульгаторам, произведенным путем глубокой переработки масложирового сырья, а также способам гидрирования масел и дистиллированных жирных кислот.

Соотношение числа заявок по странам-потребителям

Анализ общего количества заявок по исследуемой тематике по странам-заявителям в статике, к которым относятся наиболее промышленно-развитые страны мира – России, Соединенных Штатах Америки, Японии, Корее, Германии, Франции, Великобритании, Китае, Италии, Украине, Австрии позволил зафиксировать следующее их соотношение (Рисунок 1).

Если представить в процентном соотношении общее количество поданных заявок за последние 20 лет в патентные ведомства каждой из изучаемых стран, можно увидеть, что наибольшую заин-

² Нагорнов С.А., Дворецкий Д.С., Романцова С.В., Таров В.П. Техника и технологии производства и переработки растительных масел: учебное пособие. Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 96 с.

³ Акаева Т.К., Петрова С.Н. Основы химии и технологии получения и переработки жиров: учебное пособие. Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет, 2007. Ч. 1. 124 с.

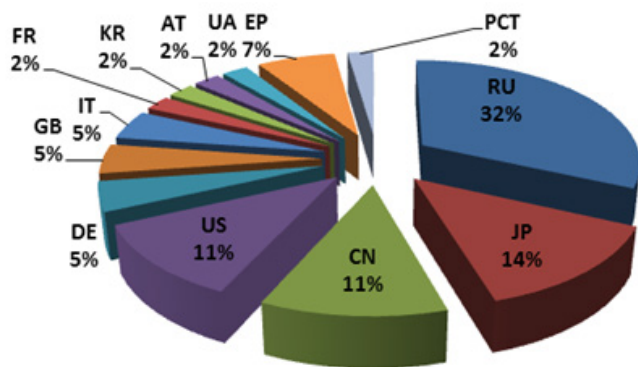


Рисунок 1. Соотношение числа заявок по странам-заявителям

интересованность в изучении глубокой переработки масложирового сырья проявляют российские авторы-разработчики Абрамзон А.А., Панкратов В.А., Паронян В.Х. Пулу наиболее известных авторов-разработчиков принадлежит преобладающая доля (32%) опубликованных в мире технических решений по исследуемой тематике.

Существенный интерес к изучаемой теме прослеживается у японских изобретателей – ими создано 14% мировых разработок, направленных на разработку пищевых эмульгаторов. 11% составляют китайские технические решения и 11% – разработки американских ученых. 5% принадлежат изобретателям из Германии, а также по 5% у изобретателей из Великобритании и Италии. 2% приходится на технические решения, оформленные с приоритетом во Франции, 2% – с приоритетом в Корее, 2% – с приоритетом в Австрии и 2% – с приоритетом на Украине. 7% приходится на технические решения с приоритетом в Европейском патентном ведомстве и 2% – разработки, оформленные в соответствии с международным договором о патентной кооперации (РСТ).

Перспективные направления исследований

Ведущими компаниями в разработке технологии производства пищевых эмульгаторов являются американская фирма Unilever bestfoods north am, датские фирмы Danisco и Soee joern borch, организация Unilever plc из Великобритании. В числе этих компаний присутствуют фирмы, наиболее активно патентующие технические решения и осваивающие национальные рынки продукции, а также те, которые обладают широким рынком реализации своей продукции во многих странах мира, что говорит о высокой актуальности исследуемой проблемы.

Наиболее значимым показателем тенденций применения каталитических процессов при гидролизе жирных кислот, определяющим их конкурентоспособность, являются повышение производительности способа обработки жиров и масел, улучшение биологических свойств продукта, улучшение органолептических свойств продукта, повышение стабильности эмульсии. Реже патентуются результаты интеллектуальной деятельности, связанные с упрощением технологии обработки жиров и масел, повышением экологичности способа обработки жиров и масел. Тем не менее, данные показатели также важны для потребителя.

В рамках проведенного анализа тенденций и патентных разработок, было определено одно из перспективных направлений, которое актуально для дальнейшего развития. Этим направлением является глубокая переработка масложирового сырья. При финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Московский государственный университет пищевых производств, совместно с ООО «Зеленые линии» реализует проект «Разработка технологии и создание отечественного производства пищевых эмульгаторов путём глубокой переработки масложирового сырья»

В рамках рассматриваемого проекта при разработке технологии глубокой переработки масложирового сырья использовано рапсовое масло. К основным причинам выбора данного направления относятся следующие:

- рапсовое масло относится к умеренно ненасыщенным (т.н. «полувывсыхающим») маслам, оно хорошо гидрируется: как на никелевых, так и на палладиевых катализаторах. В результате переэтерификации получается смесь из 20–25 изомеров.
- одними из наиболее важных продуктов глубокой переработки растительных масел и жиров (в т.ч. – животных) являются т.н. «олигоглицериды» сложные моно- и ди- эфиры глицерина и карбоновых кислот – от уксусной (моноацетин и диацетин) до жирных кислот таких, как олеиновая (ц-С18:1), пальмитиновая (С16:0) и стеариновая (С18:0). Глицериды этих кислот являются наиболее существенными компонентами почти всех жиров. Молекулы данных олигоглицеридов содержат в себе гидрофобный остаток высшей жирной кислоты (в положении 1 или 2 глицерина) и гидрофильный остаток глицерина. Эти вещества обнаруживают спектр ценных химических свойств, имеющих применение в пищевой промышленности для изготовления эмульгаторов.

- одним из важных свойств является способность этих веществ образовывать и стабилизировать прямые и обратные эмульсии типа «масло в воде» и «вода в масле». Таким образом, эти соединения относятся к неионогенным поверхностно-активным веществам, которые в свою очередь применяются для изготовления продукции различного назначения.

Устройства, позволяющие повысить эффективность технологических процессов по производству пищевых эмульгаторов

В рамках выполнения работ по описываемому проекту к текущему моменту были разработаны несколько устройств, позволяющие повысить эффективность технологических процессов по производству пищевых эмульгаторов. К этим устройствам относятся:

- блок нейтрализации рапсового масла с обогреваемой центрифугой;
- блок глицеролиза гидрогенизированного масла с обогреваемым фильтром;
- блок гидрирования рапсового масла при использовании мешалки с магнитной муфтой.

Рассмотрим разработанные устройства более подробно.

Блок нейтрализации рапсового масла с обогреваемой центрифугой состоит из следующих основных элементов: двигатель, емкость, клапаны, воронка, трубопроводы, мешалка, циркуляционный насос, вакуумный насос, обогреваемая центрифуга (Рисунок 2).

Устройство работает следующим образом. Емкость вакуумируется, жидкое рапсовое масло засасывается в емкость, включаются мешалка с магнитной муфтой и вакуумный насос, масло нагревается до 110–120°C и циркулируется циркуляционным насосом для удаления влаги. После высушивания масла через воронку подачи сухих компонентов засасывается катализатор, емкость несколько раз продувается аргоном для удаления растворенного кислорода. Открывается подача водорода для создания рабочего давления (до 20 бар), включается нагреватель. Реакция проводится под температурным контролем. Первичный нагрев ведется до 120–140°C, затем смесь разогревается самопроизвольно благодаря экзотермическому эффекту при

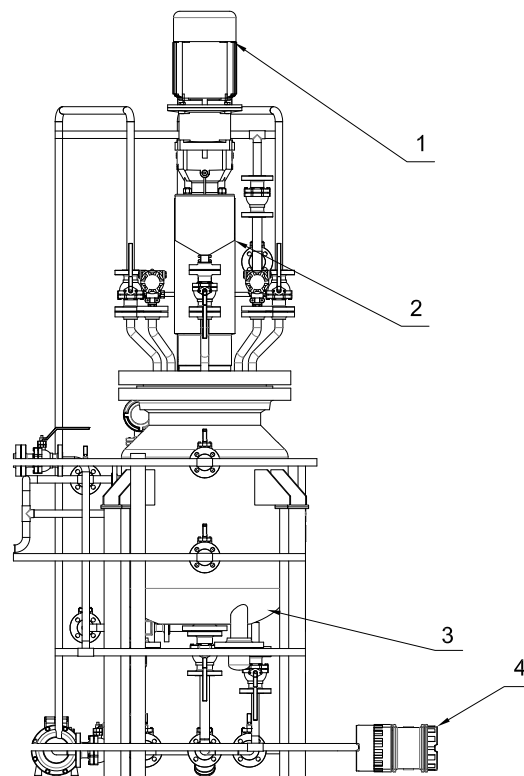


Рисунок 2. Блок нейтрализации рапсового масла: 1 – бак обогреватель, 2 – фильтр, 3 – емкость, 4 – обогреваемая центрифуга

поглощению водорода. Температура контролируется в пределах 200°C. После окончания реакции прекращается подача водорода, смесь охлаждается подачей теплоносителя (воды) в контур охлаждения. Охлаждение ведется до 100–105°C. Избыточное давление снимается путем стравливания в атмосферу. Емкость вакуумируется и несколько раз продувается аргоном для удаления растворенного водорода. Для осаждения катализатора через воронку подачи сухих компонентов засасывается отбельная глина, ведется перемешивание в течение 1 часа, затем смесь с температурой 90–100°C пропускается через фильтр для удаления отработанного катализатора и направляется на выгрузку или по обогреваемому трубопроводу в реакторы.

Технический эффект, обеспечиваемый рассматриваемым устройством, заключается в более эффективном насыщении масла водородом, улучшении растворения водорода в масле и увеличения скорости перемешивания рапсового масла.

Блок глицеролиза гидрогенизированного масла с обогреваемым фильтром состоит из следующих основных элементов: двигатель, емкость, клапаны, воронка, трубопроводы, мешалка, циркуля

Устройство работает следующим образом. Расплавленное гидрогенизированное рапсовое масло перекачивается в емкость извне (засасыванием с предварительным вакуумированием емкости). Включаются нагрев и перемешивание. Емкость вакуумируется и несколько раз продувается аргоном для удаления растворенного кислорода. В емкость подается рассчитанное количество воды, после чего смесь нагревается до 220–250°C и выдерживается в течение необходимого времени. После окончания реакции смесь охлаждается до 90–95°C, перемешивание выключается. После того как произойдет разделение жировой и водно-глицериновой фаз, последняя (нижняя) фаза сливается через кран выгрузки в нижней части емкости. В емкость заливается новая порция воды, процедура повторяется до этапа охлаждения смеси включительно. Вторая порция водно-глицериновой смеси сливается через кран выгрузки. Данная порция подвергается предварительной очистке от мелкодисперсных примесей шлама путём прямой фильтрации потока через обогреваемый фильтрующий элемент. Материал фильтрующего элемента должен быть устойчив к неполярным растворителям, выдерживать давление 30 бар и иметь размер пор 0,7–

2 мкм. Продукты реакции (смесь жирных кислот) направляется на стадию молекулярной дистилляции. Благодаря стадии фильтрации, поступающий на молекулярную дистилляцию продукт не загрязняет систему и ускоряет данный процесс приводя к более качественному отделению целевых продуктов реакции.

Технический эффект, обеспечиваемый рассматриваемым устройством, заключается в повышении эффективности выделения шлама и других негативных продуктов химической реакции, что приводит увеличению качества разделения шлама и продуктов реакции.

Блок гидрирования рапсового масла состоит из следующих основных элементов: двигатель, емкость, клапаны, воронка, трубопроводы, мешалка с магнитной муфтой, циркуляционный насос, вакуумный насос (Рисунок 4).

Устройство работает следующим образом. Емкость вакуумируется, жидкое рапсовое масло засасывается в емкость, включаются мешалка с магнитной муфтой и вакуумный насос, масло нагревается до 11–120°C и циркулируется циркуляционным насосом для удаления влаги. После высушивания масла через воронку подачи сухих компонентов засасывается катализатор, емкость несколько раз продувается аргоном для удаления растворенного кислорода. Открывается подача водорода для создания рабочего давления (до 20 бар), включается нагреватель. Реакция проводится под температурным контролем. Первичный нагрев ведется до 120–140°C, затем смесь разогревается самопроизвольно благодаря экзотермическому эффекту при поглощении водорода. Температура контролируется в пределах 200°C. После окончания реакции перекрывается подача водорода, смесь охлаждается подачей теплоносителя (воды) в контур охлаждения. Охлаждение ведется до 100–105°C. Избыточное давление снимается путем стравливания в атмосферу. Емкость вакуумируется и несколько раз продувается аргоном для удаления растворенного водорода. Для осаждения катализатора через воронку подачи сухих компонентов засасывается отбельная глина, ведется перемешивание в течение 1 часа, затем смесь с температурой 90–100°C пропускается через фильтр для удаления отработанного катализатора и направляется на выгрузку или по обогреваемому трубопроводу в реакторы.

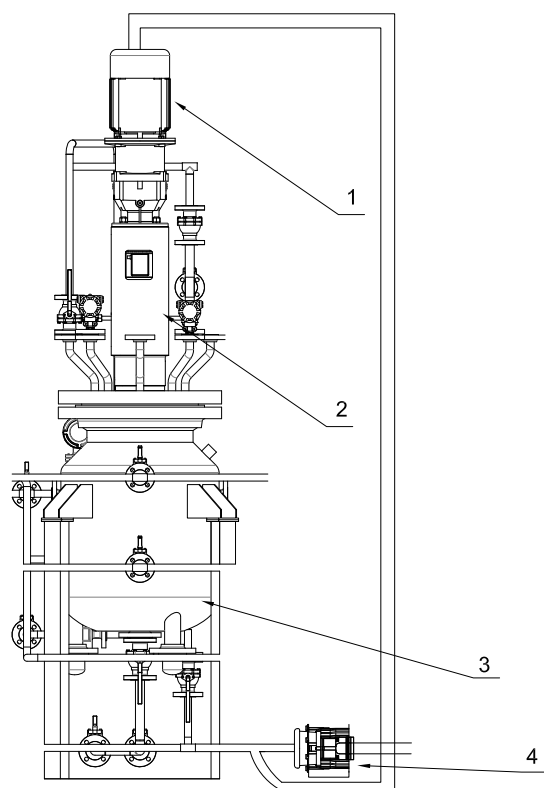


Рисунок 3. Блок глицеролиза гидрогенизированного масла: 1 – бак обогреватель, 2 – фильтр, 3 – емкость, 4 – обогреваемый фильтр

Технический эффект, обеспечиваемый рассматриваемым устройством, заключается в более эффективном насыщении масла водородом, улучшении

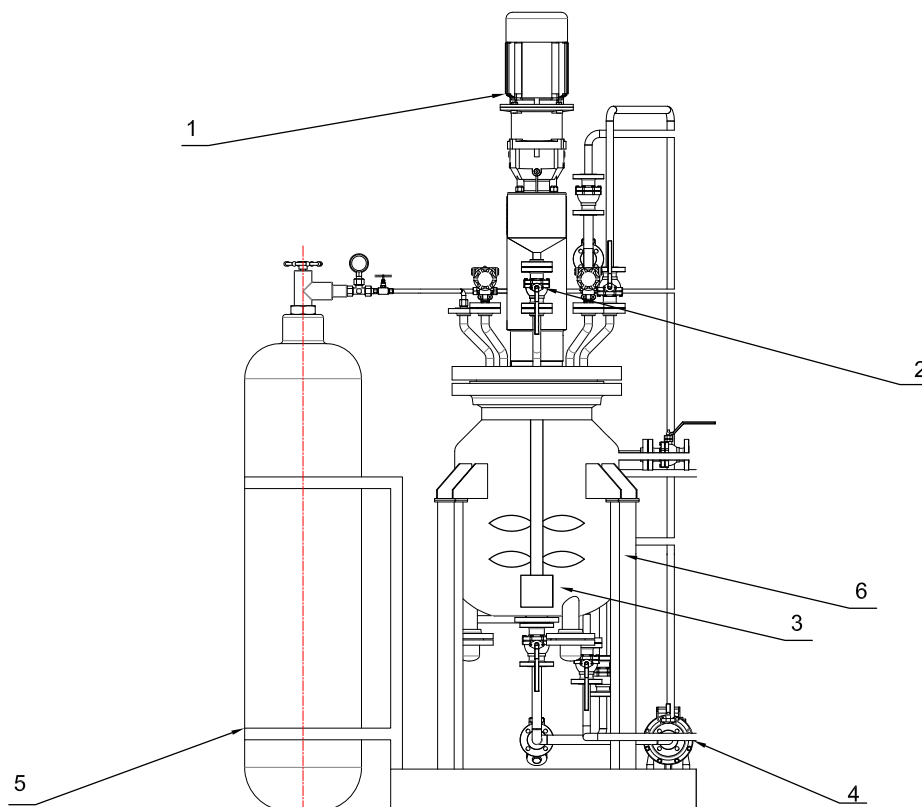


Рисунок 4. Блок гидрирования рапсового масла: 1 – нагревательно-насосное устройство, 2 – фильтр, 3 – мешалка с магнитной муфтой, 4 – насос, 5 – газовый баллон, 6 – емкость

растворения водорода в масле и увеличения скорости перемешивания рапсового масла.

Выводы

На современном этапе в мире широко развита – и продолжает интенсивно развиваться комплексная переработка масличных культур, которая заключается не только в получении растительных масел различного назначения, использующихся в пищевой промышленности; высших жирных кислот, использующихся в различных отраслях химической промышленности, а также глицерина пищевого и фармацевтического назначения, фосфолипидов, но и других химических соединений. В основе этой переработки лежат процессы гидрогенизации, переэтерификации и расщепления жиров.

Состояние развития масложирового производства характеризуется наращиванием выпуска продукции, что требует осуществления комплекса мер по техническому обновлению производственного потенциала, внедрению ресурсо- и энергосберегающих технологий, сокращающих потери на всех стадиях производства и реализации готовой

продукции. Любая технологическая система развивается эволюционно, путем постепенного улучшения и обновления ее частей. При этом не только улучшение, но и поддержание технологического уровня требуют определенного обновления технологических цепей и в этой связи нуждается в капитальных вложениях. Поэтому для нормального технологического и технического развития отрасли важны инвестиции, эффективность которых невозможна без современного рыночного механизма распространения и взаимодействия инноваций. Масложировая промышленность характеризуется неоднородностью технологического пространства, поэтому эффективность инновационных процессов отрасли полностью зависит от достижения большей однородности, т. е. отмирания устаревших и возникновения технологически прогрессивных производств. Неоднородность инновационных процессов определяет неравномерность научно-технического прогресса и экономического развития масложировой промышленности и наоборот.

Рапсовое масло хорошо подвергается гидрированию на катализаторах платиновой группы, а её дистилляция – сложный и весьма энергоёмкий процесс. Вакум-дистилляционные установки гро-

моздки – и требуют значительных объёмов производственных помещений и инвестиций в их оптимизацию. Представляется целесообразным изучение конкурентоспособности альтернативного пути: прямого химического синтеза целевых продуктов, что может позволить получать сразу продукт высокой чистоты, и как следствие значительно упростить выделение и очистку, а также повысить интенсивность производства.

Проекты, по примеру описанного выше, позволят достичь указанные ориентиры с максимально практико-ориентированным акцентом, что актуализирует их востребованность не только для производственного сектора, но и для развития университетской науки.

Финансирование

Рассматриваемый проект реализуется при финансовой поддержке Министерства науки и высшего

образования РФ (Соглашение 075-11-2019-042 от «26» ноября 2019 г.).

Литература

- Лукин А.А. Основные направления совершенствования технологических процессов в масложировой промышленности // *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2013. Т. 1. № 1. С. 15-20.
- О’Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / пер. с англ. В.Д. Широкова, Д.А. Байбекина, Н.С. Селиванова, Н.В. Магды. 2-е изд. СПб.: *Профессия*, 2007. 752 с.
- Пасынкова О.М., Дуванова Ю.Н. Основные аспекты инновационной политики на перерабатывающих предприятиях // *Экономика. Инновации. Управление качеством*. 2015. № 4(13). С. 102.
- Чумак О.П., Гладкий Ф.Ф. *Научно-практические основы технологии жиров и жирозаменителей*. М.: НТУ ХПИ, 2006. 175 с.

Modern Developments in the Field of Food Emulsifiers and Their Application in the Food Industry

Denis N. Ksenafontov

LLC "Green lines"

6, Ilyinsky blind alley, Krasnogorsk city, Moscow region, 143405, building 6 itk 35

E-mail: ksenafontov@ssnab.ru

Pavel A. V'jushinskij

LLC "Green lines"

6, Ilyinsky blind alley, Krasnogorsk city, Moscow region, 143405, building 6 itk 35

E-mail: vyushinskij@ssnab.ru

Konstantin A. Zagorodnikov

Moscow State University of Food Production

11, Volokolamskoe highway, 11, Moscow, 125371, Russian Federation

E-mail: pss28@mail.ru

Aleksej O. Jakushev

Moscow State University of Food Production

11, Volokolamskoe highway, 11, Moscow, 125371, Russian Federation

E-mail: pss28@mail.ru

The consumption of emulsifiers is largely determined by the development of consumer industries in the food industry: fat and oil, bakery and confectionery nowadays. The interaction of emulsifiers with flour proteins strengthens the gluten, which leads to an increase in the plasticity of the dough, an improvement in porosity, crumb structure, and a slowdown in staling in the production of bakery products. In margarine, the effect of emulsifiers determines the shelf life, sprayability when heated, and taste. In the production of chocolate, chocolate glazes, the addition of an emulsifier reduces the viscosity and improves the fluidity of chocolate masses, due to the effect on the crystallization of cocoa butter. The addition of emulsifiers to milk powder, cream powder, soups facilitates and accelerates the dilution of dry products in water. Emulsifiers are used to distribute water-insoluble flavors, essential oils, and spice extracts in beverages and food. With the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the Moscow State University of Food Production, together with OOO Zelenye Linii, is implementing the project "Development of technology and creation of domestic production of food emulsifiers by deep processing of fat and oil raw materials." An analysis of the level of technical solutions for the identified patents for inventions and utility models, applications for inventions protected in the leading industrialized countries of the world - Russia, the United States of America, Japan, Korea, Germany, France, Great Britain, China, Italy, Ukraine, Austria, practically published between January 1999 and December 2019. Some devices were developed within the framework of the project to improve the efficiency of technological processes for the production of food emulsifiers (a unit for neutralizing rapeseed oil with a heated centrifuge, a unit for glycerolysis of hydrogenated oil with a heated filter, a unit for hydrogenating rapeseed oil using a stirrer with a magnetic coupling). The creation of new technical solutions and technologies for the development and production of modern emulsifiers for the food industry is the area of our research in particular, in the direction of fat and oil production.

Keywords: emulsifier, development, technical solution, production, novelty, food industry

References

Chumak O.P., Gladkii F.F. Nauchno-prakticheskie osnovy tekhnologii zhirov i zhirozamenitelei [Scientific and practical bases of technology of fats and fat substitutes]. Moscow: NTU KhPI, 2006. 175 p.

Lukin A.A. Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh protsessov v maslo-zhirovoy promyshlennosti [The main directions of improving technological processes in the fat and oil industry]. Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the

- South Ural State University], 2013, vol. 1, no. 1, pp. 15–20.
- O’Braien R. Zhiry i masla. Proizvodstvo, sostav i svoistva, primeneniye [Fats and oils. Production, composition and properties, application]. 2nd ed. S-Petersburg: Professiya, 2007. 752 p.
- Pasynkova O.M., Duvanova Yu.N. Osnovnye aspekty innovatsionnoi politiki na pererabatyvayushchikh predpriyatiyakh [The main aspects of innovation policy in processing plants]. Ekonomika. innovatsii. Upravleniye kachestvom [Economy. Innovation. Quality control], 2015, no. 4(13), p. 102.