ISSN 2313-1748

КемТИПП

Техника и технология пищевых производств

Food Processing: Techniques and Technology

№ 1'17

Министерство образования
и науки Российской Федерации

Кемеровский технологический
институт пищевой
промышленности (университет)

**ТЕХНИКА
И ТЕХНОЛОГИЯ
ПИЩЕВЫХ
ПРОИЗВОДСТВ
№ 1 (44), 2017**

**Научно-технический
журнал**
Издается с 1998 года

Главный редактор
А.Ю. Просеков, доктор технических наук, профессор РАН, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники;
Зам. главного редактора
Е.А. Жидкова, кандидат экономических наук, доцент;
Редакционная коллегия:
П.П. Баранов, доктор экономических наук, доцент;
Г.Б. Гаврилов, доктор технических наук, заслуженный работник пищевой индустрии;
Г.В. Гуринович, доктор технических наук, профессор;
Г.А. Жданова, кандидат педагогических наук, доцент;
В.П. Зотов, доктор экономических наук, профессор;
В.Н. Иванец, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки, почетный работник высшего профессионального образования РФ;
Т.А. Краснова, доктор технических наук, профессор, заслуженный эколог РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ;
Л.А. Маюрникова, доктор технических наук, профессор;
Л.А. Остроумов, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники;
В.М. Позняковский, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки, почетный работник высшего профессионального образования РФ;
В.А. Помозова, доктор технических наук, профессор;
Б.А. Рскелдиев, доктор технических наук, профессор;
Л.В. Терещук, доктор технических наук, профессор;
Б.А. Федосенков, доктор технических наук, профессор;
Gösta Winber, M.D., Ph.D. Associate professor, Karolinska Institutet

16+

ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Аньшакова В.В., Степанова А.В., Уваров Д.М. Комплексные пищевые добавки из возобновляемого сырья для специализированного питания спортсменов..... 5
Давыденко Н.И., Уржумова А.И., Шевелева Г.И., Григорьева Р.З. Влияние режимов и параметров выпечки в пароконвектомате на качество сдобных булочных изделий..... 11
Крикунова Л.Н., Песчанская В.А., Дубинина Е.В. Некоторые аспекты производства дистиллята из клубней топинамбура. Часть 1. Динамика распределения летучих компонентов при дистилляции сброженного сусла.. 17
Минаков Д.В., Севодина К.В., Шадринцева А.И., Севодин В.П. Зависимость продуктивности *Grifola frondosa* от размера частиц лигноцеллюлозного субстрата..... 24
Позднякова О.Г., Курбанова М.Г. Разработка мучных кондитерских изделий для детей младшего школьного возраста..... 31
Сафронова Т.Н., Казина В.В., Сафронова К.В. Разработка технологических параметров проращивания зерна пшеницы..... 37
Старовойтова К.В., Тарлюн М.А., Терещук Л.В., Мамонтов А.С. Особенности использования твердых природных масел в производстве спредов..... 44
Ткаченко В.В., Одегов Н.И., Дорофеев Р.В. Моделирование взаимодействия фаговых ассоциаций и заквасочной микрофлоры сыродельных предприятий. Часть 1. Литическая активность фаговых ассоциаций..... 52

ПРОЦЕССЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Войнов Н.А., Земцов Д.А., Жукова О.П. Контактные ступени неадиабатной ректификации..... 58
Марьин В.А., Верещагин А.Л., Бычин Н.В. Механические характеристики зерна гречихи, хранившегося под снегом..... 65
Руднев С.Д., Козлов М.А., Крюк Р.В. Анализ работы и исследование энергетических характеристик роторного диспергатора..... 73
Хворова Л.С., Андреев Н.Р., Лукин Д.Н. Влияние поверхностно-активных веществ на кинетику кристаллизации глюкозы..... 81

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Олиференко О.И., Пехтерева Н.Т. Исследование потребительских предпочтений к инновационным напиткам для коррекции углеводного обмена..... 87

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ

Буданина Л.Н., Верещагин А.Л., Бычин Н.В. Исследование подлинности сухого молока методами термического анализа и электронной микроскопии..... 93
Глебова С.Ю., Голуб О.В. Оценка качества свежей брюквы..... 100
Голуб О.В., Степанова Е.Н., Тяпкина Е.В. Пищевая ценность и качество ягод красной смородины..... 105
Голубцова Ю.В. Разработка метода видовой идентификации плодово-ягодного сырья на основе молекулярно-генетического анализа..... 111

Ответственный за выпуск
А.И. Лосева
Литературный редактор
Е.Н. Шуранова
Дизайн и компьютерная верстка
О.П. Долгополова

Выходит 4 раза в год
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

Учредитель:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)» (ФГБОУ ВО «КемТИПП»)
650056, г. Кемерово,
бульвар Строителей, 47

Адрес редакции:
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, к. 1212, тел. (3842) 39-68-45
http:fptt-journal.ru
e-mail: food-kemtipp@yandex.ru

Адрес издателя:
650056, г. Кемерово,
б-р Строителей, 47,
ФГБОУ ВО «КемТИПП»

Адрес типографии:
650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 7, к. 2006, тел. (3842) 39-09-81

Журнал включен в международные базы данных: AGRIS, FSTA (на платформах Thomson Reuters Web of Science, EBSCOhost и т.д.), EBSCOhost (Food Science Source), AGRICOLA, Ulrich's Periodicals Directory.

Журнал считается включенным в Перечень рецензируемых научных изданий в соответствии с приказом Минобрнауки России от 25 июля 2014 г. № 793 с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 03 июня 2015 г. № 560.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС77-61607 от 30 апреля 2015 г. Выдано *Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций*

Подписано в печать 21.03.2017.
Дата выхода в свет 21.03.2017.
Усл. п. л. 24,0. Уч.-изд. л. 24,0.
Тираж 100 экз. Заказ № 17.
Цена свободная.

Подписной индекс по объединенному каталогу «Пресса России» – 41672

Мнение авторов публикуемых материалов не всегда совпадает с мнением редакции. Ответственность за научное содержание статей несут авторы публикаций.

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)
г. Кемерово, б-р Строителей, 47
© КемТИПП, 2017

Дьяченко Ю.Д., Цикуниб А.Д. Активность липазы как показатель высокого качества и экологической чистоты семян подсолнечника..... 118
Шамова М.М., Мухаметова Ю.Р., Австриевских А.Н. Обоснование рецептурного состава и регламентируемые показатели качества специализированного продукта «Олеопрен Нейро»..... 124

ЭКОНОМИКА

Кокряцкая Н.С., Крапива Т.В. Комплексный подход к определению потенциальной емкости рынка общественного питания..... 131
Патрушева А.В. Франчайзинговая модель ведения бизнеса в общественном питании..... 137
Сурай Н.М., Высоцкая О.А. Исследование потребительских предпочтений на рынке мясной продукции при формировании рационального компонента региональных брендов..... 144

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Мельникова Е.И., Пономарева Н.В., Богданова Е.В. Искусственные нейронные сети в оценке показателей качества низкоаллергенных кисломолочных напитков..... 152
Панфилов В.А. Развитие технологий АПК и методология научного поиска..... 159

ИНФОРМАЦИЯ

Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей…… 163
Требования к оформлению статьи…… 163

The Ministry of Education and Science of the Russian Federation

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University)

FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY
No. 1, Vol. 44, 2017

Scientific technical Journal
Issued since 1998

Editor-in-Chief
A.Yu. Prosekov, Doctor of technical sciences, professor RAS, a recipient of The RF Government Prize in the domain of science and engineering;

Deputy-chief editor
E.A. Zhidkova, Candidate of economic sciences, associate professor;

Editorial board members:
P.P. Baranov, Doctor of economic sciences, associate professor;
G.B. Gavrilov, Doctor of technical sciences, Honoured Worker of Food Industry;
G.V. Gurinovich, Doctor of technical sciences, professor;
G.A. Zhdanova, Candidate of pedagogical sciences, associate professor;
V.P. Zotov, Doctor of economic sciences, professor;
V.N. Ivanets, Doctor of technical sciences, professor, Honoured Scientist, Honorary Worker of Higher Vocational Education of RF;
T.A. Krasnova, Doctor of technical sciences, professor, Honoured Ecologist of RF, Honorary Worker of Higher Vocational Education of RF;
L.A. Mayurnikova, Doctor of technical sciences, professor;
L.A. Ostroumov, Doctor of technical sciences, professor, Honoured Worker of Science and Engineering, a recipient of The RF Government Prize in the domain of science and engineering;
V.M. Poznyakovskiy, Doctor of biological sciences, professor, Honoured Scientist, Honorary Worker of Higher Vocational Education of RF;
V.A. Pomozova, Doctor of technical sciences, professor;
B.A. Rskeldiev, Doctor of technical sciences, professor;
L.V. Tereshchuk, Doctor of technical sciences, professor;
B.A. Fedosenkov, Doctor of technical sciences, professor;
GöstaWinber, M.D., Ph.D. Associate professor, Karolinska Institutet

16+

ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

CONTENTS

FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

An'shakova V.V., Stepanova A.V., Uvarov D.M. Complex supplements from renewable raw materials for specialized nutrition of sportsmen..... 5
Davydenko N.I., Urzhumova A.I., Sheveleva G.I., Grigor'eva R.Z. Effect of baking modes and options in a steam-convection oven on quality of buns..... 11
Krikunova L.N., Peschanskaya V.A., Dubinina E.V. Some aspects of distillate production from jerusalem artichoke tubers. Part 1. Dynamic of distribution of volatile components by distillation of fermented wort..... 17
Minakov D.V., Sevodina K.V., Shadrintseva A.I., Sevodin V.P. Dependence of *Grifola frondosa* efficiency on particle size of lignocellulose substrate..... 24
Pozdnyakova O.G., Kurbanova M.G. The development of pastry for primary school age children..... 31
Safronova T.N., Kazina V.V., Safronova K.V. Development of technological parameters for wheat grain germination..... 37
Starovoytova K.V., Tarlyun M.A., Tereshchuk L.V., Mamontov A.S. Features of using of solid natural oils in production of spreads..... 44
Tkachenko V.V., Odegov N.I., Dorofeev R.V. Simulation of interaction of phage associations and starter microflora of cheese-making enterprises. Part 1. Lytic properties of phage associations..... 52

PROCESSES, EQUIPMENT, AND APPARATUS FOR FOOD PRODUCTION

Voinov N.A., Zemtsov D.A., Zhukova O.P. Nonadiabatic rectification contact devices..... 58
Mar'in V.A., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Mechanical properties of buckwheat grain stored under snow..... 65
Rudnev S.D., Kozlov M.A., Kryuk R.V. Analysis of operation and research of the energy characteristics rotary disperser..... 73
Khvorova L.S., Andreev N.R., Lukin D.N. Effect of surfactants on kinetics of dextrose crystallization..... 81

FOOD HYGIENE

Oliferenko O.I., Pekhtereva N.T. Study of consumer preferences to innovative beverages for carbohydrate metabilism improvement..... 87

STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND SAFETY

Budanina L.N., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Identification of authenticity of milk powder using thermal analysis and electron microscopy..... 93
Glebova S.Yu., Golub O.V. Quality evaluation of fresh rutabaga..... 100
Golub O.V., Stepanova E.N., Tyapkina E.V. Nutritional value and quality of red currant berries..... 105
Golubtsova Yu.V. Design of specific identification method of fruit raw material based on molecular genetic analysis..... 111
D'yachenko Yu.A., Tsikunib A.D. Lipase activity as factor of high quality and ecological purity of sunflower seeds..... 118
Shamova M.M., Mukhametova Yu.R., Avstrievskikh A.N. Justification of prescription composition and regulated quality parameters of "Oleopren Neuro" specialized product..... 124

Publishing editor
A.I. Loseva
Script editor
E.N. Shuranova
Layout of magazine
O.P. Dolgopolova

Issued 4 times a year
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

Establisher:
Federal state-owned budgetary educational institution of higher vocational education «Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University)» (FSBEI HE «KemIFST»)
650056, Russia, Kemerovo, Stroiteley Boulevard, 47

The editorial office add ess:
650056, Russia, Kemerovo, Stroiteley Boulevard, 47, room 1212, tel. (3842)39-68-45
http:fptt-journal.ru
e-mail: food-kemtipp@yandex.ru

The publisher office add ess:
650056, Russia, Kemerovo, Stroiteley Boulevard, 47, FSBEI HE «KemIFST»

Printing Office
650002, Russia, Kemerovo, ul. Institutskaya 7, office 2006, tel.: (3842)39-09-81

The Journal is included in the International Databases: AGRIS, FSTA (on platforms Thomson Reuters Web of Science, EBSCOhost, etc.), EBSCOhost (Food Science Source), AGRICOLA, Ulrich's Periodicals Directory.

The journal is included in the SQC list of leading peer-reviewed journals

The certificate of mass media registration is EL № FS 77-61607 of 30 April 2015. Given by *the Federal Service on Supervision in the sphere of communication industry, information technologies and public communications*

Passed for printing 21.03.2017.
Date of issue 21.03.2017.
Printed sheet 24,0.
Conventional printed sheet 24.
Circulation 100 cop. Order № 17.
Open price.

Subscription index for the unified «Russian Press» catalogue – 41672

Opinions of the authors of published materials do not always coincide with the editorial staff's viewpoint. Authors are responsible for the scientific content of their papers.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University) (KemIFST), Kemerovo, Stroiteley Boulevard, 47
© 2017, KemIFST

ECONOMICS

Kokryatckaya N.S., Krapiva T.V. Complex approach to determination of public catering potential market capacity..... 131
Patrusheva A.V. Franchise model of business in foodservice industry..... 137
Suray N.M., Vysotskaya O.A. Consumer preference research in forming rational component of regional brands in the meat product market..... 144

AUTOMATION AND INFORMATIONAL SUPPORT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Mel'nikova E.I., Ponomareva N.V., Bogdanova E.V. Artificial neural networks for the assessment of quality indices of low-allergy fermented milk drinks..... 152
Panfilov V.A. Development of agro-industrial complex technologies and methodology of scientific search..... 159

INFORMATION

Order of consideration, approval and rejection of articles..... 163
Requirements for the article formatting..... 163

УДК 613.26:612.392.7

КОМПЛЕКСНЫЕ ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПИТАНИЯ СПОРТСМЕНОВ

В.В. Аньшакова*, А.В. Степанова, Д.М. Уваров

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, Россия, г. Якутск, ул. Кулаковского, 48

**e-mail: anshakova_v@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 23.11.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. Разработана механохимическая технология получения высокоэффективных твердофазных биокомплексов (без участия растворителей) в одну технологическую стадию. Представлены результаты оценки эффекта механоактивации комплексов на основе слоевищ лишайников и небольшого количества родиолы розовой на содержание в них низкомолекулярных антиоксидантов для создания пищевых добавок на их основе. Проведен качественный анализ определения флавоноидов и суммарного содержания низкомолекулярных антиоксидантов методом спектрофотометрии, основанном на способности хлорного железа (III) окислять низкомолекулярные антиоксиданты. Установлено, что процесс механоактивации компонентов сопровождается разрушением клеточных стенок и изменением химического состава растительного сырья из-за разрыва ряда химических связей, при этом образуются слабые межмолекулярные взаимодействия, которые приводят к образованию комплекса бифильного характера, создавая тем самым оптимальные условия для диффузионного процесса, в результате повышая в 5–10 раз биодоступность биологически активных веществ. Показано, что содержание низкомолекулярных антиоксидантов увеличивается при механоактивации исходного сырья, а также с увеличением соотношения ягель : родиола розовая в биокомплексах. Изучена эффективность применения комплексной пищевой добавки при интенсивных физических нагрузках.

Ключевые слова. Лишайники, родиола розовая, механохимическая активация, низкомолекулярные антиоксиданты, пищевые добавки

COMPLEX SUPPLEMENTS FROM RENEWABLE RAW MATERIALS FOR SPECIALIZED NUTRITION OF SPORTSMEN

V.V. An'shakova*, A.V. Stepanova, D.M. Uvarov

North-Eastern Federal University, 48, Kulakovskogo Str., Yakutsk, 677000, Russia

**e-mail: anshakova_v@mail.ru*

Received: 23.11.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. Mechanicochemical technology has been developed for obtaining highly efficient solid phase biological complexes (solvent-free) in single process step. Presented are the results of evaluation of the effect of mechanical activation of complexes based on lichen thalli and a small amount of Rhodiola rosea on the content of low molecular weight antioxidants for creating food supplements based on them. A qualitative analysis for determination of flavonoids and of the total content of low molecular weight antioxidants has been conducted with spectrophotometry based on the ability of ferric chloride (III) to oxidize low molecular weight antioxidants. It has been found that the process of mechanical activation of components is accompanied by the destruction of cell walls and changing of chemical composition of plant raw materials due to rupture of a number of chemical bonds thus forming weak intermolecular interactions which lead to the formation of the complex of hydro- and lipophilic nature, thus creating optimum conditions for the diffusion process resulting in 5–10 times increase of bioavailability of biologically active substances. It is shown that the content of low molecular weight antioxidants increases with mechanical activation of the feedstock, as well as with the increase of Lichen : Rhodiola rosea proportions in biocomplexes. The efficiency of using of a complex dietary supplement during intensive physical activity has been investigated.

Keywords. Lichen, Rhodiola rosea, mechanochemical activation, low molecular antioxidants, food supplements

Введение

В последние годы в области разработки и применения специализированных продуктов для питания спортсменов, людей, занимающихся тяжелым физическим трудом, работающих в экстремальных климатических условиях, наметилось стремительное развитие. Однако их промышленное производство в нашей стране весьма ограниченно. До настоящего времени основным направлением в области разработки и производства подобных продуктов являлось создание специализированных продуктов, обладающих узконаправленным действием, которые, как

правило, обеспечивают поддержание пищевого статуса и способствуют улучшению адаптивных показателей, но не снижают отрицательные последствия интенсивных физических нагрузок на организм [1].

Объемные и особенно интенсивные физические нагрузки вызывают различные нарушения метаболических реакций и физиологических процессов, что способствует накоплению в организме спортсмена эндотоксинов, оказывающих системное негативное воздействие на весь тренировочный процесс. Накопление вследствие интенсивной мышечной работы эндогенных токсических продуктов метаболизма не только оказывает системное воздействие на протекание биохимических процессов, но и является одной из основных причин снижения иммунологической реактивности у спортсменов. Эндогенная интоксикация также отрицательно влияет на процессы энергетического обеспечения как на тканевом, так и на клеточном уровне. Происходит нарушение естественного течения антиоксидантных процессов, вследствие чего активируются процессы перекисного окисления, в конечном итоге приводящие к нарушению митохондриального синтеза, снижению резистентности к повреждениям клеточных мембран и иных структур, что в конечном итоге способствует снижению функциональной активности состояния жизненно важных органов и систем органов [2].

Хроническая интоксикация организма спортсмена, являющаяся следствием воздействия различных стрессорных факторов (физической нагрузки, хронической усталости, психоэмоционального стресса и др.), приводит к снижению адаптационных возможностей организма спортсмена, нарушению иммунологической резистентности, снижению общей и специальной спортивной работоспособности, а также существенно уменьшает эффективность тренировочного процесса и спортивную результативность [3]. В последнее время все больший интерес представляют препараты растительного происхождения, что связано с их хорошей переносимостью, более мягким корригирующим воздействием на организм спортсмена, а также широким спектром регулирующих эффектов, позволяющих оказывать комплексное влияние на ход различных метаболических, пластических и регуляторных процессов, обеспечивающих спортивную деятельность. По мере разработки сырьевой базы для получения новых растительных препаратов, обладающих адаптогенным действием, большой интерес представляют средства, полученные в результате переработки растительного сырья из лишайников рода *Cladonia*. Важной особенностью сырья для разработки пищевых добавок является его универсальность, природное происхождение, экологически чистые и ресурсосберегающие технологии получения и полифункциональные свойства. Наиболее распространенным видом на территории сбора лишайникового сырья в Центральной Якутии является Кладония оленья – *Cladonia rangiferina (L.) Web ex Wigg* (ягель). В составе ягеля идентифицированы следующие вещества, обладающие биологически активным действием: лишайниковые кислоты (перлатоловая, фумарпротоцетратовая, усниновая), свободные сахара и олигополисахариды, аминокислоты и др. Известно, что лишайники концентрируют радионуклиды из воздуха. Поэтому сбор сырья необходимо вести в экологически чистой зоне. По результатам ежегодных измерений удельной активности техногенных радионуклидов цезия-137 и стронция-90 на универсальном спектрометрическом комплексе УСК «МУЛЬТИРАД» исследуемое биосырье признано соответствующим ПДК, что свидетельствует об экологичности зон сбора лишайникового сырья. Кроме того, лишайники р. *Cladonia* могут служить источником биогенных элементов – особенно Ca, Mg, P, K, Na и микродоз Li, I, Se [4].

Цель данного исследования: оценка механоактивации комплексов из растительных субстанций на содержание в них низкомолекулярных антиоксидантов для создания в последующем пищевых добавок на их основе и изучение эффективности их применения при интенсивных физических нагрузках.

Низкомолекулярные антиоксиданты (НМАО) являются важными компонентами биологической антиоксидантной системы.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования является физиологически активная растительная композиция (комплекс) с повышенным адаптогенным действием, полученная в лаборатории «Механохимические биотехнологии» СВФУ на основе растительных субстанций, произрастающих в Якутии: слоевищ лишайников (*Cladonia rangiferina (L.) Web*), корневищ родиолы розовой (*Rhodiolarosea*, сем. *Crassulaceae*) в массовых соотношениях 5:1 и 10:1.

Известно, что и лишайники, и родиола розовая стимулируют работу иммунной системы и защищают ее, восстанавливая метаболический баланс организма. Родиола розовая является альтернативным источником биологически активных веществ (флавоноидов, дубильных веществ, органических кислот – галловой, щавелевой, янтарной, лимонной и яблочной, флаволигнанов – родиолина, монотерпенов – розиридона и розиридина), содержащихся в традиционных пищевых продуктах растительного происхождения. Родиола розовая улучшает умственную и физическую работоспособность, способствует сохранению энергетического потенциала организма, повышает устойчивость к воздействию различных экстремальных факторов [5, 6].

Получение комплекса включает следующие технологические стадии. Предварительное измельчение сырья проводилось на высокоскоростном миксере KSM-50 (Южная Корея), измельченные навески лишайникового сырья и родиолы розовой перемешивали непрерывно в течение 5 ч в лабораторном смесителе для порошков Junior (Италия), а совместная механохимическая активация проводилась в механохимической установке ЦЭМ 7-80 (Россия) без участия растворителей в одну технологическую стадию при скорости 1200–1500 об/мин в течение 1–3 мин.

После получения биокомплексов были проведены нижеперечисленные исследования.

Количественное определение суммы флавоноидов осуществляли по известной методике методом

УФ-спектрофотометрии в пересчете на кверцетин [7]. УФ-спектры снимали на приборе Libra S12 производства Великобритании (кварцевые кюветы с толщиной поглощающего слоя 1 см).

Определение суммарного содержания низкомолекулярных антиоксидантов проводили по спектрофотометрической методике, основанной на способности хлорного железа (III) окислять НМАО. При этом хлорное железо (III) восстанавливается до хлорного железа (II), количество которого определяли по интенсивности окраски при добавлении о-фенантролина при длине волны 510 нм. Исследования выполняли в восьми образцах. Четыре образца исходного сырья массой по одному грамму каждый: ягель грубого помола (1), ягель механоактивированный (2), родиола розовая грубого помола (3), родиола розовая – механоактивированный порошок (4), также два образца смесей: ягель + родиола розовая грубого помола в соотношении 5:1 (5), ягель + родиола розовая грубого помола в соотношении 10:1 (6) и два биокомплекса: ягель + родиола розовая – совместно механоактивированный комплекс в соотношении 5:1 (7), ягель + родиола розовая – совместно механоактивированный комплекс в соотношении 10:1 (8). Все измерения проводились в трех повторностях, далее осуществлялась их статистическая обработка.

Для апробации пищевой добавки была разработана схема эксперимента и организационные аспекты его проведения в конкретной структуре учебно-тренировочного процесса спортсменов. Для участия в эксперименте были отобраны 10 высококвалифицированных спортсменов (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика контингента испытателей

Количество испытателей	10
Вид спорта	Спортивные единоборства
- бокс	6
- бои без правил	4
Квалификация	змс – 1, мсмк – 6, мс – 3
Возраст	22–34
Стаж занятий спортом, лет	5–16

Эксперимент проводился в условиях планового учебно-тренировочного процесса подготовки к рейтинговым боям. Спортсмены опытной и контрольной групп находились в одинаковых условиях (питание, медицинский контроль, условия проживания и тренировочного процесса). Спортсмены опытной группы в течение 28 дней получали комплексный препарат, состоящий из механоактивированной смеси ягеля и родиолы розовой в соотношении 10:1 по одной капсуле (0,4 г) внутрь между приемами пищи, а контрольной группы – в те же сроки по аналогичной схеме получали плацебо (порошок Рингера–Локка) в капсулах. Каждый спортсмен из состава опытной и контрольной групп трижды проходил обследование в течение эксперимента: в начале курса приема пищевой добавки или плацебо, в середине курса (через 14 дней после начала эксперимента) и после окончания курса. Результаты обрабатывали статистически с помощью критерия Уилкоксона для малых выборок.

Результаты и их обсуждение

Процесс механоактивации компонентов сопровождается разрушением клеточных стенок и изменением химического состава растительного сырья из-за разрыва ряда химических связей, при этом образуются слабые межмолекулярные взаимодействия, которые приводят к образованию комплекса бифильного характера, создавая тем самым оптимальные условия для диффузионного процесса, в результате повышая в 5–10 раз биодоступность БАВ, что способствует увеличению его антиоксидантной активности. Основу поликомпонентной пищевой добавки составляют межмолекулярные комплексы лишайниковых β-полисахаридов и БАВ из корней и корневищ родиолы розовой, такие как салидрозид, ароматические кислоты флавоноидного типа, образующиеся при механохимической активации смеси лишайниковых β-полисахаридов и корней и корневищ родиолы розовой.

Содержание суммы флавоноидов в пересчете на кверцетин и абсолютно сухое сырье в процентах (X) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{D \cdot 25 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{764{,}6 \cdot m \cdot 2 \cdot (100 - W)},$$

где D – оптическая плотность исследуемого раствора; 764,6 – удельный показатель поглощения комплекса кверцетина с алюминия хлоридом при 430 нм; m – масса сырья в граммах; W – потеря в массе при высушивании сырья в процентах.

Содержание флавоноидов в лишайниковом сырье составляет в пересчете на кверцетин 1,58±0,38 % (при p = 0,95).

По результатам спектрофотометрических исследований было выявлено, что содержание низкомолекулярных антиоксидантов увеличивается при механоактивации исходного сырья, а также с увеличением соотношений ягель : родиола розовая в биокомплексах (рис. 1).

Результаты, полученные при экспериментальной апробации на спортсменах, послужили основанием для заключения об эффективности применения данной добавки. Как известно, на этапе специальной подготовки в условиях выполнения тренировочных нагрузок высокой интенсивности (субмаксимальной и максимальной мощности), происходят закономерные изменения лабильных компонентов состава тела спортсменов, специализирующихся в единоборствах [8]. На данном этапе подготовки (вплоть до начала подводки к старту) показатели мышечной массы снижаются, а масса жира увеличивается. Это воздействие интенсивных нагрузок отражает снижение адаптации организма к нагрузкам и отрицательно сказывается на эффективности всего цикла подготовки к соревнованиям. На основании таких данных принято считать, что показатели лабильных компонентов состава явля-

ются достаточно надежными критериями (хотя и косвенными) адаптации единоборцев к тренировочным нагрузкам. Установлено, что курсовой прием пищевой добавки не сопровождается достоверным увеличением массы тела и абсолютных и относительных показателей мышечной массы испытателей опытной группы. При этом показатели массы жира достоверно снизились (табл. 2).

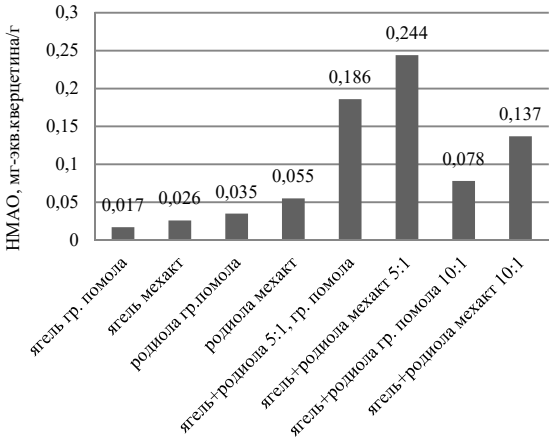


Рис. 1. Суммарное содержание НМАО в исследуемых образцах

Таблица 2

Морфологические показатели состава тела спортсменов опытной (БАД) и контрольной (плацебо) групп

Показатели	До приема БАД		После приема БАД	
	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль
Масса тела, кг	75,8±4,4	76,2±2,25	75,0±6,8	75,8±7,0*
Мышечная масса, кг	39,15±4,16	40,53±2,88	39,4±4,10*	39,48±5,20
%	53,7±0,1	53,2±0,1	54,0±0,3*	52,3±0,4
Масса жира, кг	9,15±0,12	9,39±0,25	9,09±0,24	9,87±0,40
%	12,9±0,1	12,1±0,1	12,7±0,2*	12,9±0,16

Примечание. *Статистически недостоверные различия по сравнению с исходными значениями (p > 0,05)

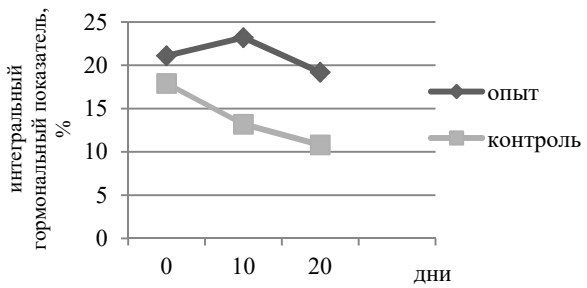


Рис. 2. Сравнительная оценка степени адаптации спортсменов опытной и контрольной групп

Кроме того, для оценки степени адаптации единоборцев к нагрузкам была исследована динамика интегрального гормонального показателя – индекса утомления (соотношение уровней тестостерона и кортизола в периферической крови). Как показывает эксперимент, исходные значения интегрального показателя были одинаковыми в контрольной и опытной группах. В результате курсового применения пищевой добавки в течение четырехнедельного мезоцикла этапа специальной подготовки спортсменов не наблюдалось достоверного снижения индекса утомления у испытателей опытной группы. В отличие от опытной группы, в контрольной группе зафиксировано устойчивое снижение аналогичного показателя (рис. 2).

Использование механохимической обработки растительного сырья разрушает стенки клеток, где находится основная часть БАВ, и приводит к образованию ультрадисперсных частиц в твердой фазе, тем самым способствуя максимально эффективному выходу БАВ из клеток, что нами и доказано на примере низкомолекулярных антиоксидантов.

Кроме того, можно заключить, что на этапе подготовки спортсменов с высокоинтенсивными нагрузками субмаксимальной мощности на фоне курсового применения комплексной пищевой добавки наблюдается стабилизация мышечной массы спортсменов при параллельном относительном снижении массы жира. Такой тип динамики морфологических показателей состава тела в целом соответствует устойчивому уровню адаптации организма.

Следовательно, использование биологически активных средств, основанных как на препаратах из лишайникового сырья, так и комплексах лишайникового сырья и различных веществ, позволяет не только добиться потенцирования эффективности используемого средства, но и проводить активную детоксикационную терапию в отношении целого ряда веществ, являющихся основой развития эндогенной детоксикации у спортсменов различных видов спорта. Помимо прямого дезинтоксикационного действия, биологически активные вещества, входящие в состав растительного лишайникового сырья, обладают выраженным мембраностабилизирующим действием, положительно влияют на ход обменных процессов, активизируют ферментные каскады различных биохимических реакций, что является важным аспектом для повышения всей совокупности механизмов адаптации организма спортсмена к физическим нагрузкам высокой интенсивности.

Ранее нами разработан способ повышения качества и сохранения свежести жидких пищевых продуктов и хлебобулочных изделий путем добавления в их состав механоактивированного порошка слоевищ лишайников р. *Cladonia* [9], т.к. механоактивированные образцы имеют большую биодоступность БАВ, что значительно снижает содержание пищевой добавки: до 0,1–0,5 % от массы готового продукта. Разработаны ТУ 9110-001-01727661-2012 на хлеб «Полярный», по которым БАД «Ягель Детокс» применяется при производстве нового сорта хлеба. Продукт пользуется успехом у горожан и отличается повышенным сроком годности. Хлеб «Полярный» благодаря биодобавке «Ягель Детокс» долго остается свежим, не плесневеет и приобрета-

ет особые полезные для здоровья человека свойства: способствует укреплению иммунитета, повышению устойчивости к вирусным и бактериальным инфекциям, оптимизирует функции кишечника.

Новая разработка на основе комплекса слоевищ лишайника и корневищ родиолы розовой, обработанной механохимической биотехнологией позволит применять ее в качестве пищевой добавки в очень небольших количествах (до 0,5 % по массе) для создания жидких пищевых продуктов и хлебобулочных изделий с целью детоксикации внутренних сред организма человека и повышения его адаптивного потенциала, физической и умственной работоспособности, что подтверждено в Чурапчинском Институте физической культуры и спорта. Продукт может быть полезен людям экстремальных профессий, ведущим активный образ жизни, проживающим в неблагоприятных экологических и климатических условиях, спортсменам в период усиленных тренировок, пациентам в период восстановления.

Таким образом, с разработкой и производством механоактивированного биокомплекса ягеля с родиолой розовой появляется возможность производить продукты с увеличенным сроком годности, решается также задача выпуска продуктов питания оздоровительной направленности, содержащих повышенное количество БАВ, обладающих антиоксидантной активностью.

Список литературы

1. Кулиненков, О.С. Фармакотерапия в спортивной медицине / О. С. Кулиненков. – М.: Медицина, 2003. – 254 с.
2. Оковитый, С.В. Клиническая фармакология антигипоксантов и антиоксидантов / С.В. Оковитый, С.Н. Шуленин, А.В. Смирнов. – СПб.: ФАРМиндекс, 2005. – 72 с.
3. Цыган, В.Н. Спорт. Иммунитет. Питание / В.Н. Цыган, А.В. Скальный, Е.Г. Мокеева. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2012. – 240 с.
4. Аньшакова, В.В. Химический анализ лишайника как потенциального биосырья / В.В. Аньшакова, А.В. Степанова, А.Ш. Смагулова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: http://www.science-education.ru/120 (дата обращения: 25.07.2016).
5. Саратиков, А.С. Родиола розовая (Золотой корень) – 4-е изд., перераб. и доп. / А.С. Саратиков, Е.А. Краснов. – Томск: ИТУ, 2004. – 292 с.
6. Аньшакова, В.В. Актопротекторная активность комплексного биопрепарата на основе таллома лишайников и родиолы розовой // В.В. Аньшакова, А.В. Степанова [и др.] // Экология человека, – 2015. – № 5. – С. 46–51.
7. Спектрофотометрическое определение суммарного содержания флавоноидов в лекарственных препаратах растительного происхождения / О.Н. Сорокина, Е.Г. Сумина, А.В. Петракова, С.В. Барышева // Известия Саратовского ун-та. – 2013. – № 3 (13). – С. 8–10.
8. Абрамова, Т.Ф. Лабильные компоненты массы тела – критерии физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам: метод. рекомендации / Т.Ф. Абрамова, Т.В. Никитина, Н.И. Кочеткова. – М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 132 с.
9. Аньшакова, В.В. Сохранение свежести хлебобулочных изделий и повышение их качества с помощью твердофазной пищевой добавки «ЯГЕЛЬ-Т» / В.В. Аньшакова, Е.В. Каратаева // Хлебопродукты. – 2012. – № 9. – С. 34–36.

References

1. Kulinenkov O.S. *Farmakoterapiya v sportivnoy meditsine* [Pharmacotherapy in sports medicine]. Moscow: Meditsina Publ., 2003. 254 p.
2. Okovityy S.V., Shulenin S.N., Smirnov A.V. *Klinicheskaya farmakologiya antigipoksantov i antioksidantov* [Clinical pharmacology of antihypoxants and antioxidants]. St. Peterburg: Farmindeks Publ., 2005. 72 p.
3. Tsygan V.N., Skal'nyy A.V. Mokeeva E.G. *Sport. Immunitet. Pitanie* [Sport. Immunity. Food.]. St. Peterburg: ELBI – SPb Publ., 2012. 240 p.
4. An'shakova V.V., Stepanova A.V., Smagulova A.Sh. Khimicheskiy analiz lishaynika kak potentsial'nogo biosyr'ya. [Chemical analysis of the lichen as a potential biological raw material]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2014, no. 6. Available at: http://www.science-education.ru/120 (accessed 25 July 2016).
5. Saratikov A.S., Krasnov E.A. *Rodiola rozovaya* (*Zolotoy koren'*) [Rhodiola Rosea (Golden Root)]. Tomsk: TSU Publ., 2004. 292 p.
6. An'shakova V.V., Stepanova A.V., Uvarov D.M., Smagulova A.Sh., Naumova K.N., Vasil'ev P.P., Kershengol'ts B.M., Kershengol'c B.M. Aktoprotektornaya aktivnost' kompleksnogo biopreparata na osnove talloma lishaynikov i rodioly rozovoy [Actoprotective activity complex preparation based on the thallus of lichens and Rhodiola rosea]. *Ehkologiya cheloveka* [Human Ecology], 2015, no. 5, pp. 46–51.
7. Sorokina O.N., Sumina E.G., Petrakova A.V., Barysheva S.V. Spektrofotometricheskoe opredelenie summarnogo soderzhaniya flavonoidov v lekarstvennykh preparatakh rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Spectrophotometric determination of total flavonoid content in herbal medicine]. *Izvestiya Saratovskogo un-ta* [Saratov university news], 2013, no. 3 (13), pp. 8–10.
8. Abramova T.F., Nikitina T.V., Kochetkova N.I. *Labil'nye komponenty massy tela – kriterii fizicheskoy podgotovlennosti i kontrolya tekushchey i dolgovremennoy adaptatsii k trenirovochnym nagruzkam Metodicheskie Rekomendatsii* [Labile components of body weight - the criteria of physical preparedness and control of current and long-term adaptation to training loads. Methodical recommendation]. Moscow: LLC Skayprint Publ., 2013. 132 p.
9. An'shakova V.V., Karataeva E.V. Sokhranenie svezhesti khlebobulochnykh izdeliy i povyshenie ikh kache-stva s pomoshch'yu tverdofaznoy pishchevoy dobavki «YaGEL"-T» [Storing fresh bakery products and improve their quality using solid state food additive "Moss-T"]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2012, no. 9, pp. 34–36.

Дополнительная информация / Additional Information

Аньшакова, В.В. Комплексные пищевые добавки из возобновляемого сырья для специализированного питания спортсменов / В.В. Аньшакова, А.В. Степанова, Д.М. Уваров // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 5–10.

An'shakova V.V., Stepanova A.V., Uvarov D.M. Complex supplements from renewable raw materials for specialized nutrition of sportsmen. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 5–10 (In Russ.).

Аньшакова Вера Владимировна
канд. пед. наук, доцент, главный научный сотрудник УНТ лаборатории «Механохимические биотехнологии», ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, Россия, г. Якутск, ул. Кулаковского, 48, тел.: +7 (4112) 49-66-21,
e-mail: anshakova_v@mail.ru

Степанова Альбина Васильевна
инженер-исследователь УНТ лаборатории «Механохимические биотехнологии», ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, Россия, г. Якутск, ул. Кулаковского, 48, тел.: +7 (4112) 49-66-21, e-mail: stepav@inbox.ru

Уваров Дмитрий Михайлович
заведующий УНТ лабораторией «Механохимические биотехнологии», ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, Россия, г. Якутск, ул. Кулаковского, 48, тел.: +7 (4112) 49-66-21, e-mail: uvadmi91@inbox.ru

Vera V. An'shakova
Cand.Sci.(Ped.), Assistant Professor, Chief Researcher of the Educational-Scientific-Technological Laboratory Mechanochemical biotechnology, North-Eastern Federal University, 48, Kulakovskogo Str., Yakutsk, 677000, Russia,
phone: +7(4112) 49-66-21, e-mail: anshakova_v@mail.ru

Albina V. Stepanova
Engineer Researcher of the Educational-Scientific-Technological Laboratory Mechanochemical biotechnology, North-Eastern Federal University, 48, Kulakovskogo Str., Yakutsk, 677000, Russia, phone: +7 (4112) 49-66-21, e-mail: stepav@inbox.ru

Dmitrii M. Uvarov
Head of the Educational-Scientific-Technological Laboratory Mechanochemical biotechnology, North-Eastern Federal University, 48, Kulakovskogo Str., Yakutsk, 677000, Russia, phone: +7 (4112) 49-66-21, e-mail: uvadmi91@inbox.ru

УДК 664.655: 641.53.09

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ И ПАРАМЕТРОВ ВЫПЕЧКИ В ПАРОКОНВЕКТОМАТЕ НА КАЧЕСТВО СДОБНЫХ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Н.И. Давыденко*, А.И. Уржумова, Г.И. Шевелева, Р.З. Григорьева

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**e-mail: nat1861@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 14.12.2016
Дата принятия в печать: 23.01.2017

Аннотация. В последние годы организации питания на социально значимых предприятиях общественного питания уделяется достаточно много внимания. В рамках ряда федеральных программ осуществляется переоборудование пищеблоков и обновление ассортимента выпускаемой продукции. Переоборудование пищеблоков в первую очередь коснулось установки современного теплового оборудования – пароконвектоматов. Пакроконвектомат является универсальным оборудованием, используемым в т.ч. и для выпечки. Целью работы является исследование влияния режимов и параметров выпечки в пароконвектомате на формирование качества сдобных булочных изделий в условиях социально значимых предприятий общественного питания (на примере школьного питания). На разных этапах выполнения работы объектами исследований являлись: мука пшеничная высшего сорта двух производителей, занимающих значительную долю рынка муки региона; полуфабрикаты и готовые сдобные булочные изделия. Качество сырья и готовых изделий оценивали по совокупности органолептических и физико-химических показателей стандартными методами. Установлено, что различия в качестве исследуемых образцов муки не существенно влияют на качество сдобных булочных изделий, выпекаемых в условиях предприятия общественного питания. Показано, что при выпечке в пароконвектомате в режиме конвекции при температуре, указанной в сборниках рецептур, изделия имеют дефекты, снижающие качество продукции. Наилучшими показателями качества и наименьшим упеком обладали изделия, которые выпекались в пароконвектомате при соотношении пара и конвекции 20–30 и 70–80 % соответственно. При этом продолжительность выпечки следует определять в каждом конкретном случае индивидуально, исходя из массы тестовой заготовки, формы и желаемого цвета поверхности.

Ключевые слова. Сдобные булочные изделия, общественное питание, пароконвектомат

EFFECT OF BAKING MODES AND OPTIONS IN A STEAM-CONVECTION OVEN ON QUALITY OF BUNS

N.I. Davydenko*, A.I. Urzhumova, G.I. Sheveleva, R.Z. Grigor'eva

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: nat1861@yandex.ru*

Received: 14.12.2016
Accepted: 23.01.2017

Annotation. In recent years much attention is paid to the catering service in the socially significant establishments of public catering. As part of a number of federal programs, re-equipment of kitchens and updating of the product assortment are carried out. Firstly, the re-equipment in the kitchens includes installation of modern thermal equipment such as a steam-convection oven. A steam-convection oven is a versatile equipment used for baking as well. The objective is to study the effect of modes and options of baking in the steam-convection oven on the formation of quality buns at socially important establishments of public catering (exemplified by school meals). At different stages of the research work the objects were: wheat flour by two manufacturers occupying a significant share of the region's flour market; semi-finished and finished bakery products. The quality of raw materials and finished products were evaluated with the standard methods by combinated organoleptic and physico-chemical parameters. It was found that the differences in the quality of flour samples studied did not significantly affect the quality of buns, baked in a catering establishment. It is shown that when baked in a steam-convection oven at the convection mode and at the temperature specified in the recipe books, the products have defects that reduce the quality of the products. The best quality factor and the lowest baking losses were possessed by products baked in a steam-convection oven with the steam and convection ratio of 20–30% and 70–80%, respectively. In each case the duration of baking should be determined individually, based on the weight of dough pieces, the shape and the desired surface color.

Keywords. Buns, public catering, steam-convection oven

Введение

В последние годы организации питания на социально значимых предприятиях общественного питания уделяется достаточно много внимания. Как за счет местных бюджетов, так и в рамках ряда федеральных программ (наиболее яркий пример –

федеральная программа модернизации школьного питания) осуществляется переоборудование пищеблоков и обновление ассортимента выпускаемой продукции. При этом основная цель – обеспечить потребителя не только полноценной и безопасной кулинарной продукцией, но и продукцией, полностью удовлетворяющей ожидания потребителей, т.е. продукцией с высокой потребительской ценностью.

Потребительская ценность – понятие многогранное и подверженное влиянию целого ряда факторов. Однако важнейшей его составляющей является качество выпускаемой продукции. Традиционно к факторам, формирующим качество пищевых продуктов, относятся:

- используемое в процессе приготовления сырье,
- технология (в рамках которой следует также рассматривать применяемое оборудование и уровень квалификации кадрового состава),
- режимы и параметры хранения и реализации готовой продукции.

В большинстве случаев переоборудование пищеблоков в первую очередь коснулось установки современного теплового оборудования – пароконвектоматов. За рубежом данное оборудование применяется достаточно давно и уже накоплен определенный опыт его использования, глубоко изучаются процессы, лежащие в основе изменения свойств различного сырья и формирования характеристик готовой продукции [1, 2]. Имеется ряд исследований российских ученых, занимающихся вопросами внедрения пароконвектоматов на предприятиях питания [3, 4].

В ассортименте предприятий общественного питания наряду с блюдами из мяса, рыбы, овощей, яиц и молочных продуктов большое место занимают мучные кондитерские и хлебобулочные изделия. Эти изделия отличаются большим разнообразием и сравнительно невысокой стоимостью, а также пользуются традиционной популярностью у потребителей. Пакроконвектомат является универсальным оборудованием, используемым в т.ч. и для выпечки [5]. Правильный выбор режимов и параметров позволяет уменьшить потери макро- и микронутриентов, процент упека при выпечке, улучшить органолептические показатели готовых изделий, тем самым обеспечивая высокую потребительскую ценность продукции [6].

Целью данной работы является исследование влияния режимов и параметров выпечки в пароконвектомате на формирование качества сдобных булочных изделий в условиях социально значимых предприятий общественного питания (на примере школьного питания).

Объекты и методы исследований

Работа является результатом исследований, проводимых коллективом авторов в период с января по сентябрь 2016 г. Основные этапы работы проводи лись на базе кафедры «Технология и организация общественного питания» ФГБОУ ВО «КемТИПП (университет)».

На разных этапах выполнения работы объектами исследований являлись:

- мука пшеничная высшего сорта: 1) ТМ «Алейка» производства ЗАО «Алейскзернопродукт имени С.Н. Старовойтова»; 2) ТМ «Беляевская», ООО «Новокузнецкий комбинат хлебопродуктов»;
- полуфабрикаты (тесто) и готовые хлебобулочные изделия: сдоба обыкновенная (форма плюшки, масса 50 г), булочка «Ванильная» (форма круглая, масса 75 г), булочка «Ажурная» (форма ромашки, масса 75 г) по рецептурам, предоставленным МБУ «Комбинат питания» (г. Междуреченск).

Исследование качества муки заключалось в определении: органолептических показателей качества (в соответствии с ГОСТ 27558-87 «Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста»); массовой доли влаги (ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности»); содержания сырой клейковины и качества сырой клейковины (ГОСТ 27839-88 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины»). Дополнительно определялась кислотность муки методом титрования как показатель, характеризующий свежесть муки.

Влияние качества муки на технологический процесс определяли на основании динамики кислотонакопления в тесте по методике, описанной в [7].

Качество готовых изделий оценивали по совокупности органолептических и физико-химических показателей стандартными методами на соответствие ГОСТ 31805-2012 «Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия», ГОСТ 24557-89 «Изделия хлебобулочные сдобные. Технические условия», упек – по разнице массы изделия до и после выпечки, выраженной в процентах к массе до выпечки [7].

Исследования проводились в 3–5-кратных повторностях.

Результаты и их обсуждение

Оценка качества муки как основного сырья

Одним из основных факторов, формирующих качество хлебобулочных изделий, является используемое сырье, в первую очередь мука. В работе изучено качество муки двух торговых марок. Выбор муки для исследований обусловлен следующими соображениями: мука пшеничная в/с «Беляевская» (ООО «Новокузнецкий комбинат хлебопродуктов», г. Новокузнецк, Кемеровская область) выбрана для исследований, так как данное предприятие, будучи местным производителем, является основным поставщиком муки в социальные заведения Кемеровской области; мука пшеничная в/с «Алейка» (ЗАО «Алейскзернопродукт» им. С.Н. Старовойтова, г. Алейск, Алтайский край) имеет хорошую репутацию качества и широко распространена в Кемеровской области.

Результаты исследований муки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества муки

Показатель	Нормируемое значение по ГОСТ Р 52189-2003	«Алейка», в/с	«Беляевская», в/с
Влажность, %	не более 15 %	10,3±0,55	11,4±0,55
Кислотность, град	–	2,1±0,35	2,8±0,35
Качество клейковины, ед. ИДК	- неудовлетворительная крепкая: не более 32; - удовлетворительная крепкая: 33–52; - средняя хорошая: 53-77; - удовлетворительная слабая: 78–102; - неудовлетворительная слабая: 103 и более	73±4,5	82±4,5
Количество клейковины, %	не менее 28	31±3,12	34,24±3,12
Цвет	Белый или белый с кремовым оттенком	Белый	Белый с кремовым оттенком
Запах	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов	
Вкус	Свойственный пшеничной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький	Свойственный пшеничной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький	
Хруст	Не допускается	Без хруста	

Результаты свидетельствуют, что показатели качества исследуемых образцов муки находятся в пределах нормируемых значений. Уровень кислотности муки зависит от ее сорта и продолжительности хранения – чем длительнее период хранения, тем выше кислотность. В хлебопекарном производстве рекомендуется использовать пшеничную муку высшего сорта с кислотностью 2,5–3,0 град. Исследуемые образцы имеют кислотность в нормируемых пределах. Однако мука «Алейка» обладает более низкой кислотностью по сравнению с мукой «Беляевская», что может свидетельствовать о более длительном хранении партии муки «Беляевская» и возможном влиянии данного факта на качество изделий.

Качество и количество клейковины – основные показатели, обусловливающие качество хлебобулочных изделий: чем выше содержание клейковины и лучше ее качество, тем выше органолептические показатели и более привлекательны хлебобулочные изделия для потребителя. Из данных таблицы видно, что качество клейковины муки «Алейка» относится к группе со средним показателем – 53–77 ед. ИДК. А качество клейковины муки «Беляевская» к другой группе – удовлетворительная слабая с 78–102 ед. ИДК. При этом оба исследуемых образца по показателю качества клейковины подходят для выпечки хлебобулочных изделий.

Влияние качества муки на продолжительность брожения булочных изделий

С целью изучения влияния муки на ход технологического процесса и продолжительность брожения теста исследовали процесс кислотонакопления. Тесто готовили безопарным способом с применением хлебопекарных прессованных дрожжей без использования хлебопекарных улучшителей. Результаты представлены на рис. 1 на примере булочки «Ванильная».

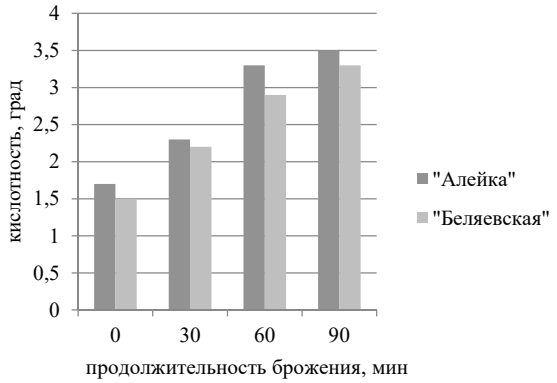


Рис. 1. Изменение кислотности теста в процессе брожения

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что использование муки «Алейка» позволяет достичь кислотность теста 3,5 град на 3–5 мин быстрее, однако данное преимущество не является существенным при производстве сдобных булочных изделий в условиях предприятий общественного питания при общей продолжительности брожения теста 80–90 мин.

Выбор режимов и параметров выпечки хлебобулочных изделий в пароконвектомате

На следующем этапе осуществлялся подбор режимов и параметров выпечки сдобных булочных изделий в пароконвектомате, позволяющих достичь оптимальных потребительских характеристик. Результаты исследований представлены в сравнении с выпечкой традиционным для предприятий общественного питания способом – в жарочном шкафу.

На первом этапе изделия были изготовлены в жарочном шкафу и пароконвектомате при традиционных режимах и параметрах, заданных рецептурой. Т.к. масса исследуемых изделий варьируется от 50 до 75 г, время выпечки изделий отслеживали индивидуально для каждого вида теплового оборудования – окончание процесса выпечки определяли по достижению соответствующих показателей внешнего вида (форма, объем, состояние поверхности) и температуры 98 °С в центре мякиша.

Для сдобы обыкновенной (масса 50 г, форма – традиционная для плюшки, фигурная слоеная, поверхность отделана сахарным песком) получены следующие результаты:

- 1 образец – жарочный шкаф 200 °С – 12 мин;
- 2 образец – пароконвектомат 100 % конвекции, 200 °С – 7 мин.

Органолептическая оценка показала, что запах и вкус 1-го образца соответствуют нормам. Параметры технологического процесса образца 2 не подошли для данного вида оборудования, в связи с чем корочка изделия подгорела при сыропеклом мякише. У 1-го образца внешний вид привлекательнее, мякиш более рыхлый, пористый и эластичный.

Экспериментальным путем определили, что для выпечки сдобы обыкновенной в пароконвектомате в режиме 100 % конвекции подходит температура 160 °С, время выпечки 13 мин.

Далее исследовали возможность использования для выпечки сдобы обыкновенной пароконвекционного режима при одинаковых температурно-временных параметрах – 160 °С, 13 мин. С этой целью проанализировали 3 образца с различным соотношением пара и конвекции в камере пароконвектомата:

- образец 3 – 90 % конвекции + 10 % пара, 160 °С, 13 мин;
- образец 4 – 80 % конвекции + 20 % пара, 160 °С, 13 мин;
- образец 5 – 70 % конвекции + 30 % пара, 160 °С, 13 мин.

Органолептическая оценка образцов 3–5 показала, что запах и вкус всех трех образцов соответствуют требованиям. У образца 3 правильная форма с четко выраженным рисунком, но более плотная консистенция. Это объясняется тем, что при меньшем количестве пара корочка изделия образовалась быстрее, не позволив тесту максимально подняться, из-за чего сдоба получилась менее пышной. У образцов 4 и 5 также правильная форма с четко выраженным рисунком, консистенция пышная, эластичная.

Для более объективного анализа результатов проведена оценка изделий по стандартной 30-балльной шкале [8]. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние режимов и параметров выпечки на балльную оценку сдобы обыкновенной

Показатель	Оценка в баллах				
	1 – жарочный шкаф	пароконвектомат			
		2 – 100 % конвекции	3 – 10 % пара	4 – 20 % пара	5 – 30 % пара
Форма	7,3±0,6	3,7±1,1	7,3±0,6	9±0	8,3±0,6
Поверхность	4,1±0,2	2±0,5	4±0	4±0	4,5±0
Состояние мякиша	6±0	2,5±0,5	6±0	6±0	6±0
Вкус	7,5±0	3,7±0,6	7,5±0	7,5±0	7,3±0,6
Запах	3±0	2,3±0,6	3±0	3±0	3±0
Итого	28,7±0,5	14,7±0,6	27,3±0,6	29,6±0,6	29±0

Из результатов, представленных в таблице, можно сделать вывод, что при выпечке в пароконвектомате в режиме 100%-ной конвекции при температуре, указанной в сборниках рецептур, изделия имеют дефекты, существенно снижающие качество продукции. Выпечка в режиме «пар : конвекция» в интервале пара 10–30 % обеспечивает достойные органолептические показатели.

Аналогичные результаты показали исследования влияния пароконвекционного режима на качество булочек «Ажурная» и «Ванильная». При увеличении количества пара от 0 до 10 % выявлены незначительные изменения в органолептических показателях по сравнению с контрольным образцом. При увеличении пара от 10 до 20 % появилось равномерное окрашивание корочки, пористость стала более развитой, визуально заметно увеличение объема булочек. С увеличением пара от 20 до 30 % значительно улучшились органолептические показатели качества, мякиш стал эластичным, пористость равномерной, запах – ярко выраженным сдобного изделия. При дальнейшем увеличении количества пара с 30 до 40 % булочки теряли товарный вид, поэтому дальнейшее увеличение пара было не целесообразно.

Изучение влияния качества муки на качество сдобных булочных изделий выявило, что в основном различия наблюдаются в консистенции мякиша образцов, что можно связать с различиями в количестве и качестве клейковины. Однако балльная оценка показала, что оба образца соответствуют оценке «отлично», т.е. различия в качестве образцов из муки «Алейка» и «Беляевская» не существенны.

Достаточно объективным методом оценки влияния режимов и параметров выпечки на качество изделий является сравнение удельного объема исследуемых образцов. Для сравнения были выбраны образцы:

- 1 образец – жарочный шкаф, 200 °С, 12 мин, мука «Алейка»;
- 2 образец – пароконвектомат, 80 % конвекции + 20 % пара, 160 °С, 13 мин., мука «Алейка».

Удельный объем исследуемых образцов составил 2,4±0,1 мл/г и 3±0,1 мл/г соответственно. Т.о., удельный объем изделий меняется в зависимости от вида теплового оборудования и режима выпекания.

Физико-химические показатели качества всех исследуемых образцов сдобных изделий (влажность, кислотность) соответствовали требуемым значениям.

В целом можно отметить, что на основании проведенной органолептической оценки наилучшими показателями качества обладали изделия, которые выпекались в пароконвектомате при соотношении пара 20–30 % и конвекции 70–80 %. Однако исследования показали, что продолжительность выпечки следует определять в каждом конкретном случае индивидуально, исходя из массы тестовой заготовки, формы и желаемого цвета поверхности.

Влияние режимов выпечки в пароконвектомате на упек хлебобулочных изделий

Снижение потерь сырья и увеличение выхода готовых изделий напрямую влияет на важнейшую потребительскую характеристику – цену изделия, что особенно актуально для социального сектора общественного питания. Поэтому изучение влияния режимов и параметров выпечки на упек сдобных булочных изделий представляло особый интерес.

Данные по изучению зависимости величины упека от режимов и параметров выпечки сдобы обыкновенной представлены в табл. 3.

В результате расчета упека готовых кондитерских изделий было выявлено, что наименьший

процент упека был у образцов, выпеченных в пароконвектомате при 80 % конвекции + 20 % пара и при 70 % конвекции + 30 % пара.

Сдобные булочки «Ванильная» и «Ажурная» отличаются от сдобы обыкновенной формой (круглая либо фигурная без слоения), а также большей массой (75 г), соответственно имеют меньшую зону испарения и существенно меньшую величину упека. Влияние режимов и параметров выпечки на упек данных изделий представлено в табл. 4.

Для жарочного шкафа использовали традиционные режимы выпечки для данных мелкоштучных хлебобулочных изделий – температура 200 °С, продолжительность 15 мин. Для пароконвектомата исследовали возможность изменения режимов и параметров выпечки, в диапазоне пара от 0 до 40 % с интервалом 5 % при температуре 180 °С.

Результаты показывают, что изделия, изготавливаемые в жарочном шкафу, имеют меньший показатель упека, что можно объяснить тем, что быстрее происходит процесс образования корки и быстрее прекращается испарение. При использовании пароконвектомата этот момент отодвигается за счет увеличения количества поступаемого пара, упек увеличивается. Однако разница составляет 1–1,5 %, что, учитывая сравнительно небольшие объемы выработки сдобных булочных изделий в условиях предприятий общественного питания, можно считать несущественным. Также представляет интерес продолжение исследований в данном направлении, снижая температуру выпечки, либо применяя комбинированные режимы.

Таблица 3

Влияние на величину упека режимов и параметров выпечки сдобы обыкновенной

Номер образца	Вид используемого оборудования	Режимы и параметры	Упек, %
1	Жарочный шкаф	200 °С, 12 мин	15
2	Паро-конвектомат	100 % конвекции, 200 °С, 7 мин	14,3
3		90 % конвекции + 10 % пара, 160 °С, 13 мин	15,5
4		80 % конвекции + 20 % пара, 160 °С, 13 мин	12,8
5		70 % конвекции + 30 % пара, 160 °С, 13 мин	13

Таблица 4

Влияние на величину упека режимов и параметров выпечки булочек «Ванильная» и «Ажурная»

Мука	Режимы и параметры				Упек, %
	пар, %	конвекция, %	время, мин	температура, °С	
булочка «Ванильная»					
«Алейка»	жарочный шкаф		15	200	4,1
	0	100	9	180	4,3
	10	90	9	180	4,5
	20	80	10	180	4,9
	20	80	8	180	4,9
	25	75	8	180	5,3
	30	70	9	180	5,7
	40	60	9	180	6,9
«Беляевская»	жарочный шкаф		15	200	4,5
	0	100	9	180	4,7
	10	90	9	180	4,7
	20	80	10	180	4,9
	20	80	8	180	4,9
	25	75	8	180	5,1
	30	70	9	180	5,6
	40	60	9	180	6,0
булочка «Ажурная»					
«Алейка»	жарочный шкаф		15	200	4,9
	0	100	9	180	5,6
	10	90	9	180	5,6
	20	80	10	180	5,8
	20	80	8	180	5,8
	25	75	8	180	6,0
	30	70	9	180	6,2
	40	60	9	180	6,5
«Беляевская»	жарочный шкаф		15	200	5,3
	0	100	9	180	5,9
	10	90	9	180	6,1
	20	80	10	180	6,2
	20	80	8	180	6,2
	25	75	8	180	6,3
	30	70	9	180	6,4
	40	60	9	180	6,8

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать следующие выводы.

1. Различия в качестве исследуемых образцов муки не существенно влияют на качество сдобных булочных изделий, выпекаемых в условиях предприятия общественного питания.

2. Наилучшими показателями качества и наименьшим упеком обладали изделия, которые выпекались в пароконвектомате при соотношении пара и конвекции 20–30 и 70–80 % соответственно.

3. Продолжительность выпечки следует определять в каждом конкретном случае индивидуально, исходя из массы тестовой заготовки, формы и желаемого цвета поверхности.

Список литературы

1. Danowska-Oziewicz, M. The Effect of Cooking in a Steam-convection Oven and Storage in Vacuum on the Quality of Turkey Meat / M. Danowska-Oziewicz, M. Karpińska-Tymoszczyk, J. Borowski, I. Białobrzewski, P. Zapotoczny // Food Science and Technology International. – 2009. – Vol. 15. – no. 4. – Pp. 345–356.

2. Alvarez, M.D. Kinetics of thermal softening of potato tissue heated by different methods / M.D. Alvarez., W. Canet // European Food Research and Technology. – 2001. – Vol. 212. – no. 4. – Pp. 454–464.

3. Баранец, С.Ю. Влияние способов технологической обработки сырья животного происхождения на потребительские свойства готовой продукции / С.Ю. Баранец, М.С. Куракин, Н.Г. Костина [и др.] // Техника и технология пищевых производств, 2015. – № 1 (36). – С. 5–11.

4. Родионова, Н.С. Ресурсосберегающие режимы обработки функциональных кулинарных изделий в пароконвектомате / Н.С. Родионова, Н.П. Зацепилина, В.В. Фурсова // Хранение и переработка сельхозсырья, 2010. – № 5. – С. 58–60.

5. Лоза, А.В. Применение на кораблях пароконвекционных печей для выпечки хлеба / А.В. Лоза // Судостроение. – 2005. – № 3. – С. 69–70.

6. Кирик, И.М. Экспериментальное исследование процесса тепловой обработки тестовых заготовок в пароконвектомате / И.М. Кирик, А.В. Кирик // Труды Таврического государственного агротехнологического университета, 2012. – Т. 12. – № 2. – С. 185–202.

7. Пучкова, Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л.И. Пучкова. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 264 с.

8. Романов, А.С. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность / А.С. Романов, Н.И. Давыденко, Л.Н. Шатнюк [и др.]; под общ. ред. В.М. Позняковского. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2010. – 258 с.

References

1. Danowska-Oziewicz M., Karpińska-Tymoszczyk M., Borowski J., Białobrzewski I., Zapotoczny P. The Effect of Cooking in a Steam-convection Oven and Storage in Vacuum on the Quality of Turkey Meat. *Food Science and Technology International*, 2009, vol. 15, no. 4, pp. 345–356. DOI: 10.1177/1082013209346580.

2. Alvarez M.D., Canet W. Kinetics of thermal softening of potato tissue heated by different methods. *European Food Research and Technology*, 2001, vol. 212, no. 4, pp. 454–464. DOI: 10.1007/s002170000278.

3. Baranets S.Yu., Kurakin M.S., Kostina N.G. et al. Vliyanie sposobov tekhnologicheskoy obrabotki syr'ya zhivotnogo proiskhozhdeniya na potrebitel'skie svoystva gotovoy produktsii [Influence of ways of processing raw materials of animal origin for consumer properties of finished products]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, no. 1 (36), pp. 5–11.

4. Rodionova N.S., Zatsepilina N.P., Fursova V.V. Resursosberegayushchie rezhimy obrabotki funktsional'nykh kulinarnykh izdeliy v parokonvektomate [Resource-saving modes processing functional food products in the combi steamer]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of farm products], 2010, no. 5, pp. 58–60.

5. Loza A.V. Primenenie na korablyakh parokonvektsionnykh pechey dlya vypechki khleba [The use of ships steam convection ovens for baking bread]. *Sudostroenie* [Shipbuilding], 2005, no. 3, pp. 69–70.

6. Kirik I.M., Kirik A.V. Eksperimental'noe issledovanie protsessa teplovoy obrabotki testovykh zagotovok v parokonvektomate [Experimental study of heat treatment of dough pieces in the steam convection ovens]. *Trudy tavricheskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta* [Works of the Tavij State Agricultural University], 2012, vol. 12, no. 2, pp. 185–202.

7. Puchkova L.I. *Laboratornyy praktikum po tekhnologii khlebopekarnogo proizvodstva* [Laboratory workshop on baking production technology]. St. Peterburg: GIORD Publ., 2004. 264 p.

8. Romanov A.S., Davydenko N.I., Shatnyuk L.N. et al. *Ekspertiza khleba i khlebobulochnykh izdeliy. Kachestvo i bezopasnost'* [Expertise of bread and bakery products. Quality and safety]. Novosibirsk: Sibirian University Publ., 2010. 258 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Влияние режимов и параметров выпечки в пароконвектомате на качество сдобных булочных изделий / Н.И. Давыденко, А.И. Уржумова, Г.И. Шевелева, Р.З. Григорьева // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 11–16.

Davydenko N.I., Urzhumova A.I., Sheveleva G.I., Grigor'eva R.Z. Effect of baking modes and options in a steam-convection oven on quality of buns. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 11–16 (In Russ.).

Давыденко Наталия Ивановна
д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: nat1861@yandex.ru

Уржумова Анна Игоревна
аспирант кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: karchevnaya@yandex.ru

Шевелева Галина Ивановна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

Григорьева Роза Завдатовна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

Nataliia I. Davydenko
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of technology and organization of public catering, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: nat1861@yandex.ru

Anna I. Urzhumova
Postgraduate Student of the Department of technology and organization of public catering, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: karchevnaya@yandex.ru

Galina I. Sheveleva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of technology and organization of public catering, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

Roza Z. Grigor'eva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of Department of technology and organization of public catering, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

УДК 663.542

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ДИСТИЛЛЯТА ИЗ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА. Часть 1. Динамика распределения летучих компонентов при дистилляции сброженного сусла

Л.Н. Крикунова, В.А. Песчанская, Е.В. Дубинина*

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности»
119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, 7

**e-mail: elena-vd@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 02.02.2017
Дата принятия в печать: 02.03.2017

Аннотация. Топинамбур, или земляная груша, является одним из перспективных видов сырья для производства высококачественной алкогольной продукции в Российской Федерации. Топинамбур представляет интерес как сырье для производства спиртных напитков в связи с его широкой распространенностью, высокой холодоустойчивостью и неприхотливостью к условиям окружающей среды. Кроме того, клубни топинамбура богаты потенциально сбраживаемыми углеводами. Выход спирта из топинамбура в среднем в 1,5–3,5 раза выше, чем из пшеницы или картофеля. В данной работе была изучена динамика распределения летучих компонентов при дистилляции сброженного сусла из топинамбура. Также установлено влияние на процесс способа подготовки исходного сырья к дистилляции. В результате исследований были выявлены общие закономерности распределения основных летучих компонентов по фракциям при дистилляции сброженного сусла из свежих клубней топинамбура. Полученные данные позволили установить точки экстремумов для ацетальдегида, этилацетата, высших спиртов, фенилэтилового спирта и энантового эфира, которые в значительной степени определяют органолептический профиль спиртного напитка. Показано, что распределение ацетальдегида, этилацетата, метанола и высших спиртов не зависит от способа подготовки сырья к дистилляции и длительности процесса сбраживания. Установлено, что способ подготовки сырья оказывает влияние на распределение фенилэтилового спирта и энантового эфира. Использование одностадийного способа подготовки топинамбура позволило получить дистиллят с более высокой концентрацией энантового эфира от 7 до 30 %, что положительно отразилось на аромате и вкусе дистиллята.

Ключевые слова. Топинамбур, сброженное сусло, летучие компоненты, дистилляция

SOME ASPECTS OF DISTILLATE PRODUCTION FROM JERUSALEM ARTICHOKE TUBERS. Part 1. Dynamic of distribution of volatile components by distillation of fermented wort

L.N. Krikunova, V.A. Peschanskaya, E.V. Dubinina*

All-Russian Research Institute of Brewing, Nonalcoholic and Wine Industry,
7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia

**e-mail: elena-vd@yandex.ru*

Received: 02.02.2017
Accepted: 02.03.2017

Annotation. Topinambour or Jerusalem artichoke is one of the promising raw materials for production of high quality alcoholic beverages in the Russian Federation. Jerusalem artichoke is of interest as a raw material for production of alcoholic beverages because of its wide prevalence, high cold resistance and flexibility to environmental conditions. In addition, the tubers of Jerusalem artichoke are rich in potentially fermentable carbohydrates. The yield of alcohol from Jerusalem artichoke is in average 1.5 – 3.5 times higher than that from wheat or potato. In this study, the dynamics of distribution of volatile compounds during distillation of fermented wort of Jerusalem artichoke has been investigated. The way the method of preparation of raw materials for distillation influences this process has also been determined. As a result of the research common regularities of distribution of individual volatile components in fractions during distillation of fermented wort of Jerusalem artichoke have been revealed. The obtained data allowed us to define the extremum points for acetaldehyde, ethyl acetate, pure spirit of best quality, phenylethyl alcohol and enanth ester which largely determine sensory profile of spirits. It has been shown that the distribution of acetaldehyde, ethyl acetate, methanol and higher alcohols does not depend on the method of preparation of raw materials for distillation and the time of fermentation. It has been established that the method of preparation of raw materials affects the distribution of phenylethyl alcohol and enanth ester during distillation. The use of one-stage method of Jerusalem artichoke preparation makes it possible to obtain distillate of higher concentration of enanth ester from 7 % to 30 % thus positively affecting the flavor and taste of the distillate.

Key words. Jerusalem artichoke, fermented wort, volatile components, distillation

Введение

В современных условиях жесткой конкуренции предприятия пищевой промышленности могут успешно работать только при условии выпуска конечной продукции, отвечающей требованиям потребителя одновременно по двум параметрам: качество и цена. Несоответствие продукции хотя бы по одному из них делает ее неконкурентоспособной. В полной мере это относится и к крепкой алкогольной продукции на основе дистиллятов из растительного сырья, таких как коньяк, бренди, виски, кальвадос и др.

Научные разработки отечественных ученых позволяют с успехом развивать производство алкогольной продукции на основе фруктовых (плодовых) дистиллятов с учетом особенностей сырьевой базы страны [1, 2, 3]. Научный и практический интерес также представляют исследования, посвященные спиртным напиткам из злаков [4, 5, 6]. Одним из перспективных видов сырья для производства высококачественной алкогольной продукции в Российской Федерации может служить топинамбур [7].

Топинамбур, или земляная груша, является высокопродуктивным клубненосным растением из семейства сложноцветных (*Compositae*) и принадлежит к роду *Helianthus*. Он устойчив к неблагоприятным условиям и эффективно использует солнечную энергию для роста и развития. Имея мощную корневую систему, растение хорошо переносит засухи и обладает высокой холодоустойчивостью. Клубни выдерживают замораживание до минус 20 ºС, не теряя при этом жизнеспособности.

Топинамбур не имеет специализированных вредителей и болезней и не накапливает после себя ингибиторов роста и токсинов. Культура устойчива к гибельным для других растений концентрациям ксенобиотиков, переносит повышенное содержание окислов серы, азота, сероводорода, аммиака и других газов.

Широкий интерес к использованию топинамбура в ряде отраслей пищевой промышленности объясняется высокой экономической эффективностью производства. Так, в спиртовой отрасли топинамбур считается одним из самых дешевых видов сырья. Выход спирта из него в 1,5–3,5 раза выше, чем при переработке картофеля и зерна при пересчете на 1 га [8].

Химический состав топинамбура показывает, что содержание сухих веществ в клубнях колеблется в пределах 19–30 % [9, 10]. Среди них преобладают углеводы, которые представляют основной интерес для производителей спиртных напитков. Их количество может достигать 80 и даже 90 % от сухих веществ [10]. Среди потенциально сбраживаемых углеводов основу составляют фруктоза и ее полимеры различной степени сложности, высшим гомологом которых является инулин. Массовая доля потенциально сбраживаемых углеводов в топинамбуре превышает их содержание в крахмалосодержащем сырье (зерне) в среднем на 15–20 %. Кроме того, с позиции оценки биохимического состава, к преимуществам топинамбура, по сравнению с зерном, следует отнести то, что крахмал зерна, состоящий из двух полимеров – линейного (амилозы) и разветвленного (амилопектина) труднее подвергается водно-тепловой и ферментативной обработке, чем инулин и его фракции, так как последний является линейным полимером и имеет меньшую молекулярную массу.

Эффективность ферментативного гидролиза инулина напрямую зависит от фракционного состава его фруктозанов (ФI – редуцирующих свободных сахаров; ФII – олигосахаридов и низкомолекулярных фракций инулина; ФIII – высокомолекулярных фракций инулина) [11]. Олигосахариды, низко- и высокомолекулярные фракции инулина непосредственно дрожжами рода *Saccharomyces cerevisiae* не могут сбраживаться и должны пройти стадию осахаривания.

При разработке новой технологии спиртных напитков следует учитывать, что топинамбур содержит повышенное количество пектиновых веществ. Среди них преобладает нерастворимый протопектин [12], что следует считать положительным с позиции оценки данного вида сырья. Вместе с тем, пектин топинамбура характеризуется высокой степенью метоксилирования, то есть в случае ферментативного гидролиза сырья под действием пектинэстеразы в конечном продукте может накапливаться сверхнормативное содержание метилового спирта. Данные о пектинэстеразе топинамбура [13] позволяют прогнозировать содержание метанола в продукте и рекомендовать на основе теоретических предпосылок оптимальные технологические параметры на всех стадиях переработки клубней.

Имеющиеся в научно-технической литературе материалы посвящены вопросам переработки свежих клубней топинамбура и в первую очередь, они касаются технологий получения пищевого этилового спирта. Условно данные технологии могут быть разделены на два класса. В соответствии с первым, сырье подвергают перед ректификацией двухстадийной обработке, то есть сначала получают осахаренное сусло из измельченного материала, а затем вносят в него засевные дрожжи и проводят процесс сбраживания. На стадии получения осахаренного сусла отечественными специалистами показана перспективность ферментативного гидролиза инулина сырья [11, 14]. Причем он может быть осуществлен как под действием собственных инулиназ сырья (они достаточно активны в топинамбуре [14]), так и путем внесения в среду ферментных препаратов, обладающих данной активностью.

Одностадийный способ подготовки клубней топинамбура к дистилляции предлагают немецкие специалисты [15]. Однако предлагаемая схема имеет ряд недостатков: во-первых, длительность процесса сбраживания составляет 4–8 суток, что при естественном pH среды сопряжено с большой вероятностью контаминации посторонней микрофлорой, во-вторых, для повышения технологичности сред, в частности, снижения вязкости, способ предусматривает применение ферментных препаратов пектолитического спектра действия, что приводит к повышению концентрации метанола в дистилляте.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования использовали:

- клубни топинамбура сорта Скороспелка осеннего сбора урожая;

- сброженное сусло, подготовленное к дистилляции по двух- и одностадийному способам;

- дистиллят из клубней топинамбура.

Для определения физико-химических показателей объектов исследования применяли стандартизированные методы анализа, а также методики, разработанные специалистами ФГБНУ ВНИИПБиВП и аттестованные в установленном порядке. Определение массовой доли инулина проводили методом, основанным на извлечении инулина из растительного сырья горячей водой, последующем кислотном гидролизе и определении редуцирующих сахаров. Качественный и количественный состав летучих компонентов в сброженном сусле и дистилляте из топинамбура определяли методом газовой хроматографии, наиболее часто используемым для изучения летучих компонентов в спиртных напитках. Использовали газовый хроматограф «Кристалл 5000.1» («Хроматек», Россия) с пламенно-ионизационным детектором (предел детектирования не более 5·10–12 г С/с), автосамплером, компьютером с автоматической системой сбора и обработки хроматографической информации. Хроматографическая колонка – HP FFAP: длина 50 м, внутренний диаметр 0,32 мм с толщиной пленки неподвижной фазы 0,5 мкм [16].

Обработка полученных экспериментальных данных осуществлялась с использованием методов математической статистики и компьютерной программы Microsoft Excel 2011.

Результаты и их обсуждение

Исходное сырье – свежие клубни топинамбура с массовой долей влаги 75,6 % и с массовой долей инулина 70,7 % – предварительно подвергали двухстадийной мойке при общем гидромодуле сырье : вода – 1 : 5. Длительность процесса на каждой стадии составляла 10 мин при периодическом перемешивании, что имитировало работу барабанной моечной машины. В результате мойки влажность клубней топинамбура повышалась в среднем на 2,0 %, что было учтено при расчете выхода дистиллята. Отмытые клубни измельчали на дробилке «Speidel» («Arnold Holstein», Германия) до размера частиц не более 5 х 5 мм.

Далее для получения осахаренного сусла по двухстадийному способу подготовки сырья к дистилляции смесь измельченного сырья и воды при гидромодуле 1 : 0,5 подвергали гидролизу при естественном pH 6,1 и температуре 50–55 ºС при периодическом перемешивании. Данные параметры проведения процесса были выбраны по результатам исследований работы, предусматривающей переработку свежих клубней топинамбура в спиртовой отрасли [11]. Процесс ферментативного гидролиза инулина сырья проходил под действием собственных инулиназ топинамбура и микробной экзоинулиназы ферментного препарата Inul A. Awamori [17] (норма внесения – 3,0 ед. ИН/г инулина сырья).

Ранее установлено [11], что длительность процесса сбраживания осахаренного сусла, полученного при гидролизе инулина под действием собственных инулиназ сырья, составляет трое суток. Дополнительное внесение микробной инулиназы могло сократить длительность процесса сбраживания, поэтому в данной работе исследованы два варианта подготовки сырья к дистилляции по двухстадийному способу: образец 1 – двое суток сбраживания; образец 2 – трое суток сбраживания.

С целью устранения недостатков одностадийного способа подготовки клубней топинамбура к дистилляции, предложенного немецкими специалистами, в настоящей работе процесс проводили с подкислением среды до pH 4,5 (оптимальное значение для действия микробной экзоинулиназы) раствором серной кислоты и дополнительным внесением активатора брожения «Витамон Комби» (норма внесения – 30 мг/100 г сусла). Длительность процесса при этих условиях составляла от трех до четырех суток.

Сбраживание всех опытных образцов проводили с использованием сухих спиртовых дрожжей *Fermiol*. Внесение предварительно активированных дрожжей осуществлялось по массе: 100 мг дрожжей на 100 г сусла. Процесс сбраживания проводили при температуре 28–30 ºС.

Показано (табл. 1), что суммарное содержание основных летучих компонентов в сброженном сусле зависит как от способа подготовки сырья к дистилляции, так и от длительности процесса сбраживания. Так, двухстадийный способ по сравнению с одностадийным характеризуется меньшим накоплением в сброженном сусле ацетальдегида и этилацетата и повышенным содержанием высших спиртов и фенилэтилового спирта. При этом отмечено изменение соотношения концентрации изоамилола и суммы спиртов 1-пропанол и изобутанол: при двухстадином способе данный показатель варьируется – от 1 ÷ 0,92 до 1 ÷ 1,10, а при одностадийном от 1 ÷ 1,26 до 1 ÷ 1,32.

Таким образом, сравнительная характеристика образцов сброженного сусла из свежих клубней топинамбура по содержанию основных летучих компонентов показала преимущества двухстадийного способа подготовки сырья к дистилляции по сравнению с одностадийным.

Длительность процесса сбраживания также влияет на накопление в сброженном сусле определенных летучих компонентов. Так, при двухстадийном способе увеличение длительности сбраживания с двух суток до трех суток (образец 1 и образец 2) приводит к повышению содержания ацетальдегида почти в 2 раза, метанола – на 8,3 % и к снижению суммы высших спиртов на 27,8 %. Что, как известно, может отрицательно повлиять на органолептические характеристики конечного продукта.

Полученные образцы сброженного сусла далее подвергали однократной дистилляции с использованием дистиллятора фирмы «Kothe Destillationstechnik» (Германия).

На данном этапе работы на основании определения крепости и оценки органолептических показателей осуществляли дробный отбор фракций. В табл. 2 и 3 представлены данные по распределению основных летучих компонентов сброженного сусла из свежих клубней топинамбура, полученного с использованием спиртовых дрожжей *Fermiol* по двух- и одностадийному способу подготовки сырья к дистилляции. Для получения сопоставимых результатов ис-

следованных четырех образцов данные по конкретной крепости были пересчитаны на крепости: Ф1 = 87 % об.; Ф2 = 88 % об., Ф3 = 87 % об., Ф4 = 86 % об., Ф5 = 70 % об., Ф6 = 25 % об. Фактические значения крепости варьировались соответственно в пределах: для Ф1 (± 0,4 ÷ 2,0 % об.), для Ф2 (± 0,3 ÷ 0,5 % об.), для Ф3 (± 0,4 ÷ 1,5 % об.), для Ф4 (± 0,1 ÷ 2,0 % об.), для Ф5 (± 2,0 ÷ 10,0 % об.), для Ф6 (± 4,0 ÷ 10,3 % об.).

Анализ полученных данных позволил выявить общие закономерности распределения основных летучих компонентов по фракциям при дистилляции сброженного сусла из свежих клубней топинамбура, не зависящие от способа подготовки сырья к дистилляции и длительности процесса сбраживания:

- концентрирование ацетальдегида и этилацетата во фракции Ф1 и их повышенное количество во фракции Ф2;
- содержание метанола во всех фракциях в сопоставимых значениях, кроме фракции Ф6;
- перераспределение высших спиртов с их максимальным содержанием во фракциях Ф2–Ф5;
- концентрирование фенилэтилового спирта во фракциях Ф5 и Ф6.

Вместе с тем, абсолютное значение содержания отдельных летучих компонентов во фракциях варьируется в довольно широких пределах в зависимости от качественных показателей образцов сусла, подвергнутых дистилляции.

Так, содержание ацетальдегида во фракции Ф1 изменяется от 445 до 2931мг/дм^3, во фракции Ф2 находится в пределах 62 ÷ 193 мг/дм^3, т.е. меняется в 6,6 и 3,1 раза соответственно. Содержание этих компонентов в образцах сброженного сусла варьируется соответственно от 83 до 375 мг/дм^3 и от 53 до 87 мг/дм^3, т.е. меняется в 4,5 и в 1,6 раз. Таким образом, не установлена зависимость по данным компонентам между их содержанием в сброженном сусле и во фракциях Ф1 и Ф2.

Полученные данные по изменению концентрации метанола в процессе фракционированной дистилляции сброженного сусла из топинамбура показали, что она в значительной степени определяется крепостью фракции. Минимальное значение концентрации метанола отмечено во фракции Ф6.

Также было выявлено, что для всех образцов точка ярко выраженного экстремума массовой концентрации высших спиртов соответствовала фракции Ф4.

Массовая концентрация фенилэтилового спирта в сусле находилась в пределах 125÷207 мг/дм^3, т.е. в зависимости от способа подготовки сырья к дистилляции и длительности процесса сбраживания изменялась в 1,7 раз; суммарное содержание во фракциях дистиллята Ф5 и Ф6, полученного из этих образцов, составляло – 79÷121, т.е. изменялось в 1,5 раза. Таким образом, полученные данные позволяют сделать предположение о том, что содержание фенилэтилового спирта в большей степени зависит от режимных параметров получения сброженного сусла, чем от процесса дистилляции.

Важным показателем качества, с точки зрения органолептической характеристики, является массовая концентрация энантового эфира (в данной работе – это суммарное содержание этилкаприлата, этилкапрата и этилкаприната). Данные, представленные в табл. 2 и 3, свидетельствуют о смещении экстремумов его концентрации в сторону средней фракции при дистилляции сусла, подготовленного по одностадийному способу. В результате это привело к увеличению концентрации энантового эфира в средней фракции на 7–30 %, что положительно отразилось на аромате и вкусе полученных дистиллятов.

В целом, изученная динамика распределения летучих компонентов при дистилляции сброженного сусла из топинамбура позволит рассчитать баланс их распределения по фракциям, который может быть положен в основу научно-практического обоснования при разработке высокоэффективной технологии спиртных напитков на основе дистиллята из топинамбура. Результаты исследований будут опубликованы во второй и третьей частях работы.

Таблица 1

Сравнительная характеристика образцов сброженного сусла из свежих клубней топинамбура по содержанию основных летучих компонентов в зависимости способа подготовки сырья к дистилляции

Содержание летучих компонентов, мг/дм^3 безводного спирта	Двухстадийный способ		Одностадийный способ	
	Образец 1 (Т = 2 суток)	Образец 2 (Т = 3 суток)	Образец 3 (Т = 3 суток)	Образец 4 (Т = 4 суток)
Ацетальдегид	83	163	375	242
Этилацетат	68	53	87	75
Метанол	4676	5064	4893	4919
Высшие спирты, в т.ч.:	4241	3064	3065	2957
- 1-пропанол	674	610	542	480
- изобутанол	1537	795	778	802
- изоамилол	2030	1659	1745	1675
Энантовый эфир	24	33	30	30
Фенилэтиловый спирт	147	207	142	125
Сумма летучих компонентов*	**9370**	**8650**	**8732**	**8538**

Таблица 2

Изменение концентрации летучих компонентов при фракционированной дистилляции сброженного сусла из топинамбура (двухстадийный способ)

Массовая концентрация летучих компонентов, мг/дм^3	Образец 1						Образец 2					
	Головная фракция	Средняя фракция				Хвостовая фракция	Головная фракция	Средняя фракция				Хвостовая фракция
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6
Ацетальдегид	545	62	28	18	12	5	1465	193	64	22	18	12
Этилацетат	1421	188	42	20	8	2	880	148	25	7	6	3
Метанол	4541	4321	3521	4125	3877	1566	5705	4846	4109	4829	4756	2206
Высшие спирты, в т.ч.:	3075	4334	5305	6568	2154	220	1494	1778	1939	2889	508	117
- 1-пропанол	683	934	1081	1375	608	102	385	448	484	658	217	60
- изобутанол	1451	1934	2127	1969	452	53	634	729	766	673	97	22
- изоамилол	941	1466	2097	3224	1094	65	475	601	689	1558	194	35
Энантовый эфир	40	41	39	28	16	2	30	31	33	36	13	1
Фенилэтиловый спирт	11	3	3	5	26	60	4	2	2	6	61	60
Сумма летучих компонентов*	**9804**	**9074**	**9011**	**10846**	**6134**	**1864**	**9680**	**7142**	**6281**	**7849**	**5410**	**2429**

Таблица 3

Изменение концентрации летучих компонентов при фракционированной дистилляции сброженного сусла из топинамбура (одностадийный способ)

Массовая концентрация летучих компонентов, мг/дм^3	Образец 1						Образец 2					
	Головная фракция	Средняя фракция				Хвостовая фракция	Головная фракция	Средняя фракция				Хвостовая фракция
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6
Ацетальдегид	2931	175	71	26	18	15	1552	190	73	27	20	13
Этилацетат	1241	127	21	9	8	4	1295	158	37	9	8	3
Метанол	6050	5168	4534	4703	4731	2801	5866	4822	4595	4456	4843	2288
Высшие спирты, в т.ч.:	1578	2216	2968	3735	1129	98	1843	2442	3119	3383	1348	113
- 1-пропанол	347	454	565	697	270	50	391	496	605	666	344	54
- изобутанол	739	988	1195	1060	193	18	833	1039	1189	955	243	22
- изоамилол	492	774	1208	1978	666	30	619	907	1325	1762	761	37
Энантовый эфир	20	35	47	31	20	2	38	48	49	29	23	2
Фенилэтиловый спирт	7	2	2	3	22	80	3	2	2	3	17	62
Сумма летучих компонентов*	**11949**	**7850**	**7717**	**8582**	**5982**	**3045**	**10723**	**7779**	**7956**	**7977**	**6314**	**2505**

Примечание. * В табл. 1–3 при расчете суммы летучих компонентов учитывались все идентифицированные примеси, некоторые из них в иллюстративный материал не включены.

Список литературы

1. Оганесянц, Л.А. Теория и практика плодового виноделия / Л.А. Оганесянц, А.Л. Панасюк, Б.Б. Рейтблат. – М.: Промышленно-консалтинговая группа «Развитие» по заказу ГНУ ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности, 2011. – 396 с.

2. Научные аспекты производства крепких спиртных напитков из плодового сырья / Л.А. Оганесянц [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2012. – № 1. – С. 18–19.

3. Динамика распределения летучих компонентов при дистилляции вишневой мезги / Л.А. Оганесянц [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2016. – № 2. – С. 9–13.

4. Оганесянц, Л.А. Влияние вида сырья на процесс сбраживания сусла для производства зерновых дистиллятов / Л.А. Оганесянц, Л.Н. Крикунова, В.А. Песчанская // Пиво и напитки. – 2014. – № 4.– С. 22–24.

5. Патент № 2557397 РФ, C12G3/00, C12G3/12, C12G3/10. Способ производства дистиллята из зернового сырья / Оганесянц Л.А., Песчанская В.А., Крикунова Л.Н., Рябова С.М.; заявл. 23.10.2014, опубл. 20.07.2015, Бюл. № 20.

6. Патент № 2557399 РФ, C12G3/12, C12G3/10. Способ производства дистиллята из зернового сырья / Оганесянц Л.А., Песчанская В.А., Крикунова Л.Н., Осипова В.П.; заявл. 23.10.2014, опуб. 20.07.2015, Бюл. № 20.

7. Оганесянц, Л.А. Технико-экономическое обоснование перспектив производства спиртных напитков из топинамбура / Л.А. Оганесянц, В.А. Песчанская, В.П. Осипова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – № 4. – С. 5–9.

8. Технология и оборудование для глубокой переработки топинамбура: получение спирта / Г.П. Варламов [и др.] // Тракторы и с/х машины. – 1999. – № 7. – С. 9–11.

9. Васильева, Е.А. Использование добавок из топинамбура для расширения ассортимента продукции / Е.А. Васильева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 1. – С. 51–54.

10. Кочнев, Н.К. Топинамбур – биоэнергическая культура XXI века / Н.К. Кочнев, М.В. Калиничева. – М.: Арес, 2002. – 76 с.

11. Крикунова, Л.Н. Энерго- и ресурсосберегающая технология этанола из топинамбура I. Сравнительная характеристика способов подготовки сырья к сбраживанию / Л.Н. Крикунова, М.М. Александрова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2000. – № 6. – С. 64–67.

12. Крикунова, Л.Н. Пектиновые вещества топинамбура: содержание, распределение по аналитическим частям, свойства / Л.Н. Крикунова, М.В. Гернет, Д.В. Чечеткин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 5. – С. 50–54.

13. Чечеткин, Д.В. Пектинэстераза топинамбура: активность, свойства / Д.В. Чечеткин, Г.П. Карпиленко, Л.Н. Крикунова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2006. – № 3. – С. 18–20.

14. Чечеткин, Д.В. Исследование процесса гидролиза фруктозанов топинамбура под действием собственных гидролаз сырья / Д.В. Чечеткин, Л.Н. Крикунова, Г.П. Карпиленко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 4. – С. 43–46.

15. Scholten Technologie der Obstbrennerei / P. Dürr, W. Albrecht, M. Gossinger, K. Hagmann, G. Pulver // Handbuch der lebensmitteltechnologie, Eugen Ulmer KG, Germany. – 2010. – 326 p.

16. Методика измерений массовой концентрации летучих компонентов в продуктах брожения методом газовой хроматографии. Свидетельство об аттестации № 01.00225/205-46-11 от 28.06.2011, регистрационный код по Федеральному реестру ФР.1.31.2011.10467.

17. Выделение и свойства рекомбинантных инулиназ *Aspergillus* sp. / В.П. Волков [и др.] // Биохимия. – 2012. – Т. 77. – Вып. 5. – С. 611–621.

References

1. Oganesyants L.A., Panasyuk A.L., Reytblat B.B. *Teoriya i praktika plodovogo vinodeliya* [Theory and practice of fruit winemaking]. Moscow: Promyshlenno-konsaltingovaya gruppa «Razvitie», 2011. 396 p.

2. Oganesyants L.A., Reytblat B.B., Peschanskaya V.A., Dubinina E.V. Nauchnye aspekty proizvodstva krepkikh spirtnykh napitkov iz plodovogo syr'ya [The scientific aspects of the production of spirits from fruit raw materials]. *Vinodelie i vinogradarstvo* [Winemaking and viticulture], 2012, no. 1, pp. 18–19.

3. Oganesyants L.A., Krikunova L.N., Dubinina E.V., Alieva G.A. Dinamika raspredeleniya letuchikh komponentov pri distillyatsii vishnevyy mezgi [Dynamics of distribution of the volatile components at distillation of the cherry pulp]. *Vinodelie i vinogradarstvo* [Winemaking and viticulture], 2016, no. 2, pp. 9–13.

4. Oganesyants L.A., Krikunova L.N., Peschanskaya V.A. Vliyanie vida syr'ya na protsess sbrazhivaniya susla dlya proizvodstva zernovykh distillyatov [Influence of raw material on the process of wort fermentation for the production of grain distillates]. *Pivo i napitki* [Beer and drinks], 2014, no. 4, pp. 22–25.

5. Oganesyants L.A., Peschanskaya V.A., Krikunova L.N., Ryabova S.M. *Sposob proizvodstva distillyata iz zernovogo syr'ya* [Method of production of a distillate from grain raw materials]. Patent RF, no. 2557397, 2015.

6. Oganesyants L.A., Peschanskaya V.A., Krikunova L.N., Osipova V.P. *Sposob proizvodstva distillyata iz zernovogo syr'ya* [Method of production of a distillate from grain raw materials]. Patent RF, no. 2557399, 2015.

7. Oganesyants L.A., Peschanskaya V.A., Osipova V.P. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie perspektiv proizvodstva spirtnykh napitkov iz topinambura [Feasibility study of alcoholic beverages production prospects from artichoke]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of farm products], 2016, no. 4, pp. 5–9.

8. Varlamov, G.P., Dolgochev A.M., Varlamov A.G., Zimin V.S. Tehnologija i oborudovanie dlja glubokoj pererabotki topinambura: poluchenie spirta [Technology and equipment for deep processing of topinambour: getting alcohol]. *Traktory i sel''skokhozyaystvennye mashiny* [Tractors and farm machinery], 1999, no. 7, pp. 9–11.

9. Vasil'yeva E.A. Ispol'zovanie dobavok iz topinambura dlya rasshireniya assortimenta produktsii [Use of additives from American artichoke for expansion of production line]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of farm products], 2007, no. 1, pp. 51–54.

10. Kochnev N.K., Kalinicheva M.V. *Topinambur – bioenergicheskaya kul'tura XXI veka* [Jerusalem artichoke – biopower culture of the XXI century]. Moscow: Ares Publ., 2002. 76 p.

11. Krikunova L.N., Aleksandrova M.M. Energo- i resursosberegayushchaya tekhnologiya etanola iz topinambura I. Sravnitel'naya kharakteristika sposobov podgotovki syr'ya k sbrazhivaniyu [Energy - and resource-saving technology of ethanol from Jerusalem artichoke. I Comparative characteristics of methods of preparation of raw materials to the fermentation]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of farm products], 2000, no. 6, pp. 64–67.

12. Krikunova L.N., Gernet M.V., Chechetkin D.V. Pektinovye veshhestva topinambura: soderzhanie, raspredelenie po analiticheskim chastjam, svojstva [Pectinaceous substances of American artichoke: contents, distribution by anatomic parts, properties]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of farm products], 2006, no. 5, pp. 50–54.

13. Chechetkin D.V., Karpilenko G.P., Krikunova L.N. Pektinesteraza topinambura: aktivnost', svoystva [Pectinesterase of American artichoke: activity, properties]. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdeliy* [Manufacture of alcohol liqueur & vodka products], 2006, no. 3, pp. 18–20.

14. Chechetkin D.V., Krikunova L.N., Karpilenko G.P. Issledovanie protsessa gidroliza fruktozanov topinambura pod deystviem sobstvennykh gidrolaz syr'ya [Investigation of process of hydrolysis of fruictosans of American artichoke under influence of own hydrolases of raw materials]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of farm products], 2006, no 4, pp. 43–46.

15. Dürr P., Albrecht W., Gössinger M., Hagmann K., Pulver D., Scholten G. *Technologie der Obstbrennerei*. Eugen Ulmer K G, 2010. 326 p.

16. *Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii letuchikh komponentov v produktakh brozheniya metodom gazovoy khromatografii. Svidetel'stvo ob attestatsii № 01.00225/205-46-11 ot 28.06.2011, registratsionnyy kod po Federal'nomu reestru FR.1.31.2011.10467* [Method of measurement of mass concentration of volatile components in fermentation products by gas chromatography. Certificate of attestation 01.00225/205-46-11, 28.06.2011. Registration code of Federal registry FR.1.31.2011.10467].

17. Volkov P.V., Sinicina O.A., Fedorova E.A. et al. Vydelenie i svoystva rekombinantnykh inulinaz *Aspergillus* sp. [Isolation and properties of recombinant inulinases from *Aspergillus* sp]. *Biokhimiya* [Biochemistry], 2012, vol. 77, iss. 5, pp. 611–621.

Дополнительная информация / Additional Information

Крикунова, Л.Н. Некоторые аспекты производства дистиллята из клубней топинамбура. Часть 1. Динамика распределения летучих компонентов при дистилляции сброженного сусла / Л.Н. Крикунова, В.А. Песчанская, Е.В. Дубинина // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 17–23.

Krikunova L.N., Peschanskaya V.A., Dubinina E.V. Some aspects of distillate production from jerusalem artichoke tubers (Part 1. Dynamic of distribution of volatile components by distillation of fermented wort). *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 44, no. 1, pp. 17–23 (In Russ.).

Крикунова Людмила Николаевна
д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности», 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, 7, тел.: +7 (499) 255-20-21,
e-mail: cognac320@mail.ru

Ludmila N. Krikunova
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Leading researcher, All-Russian Research Institute of Brewing, Nonalcoholic and Wine Industry, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia,
phone: +7 (499) 255-20-21, e-mail: cognac320@mail.ru

Песчанская Виолетта Александровна
зав. отделом технологии крепких напитков, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности», 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, 7, тел.: +7 (499) 246-66-12

Violetta A. Peschanskaya
Head of the department of technology of hard liquor, All-Russian Research Institute of Brewing, Nonalcoholic and Wine Industry, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia,
phone: +7 (499) 246-66-12

Дубинина Елена Васильевна
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности», 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, 7, тел.: +7 (499) 246-66-12, e-mail: elena-vd@yandex.ru

Elena V. Dubinina
Cand.Sci.(Eng.), Leading researcher, All-Russian Research Institute of Brewing, Nonalcoholic and Wine Industry, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia, phone: +7 (499) 246-66-12, e-mail: elena-vd@yandex.ru

УДК 57.083.182

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ *GRIFOLA FRONDOSA* ОТ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СУБСТРАТА

Д.В. Минаков*, К.В. Севодина, А.И. Шадринцева, В.П. Севодин

Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»,
659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

**e-mail: assassin0526@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 07.06.2016
Дата принятия в печать: 02.12.2016

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме – утилизации лигноцеллюлозных отходов деревообрабатывающей промышленности и использованию их в качестве субстратов при производстве плодовых тел сапротрофных грибов. Целью работы являлось изучение продуктивности *G. frondosa* (Diks: Fr.) Gray, культивируемого на лигноцеллюлозных субстратах с различной степенью измельчения. В статье рассмотрены особенности формирования плодовых тел *G. frondosa* в зависимости от условий культивирования и размера частиц лигноцеллюлозного субстрата. Для выращивания плодовых тел вида *G. frondosa* разработаны благоприятные растительные субстраты с использованием отходов деревообрабатывающей промышленности и садоводства. Наиболее подходящим субстратом для твердофазного культивирования мицелия *G. frondosa* является образец № 1, в качестве основы которого использовались березовые опилки со степенью измельчения 5,0–10,0 мм. Получена зависимость степени зарастания субстратов мицелием *G. frondosa* от времени. Показано, что для получения плодовых тел *G. frondosa* пригодны субстраты, основными компонентами которых являются березовые опилки (степень измельчения 5,0–10,0 мм), березовая стружка (степень измельчения 15,0–20,0 мм) и дробленые ветки облепихи (степень измельчения 5,0–10,0 и 10,0–20,0 мм). Первая волна плодоношения превышала урожайность второй волны почти в 2 раза. Наибольшая урожайность *G. frondosa* получена в варианте с использованием березовых опилок с размером частиц 5,0–10,0 мм и составляла 268 г/кг субстрата, в то время как березовая стружка со степенью измельчения 10,0–20,0 мм – 231,0 г/кг субстрата. На субстрате, в качестве основного компонента которого использовались дробленые ветки облепихи со степенью измельчения 5,0–10,0 мм, урожайность составляла 250 г/кг субстрата, а с размером частиц 10,0–20,0 мм – 215 г/кг субстрата.

Ключевые слова. Степень зарастания, камера роста, скорость роста, примордии

DEPENDENCE OF *GRIFOLA FRONDOSA* EFFICIENCY ON PARTICLE SIZE OF LIGNOCELLULOSE SUBSTRATE

D.V. Minakov*, K.V. Sevodina, A.I. Shadrintseva, V.P. Sevodin

Biysk Technological Institute (branch),
Altai State Technical University named after I.I. Polzunova,
27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia

**e-mail: assassin0526@mail.ru*

Received: 07.06.2016
Accepted: 02.12.2016

Abstract. The article is devoted to the actual problem of utilization of lignocellulose waste of woodworking industry and their use as substrates in the production of fruit bodies of saprotrophic fungi. The aim of the research was to study the efficiency of G. frondosa (Diks: Fr) Gray, cultivated on lignocellulose substrates with various degrees of grinding. The article describes the features of the formation of G. frondosa fruit bodies depending on cultivation conditions and the particle size of the lignocellulose substrate. To cultivate the fruit bodies of G. frondosa species favorable plant substrates based on woodworking industry and gardening waste have been developed. The optimum substrate for solid-phase cultivation of the G. frondosa mycelium is a sample №1 based on birch sawdust with a grinding degree of 5.0–10.0 mm. The dependence of the level of colonization of G. frondosa mycelium on time has been obtained. It is shown that substrates containing birch sawdust (griding 5.0–10.0 mm), birch chips (crushing 15.0–20.0 mm) and crushed sea buckthorn branch (degree of crushing 5.0–10.0 and 10.0–20.0 mm) are suitable for obtaining fruit bodies of G. frondosa. The first wave of fruiting exceeded the yield of the second wave by almost 2 times. The highest yield of G. frondosa – 268.01 g/kg of substrate – has been obtained using birch sawdust having a particle size of 5.0–10.0 mm, while the productivity of birch chips with a degree of crushing of 10.0–20.0 mm was 231.04 g/kg of substrate. The yield of G. frondosa cultivated on a substrate based on crushed buckthorn threads with the degree of crushing of 5.0–10.0 mm was 250.52 g/kg of substrate, while the productivity of the same substrate with a particle size of 10.0–20.0 mm was only 215.50 g/kg of substrate

Keywords. The degree of overgrowth, cell of growth, growth rate, primordial

Введение

Одним из способов утилизации лигноцеллюлозных отходов деревообрабатывающей промышленности и садоводства является использование их в качестве субстратов при производстве плодовых тел базидиомицетов, относящихся к сапротрофам [4, 6]. Сапротрофы – это грибы, обладающие активными полиферментными системами и составляющие важное звено биологического распада органического вещества в природе. Они являются агентами биоконверсии таких сложных растительных субстратов, как солома злаковых, гидролизный лигнин, отходы деревоперерабатывающей промышленности и т.п. Использование этих биологических агентов в утилизации отходов производств решает проблему безотходных технологий и предусматривает всестороннее детальное изучение как биотехнологических, так и медико-биологических проблем. В связи с этим перспективным биотехнологическим процессом может являться твердофазная ферментация растительных субстратов [4].

Твердофазное культивирование – это биотехнологический процесс, который протекает в массе измельченного и влажного твердого субстрата. Субстрат может иметь различную форму и размеры частиц. Он должен содержать доступные питательные вещества для роста микроорганизмов: целлюлозу, крахмал, сахара в качестве источников углерода, аммиак, мочевину, белки в качестве источников азота, минеральные соли. Субстрат может использоваться грибом полностью или частично.

Независимо от варианта твердофазного культивирования субстрат не должен быть обделенным влажностью. Влага может пропитывать или образовывать пленку на его поверхности. Водные пленки могут быть различными в зависимости от свойств субстрата и потребностей используемого продуцента, и, следовательно, соотношение объемов твердой, водной и воздушной фаз может варьировать.

Преимуществами твердофазного культивирования перед жидкофазным можно считать следующие: 1) отдельные микробиологические процессы протекают в условиях твердофазной ферментации намного интенсивнее, чем в погруженной культуре; 2) твердофазные процессы менее энергоемки, трудоемки, материалоемки; 3) из-за низкого содержания воды в ферментируемой массе твердофазное культивирование более рационально использует рабочее пространство; 4) уменьшение или полное исключение капитальных производственных затрат, связанных с перемешиванием в ферментере для лучшей аэрации среды; 5) более низкая стоимость при извлечении и высушивании конечного продукта; 6) условия, более приближенные к естественным для роста лигнинразрушающих грибов.

К недостаткам твердофазного культивирования необходимо отнести следующие: 1) большая часть микробиологических процессов в условиях твердофазного культивирования протекает медленнее; 2) контроль основных параметров ферментации сложнее или вообще невозможен из-за отсутствия водной фазы и гетерогенности среды.

В настоящее время известны несколько технологических вариантов твердофазной ферментации, направленных на промышленное получение синтезируемых микроорганизмами ферментов, биологически активных веществ, антибиотиков и обогащенных белком кормовых препаратов. Существуют следующие технологические варианты твердофазной ферментации: твердофазная ферментация в перемешиваемом слое; твердофазная ферментация в аэрируемом слое; перемешиваемая глубинная твердофазная ферментация; псевдожидкая культура; поверхностная твердофазная ферментация.

Последний вариант твердофазной ферментации относится к самому простому. Он исключает принудительную аэрацию массы субстрата или его перемешивание. В качестве микроорганизмов-продуцентов в поверхностной твердофазной ферментации, как правило, используют грибы. Их развитие происходит в тонком (3–5 см) поверхностном слое субстрата. Этот метод ферментации применяется в развитых странах для биосинтеза различных ферментов, которые затем экстрагируются из водной фазы.

На рынке грибов нашей страны основное место занимают шампиньоны (*Agaricus bisporus*) и вешенка (*Pleurotus ostreatus*) [12].

В настоящее время перспективным направлением представляется культивирование грибов *G. frondosa*, основными регионами обитания которых являются Япония, Китай и Корея. В этих странах гриб пользуется большим спросом и производится в промышленном масштабе [5, 6, 7].

Преимуществами вида *G. frondosa* перед другими культивируемыми грибами являются: высокая скорость роста мицелия; значительная конкурентоспособность по отношению к посторонней микрофлоре; способность утилизировать из разнообразных растительных отходов сельского хозяйства и лесоперерабатывающей промышленности различные углеродсодержащие соединения, в первую очередь целлюлозу и лигнин [2, 3, 6, 11]. К числу перспективных субстратов для культивирования *G. frondosa* можно отнести измельченные сучья и ветви деревьев, блоки из опилок дуба, бука и других пород, произрастающих в естественном ареале обитания этого гриба [1, 4, 8, 12].

Культивирование *G. frondosa* требует подбора температурно-влажностных режимов и рецептур субстратов [2, 9].

Целью работы являлось изучение продуктивности культуры гриба *G. frondosa,* культивируемого на лигноцеллюлозных субстратах с различной степенью измельчения.

Объекты и методы исследований

В ходе исследования использовали чистую культуру гриба *G. frondosa* (семейство *Fomitopsidaceae*), приобретенную через интернет-магазин (http://www.stolbovo.ru, 2006). Выращивание культуры осуществляли в чашках Петри методом поверхностного культивирования на сусло-агаре при температуре 28 °С до полного зарастания мицелием питательной среды. Хранили культуру на

скошенной сусло-агаровой среде в пробирках при температуре (4±1) °С.

Биомассу мицелия получали в глубинных условиях на жидкой питательной среде состава: глюкоза – 1,0 %, пептон основной сухой – 0,5 %, KH_2PO_4 – 1,1 %, $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,1 %, H_2O (дистил.) – 97,3 %.

Для культивирования использовали колбы емкостью 0,25 л с объемом среды 0,125 л. Стерилизацию питательной среды осуществляли автоклавированием при избыточном давлении 0,12 МПа в течение 30 мин. Для получения инокулята выращенный в чашках Петри на сусло-агаре мицелий вносили в колбы со стерильной жидкой средой и культивировали в стационарных условиях. Выращенный мицелий стерильно гомогенизировали и вносили в колбы для культивирования в количестве 10 %.

Для получения биомассы мицелия в глубинных условиях культивирование проводили на ротационной качалке (Шейкер термостатируемый BioSan ES-20) при скорости вращения 150 об/мин и температуре 28 °С.

В качестве растительных субстратов использовали березовые опилки (степень измельчения 5,0–10,0 мм), березовую стружку (степень измельчения 15,0–20,0 мм) и дробленые ветки облепихи (степень измельчения 5,0–10,0 и 15,0–20,0 мм) (табл. 1). Дробленые ветки облепихи получали на садовом измельчителе Sturm GBE 2400 C.

В вышеперечисленные субстраты добавляли пшеничные отруби – 6,8 %, глюкозу – 0,2 %, $CaCO_3$ – 0,4 %, KH_2PO_4 – 0,2 %, $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,2 % и воду – 64,2 %.

Таблица 1

Составы растительных субстратов для культивирования культуры гриба *G. frondosa*

Рецептурные компоненты	Массовая концентрация компонентов, %			
	образец № 1	образец № 2	образец № 3	образец № 4
Березовые опилки (степень измельчения 5,0–10,0 мм)	28,0	–	–	–
Дробленые ветки облепихи (степень измельчения 5,0–10,0 мм)	–	28,0	–	–
Березовая стружка (степень измельчения 10,0–20,0 мм)	–	–	28,0	–
Дробленые ветки облепихи (степень измельчения 10,0–20,0 мм)	–	–	–	28,0

Субстрат помещали в стеклянные банки (ГОСТ 5717.2-2003) объемом 1 л и проводили автоклавирование при избыточном давлении 0,12 МПа в течение 90 мин. Субстрат охлаждали до 25 °С и производили его инокуляцию глубинным мицелием. Посевной мицелий вносили в количестве 10 % от массы субстрата. Для вентиляции и предотвращения высыхания мицелия на поверхности субстрата образцы накрывали крышками из полиэтилена с фильтром (Агроспан 42). Подготовленные образцы помещали в термостат при температуре 28 °С до полного зарастания субстрата мицелием.

Для определения степени зарастания субстрата мицелием использовали весовой метод измерения. Биомассу мицелия в образцах отделяли отсеиванием и высушивали в сушильном шкафу «СНОЛ-3.5» при температуре 105 °С до постоянной массы. Отсеивание и высушивание мицелия проводили каждые 2 суток до полного зарастания субстрата мицелием. Для проведения эксперимента использовали 45 образцов.

После полной колонизации субстрата мицелием *G. frondosa* во всех образцах крышки с фильтром удаляли, поверхность субстрата срезали (слой 10 мм), затем помещали в камеру роста с регулируемым режимом выращивания: температура 18 °С, освещение (350 люкс) в течение 12 часов в сутки и относительная влажность воздуха (85±5) %.

Эксперимент осуществляли в трехкратной повторности. Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что степень зарастания субстрата мицелием *G. frondosa* зависит от состава лигноцеллюлозного субстрата и степени измельчения компонентов. На рис. 1 представлен график, отражающий зависимость степени зарастания субстрата мицелием от времени.

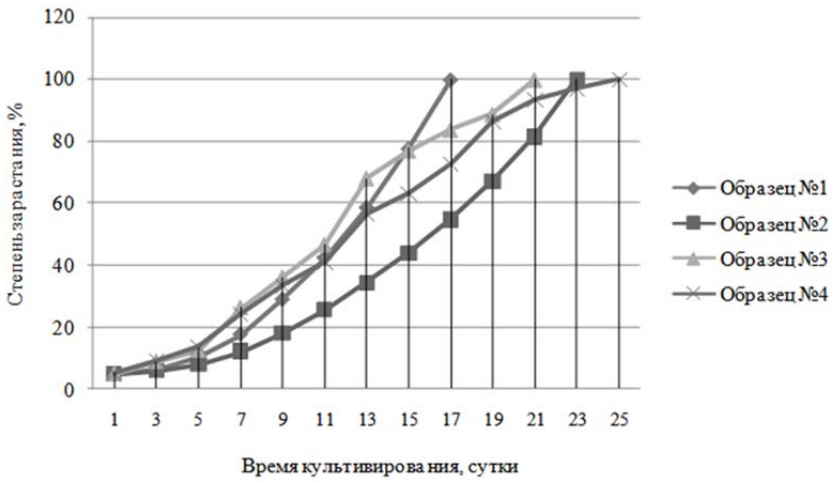


Рис. 1. Динамика образования мицелия *G. frondosa* на субстратах разного состава

Из данных рис. 1 следует, что на всех исследуемых субстратах наблюдался хороший рост мицелия *G. frondosa*. Однако наиболее высокая колонизация субстрата мицелием происходила в образце № 1, в качестве основного компонента которого использовали березовые опилки, где полное зарастание было зафиксировано на 17-е сутки культивирования. И несколько позже – на субстрате с березовой стружкой и дроблеными ветками облепихи (степень измельчения 5,0–10,0 мм): на 21 и 23-и сутки соответственно. Образцы № 2 и № 4 по длительности колонизации субстрата мицелием отличались несущественно.

Было показано, что для развития мицелия пригодны лигноцеллюлозные субстраты, в качестве основных компонентов которых использовали древесину березы и облепихи. Степень измельчения этих компонентов создавала благоприятные условия для развития мицелия.

Появление первых примордиев в образцах № 1 и № 2 было отмечено на 5-е сутки эксперимента в камере роста, а в образцах № 3 и № 4 – на 7 и 8-е сутки соответственно (рис. 2). При этом их формирование происходило в течение 3 суток во всех образцах.

а б в г

Рис. 2. Формирование примордиев *G. frondosa* на 8 сутки эксперимента в камере роста:
а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3; г – образец № 4

Число сформировавшихся примордиев в образце № 2 составляло около 70 штук, в то время как в образцах № 1, № 3 и № 4 их количество было меньше, около 30 штук. Первая волна плодоношения была отмечена на 15-е сутки эксперимента в камере роста в образцах № 1 и № 3, а в образцах № 2 и № 4 – на 17-е сутки культивирования (рис. 3).

а б в г

Рис. 3. Формирование плодовых тел в стеклянной банке объемом 1 дм^3 на 15-е сутки эксперимента в камере роста:
а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3; г – образец № 4

Вторая волна образования плодовых тел наблюдалась на 21-е сутки инкубации в камере роста после выгонки плодовых тел с первой волны. Третья волна плодоношения происходила на 31-е сутки инкубации.

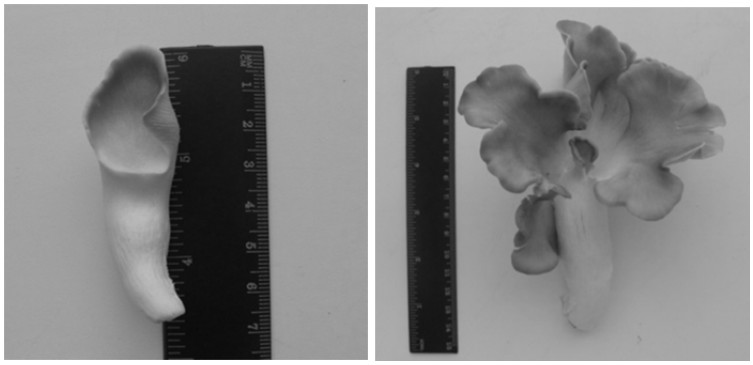
Существенных различий между исследуемыми образцами по времени появления примордиев и длительности созревания плодовых тел не обнаружено.

Первая волна плодоношения превышала урожайность второй волны почти в 2 раза. Наибольшая урожайность *G. frondosa* получена в варианте с использованием березовых опилок со степенью измельчения 5–10 мм и составляла 268 г/кг субстрата, в то время как на березовой стружке со степенью измельчения 10–20 мм – 231 г/кг субстрата. На субстрате, в качестве основного компонента которого использовались дробленые ветки облепихи со степенью измельчения 5–10 мм, урожайность составляла 250 г/кг субстрата, а со степенью измельчения 10–20 мм – 215 г/кг субстрата.

На основании полученных данных установлено, что лигноцеллюлозные субстраты из древесины березы и облепихи являются пригодными для получения плодовых тел грибов вида *G. frondosa*.

Грибы минимального размера имели следующие средние параметры: масса – 6,44 г, длина ножки – 35 мм, диаметр шляпки – 10 мм. Грибы максимального размера: масса – 79,65 г, длина ножки – 60 мм, диаметр шляпки – 110 мм (рис. 4).

Культура гриба *G. frondosa* давала до трех волн плодовых тел. Выход грибов в зависимости от волны плодоношения представлен на рис. 5.



а б

Рис. 4. Линейные размеры плодовых тел *G. frondosa*:
а – плодовое тело минимального размера; б – плодовое тело максимального размера

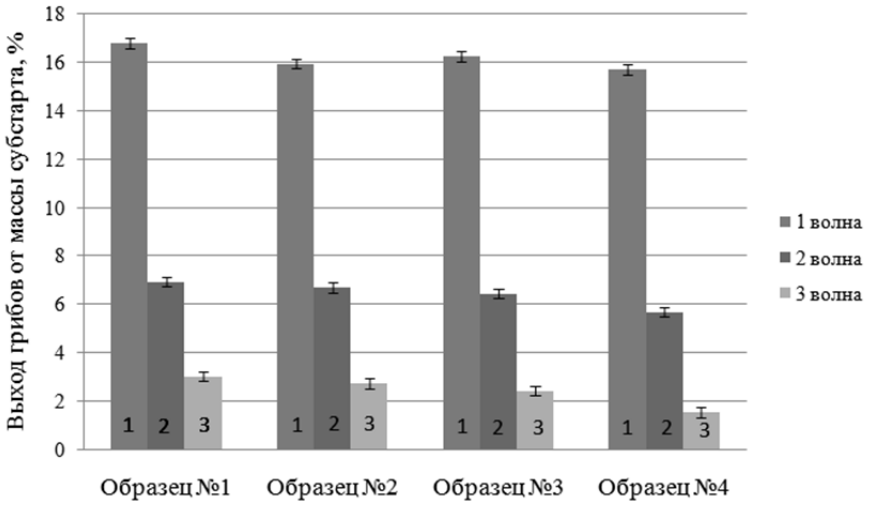


Рис. 5. Выход грибов от массы субстрата

Из рис. 5 видно, что во всех исследуемых растительных субстратах с различной степенью измельчения в первой волне плодоношения наблюдался наибольший выход грибов от массы субстрата.

Таким образом, в результате исследований было установлено, что оптимальным субстратом для развития мицелия *G. frondosa* является образец № 1, основным компонентом которого являются березовые опилки со степенью измельчения 5,0–10,0 мм. На всех остальных субстратах колонизация происходит в более длительный срок. Однако для получения плодовых тел благоприятными являются все исследованные субстраты.

В процессе эксперимента было отмечено, что снижение относительной влажности воздуха до 70 % и ниже приводило к деформации плодовых тел. При температуре воздуха более 15 °С наблюдался интенсивный рост плодовых тел с отклонениями по внешнему виду и размеру, грибы имели мелкие, быстро раскрывающиеся шляпки и удлиненные тонкие ножки. Пониженная температура способствовала образованию плодовых тел с круп-

ными, плотными, долго не раскрывающимися шляпками и короткими толстыми ножками. При недостаточном освещении появлялись деформированные плодовые тела: шляпка маленькая, недоразвитая, ножка длинная.

Заключение

Для выращивания плодовых тел вида *G. frondosa* разработаны благоприятные растительные субстраты с использованием отходов деревообрабатывающей промышленности и садоводства.

Наиболее оптимальным субстратом для твердофазного культивирования мицелия *G. frondosa* является образец № 1, в качестве основы которого использовались березовые опилки со степенью измельчения 5,0–10,0 мм.

Получена зависимость степени зарастания субстратов мицелием *G. frondosa* от времени.

Показано, что для получения плодовых тел *G. frondosa* пригодны субстраты, основными компонентами которых являются березовые опилки (степень измельчения 5,0–10,0 мм), березовая стружка (степень измельчения 15,0–20,0 мм) и дробленые ветки облепихи (степень измельчения 5,0–10,0 и 15,0–20,0 мм).

Первая волна плодоношения превышала урожайность второй волны почти в 2 раза. Наибольшая урожайность *G. frondosa* получена в варианте с использованием березовых опилок со степенью измельчения 5–10 мм и составляла 268 г/кг субстрата, в то время как березовая стружка со степенью измельчения 10–20 мм – 231 г/кг субстрата. На субстрате, в качестве основного компонента которого использовались дробленые ветки облепихи со степенью измельчения 5–10 мм, урожайность составляла 250 г/кг субстрата, а со степенью измельчения 10,0–20,0 мм – 215 г/кг субстрата.

Показано, что степень измельчения растительного материала повлияла на развитие мицелия и выход урожая грибов *G. frondosa*.

Во всех исследуемых растительных субстратах с различной степенью измельчения в первой волне плодоношения наблюдался наибольший выход грибов от массы субстрата.

Список литературы

1. Ильина, Г.В. Биологические особенности видов ксилотрофных базидиомицетов лесостепи Правобережного Поволжья insitu и exsitu / Г.В. Ильина, Ю.С. Лыков // Поволжский экологический журнал. – 2010. – № 3. – С. 263–273.

2. Заикина, Н.А. Основы биотехнологии высших грибов / Н.А. Заикина, А.Е. Коваленко. – СПб: Изд-во СПБХФИ, 2007. – 336 с.

3. Минаков, Д.В. Изучение процесса культивирования культуры гриба *Grifola frondosa* / Д.В. Минаков, А.И. Шадринцева // Актуальные проблемы сохранения и развития биологических ресурсов. – Екатеринбург, 2015. – С. 230–234.

4. Мурадов, П.З. Основы биоконверсии растительных субстратов / П.З. Мурадов. – Баку: Элм, 2003. – 114 с.

5. Волчатова, И.В. Использование грибов для удаления древесных остатков в условиях урбанизованных экосистем / И.В. Волчатова, С.А. Медведева // Успехи медицинской микологии. – 2006. – № 7. – С. 234–235.

6. Гарибова, А.В. Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов / А.В. Гарибова, С.Н. Лекомцева. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 207 с.

7. Горнова, И.Б. Использование видимого цвета в биотехнологии / И.Б. Горнова // Современная микология в России. Первый съезд микологов. – М., 2002. – С. 294–295.

8. Белова, Н.В. Природа биологической активности высших грибов / Н.В. Белова // Успехи медицинской микологии. – 2006. – № 1. – С. 230–233.

9. Ильина, Г.В. Ксилотрофные базидиомицеты в чистой культуре: монография / Г.В. Ильина, Д.Ю. Ильин. – Пенза: Изд-во Пенз. ун-та, 2013. – 206 с.

10. Бухало, А.С. Культивирование съедобных и лекарственных грибов. Практические рекомендации / А.С. Бухало. – Киев: Наукова думка, 2004. – 128 с.

11. Shen, Q. Effects of nutrient supplements on biological efficiency, quality and crop cycle time of maitake («Grifola frondosa») / Q. Shen, D. Royse // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2001. – Vol. 57. – P. 74–78.

12. Mayuzumi, Y. Cultivation Methods of Maitake («Grifola frondosa») / Y. Mayuzumi, T. Mizuno // Food Reviews International. – 1997. – Vol. 13. – P. 357–364.

References

1. Il'ina G.V., Lykov Yu.S. Biologicheskie osobennosti vidov ksilotrofnykh bazidiomitsetov lesostepi Pravoberezhnego Povolzh'ya insitu i exsitu [Biological peculiarities of xylotrophic basidiomycetes species in the forest-steppe of the Right-Volga-Bank region in situ and ex situ.]. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* [Povolzhskiy Journal of Ecology], 2010, no. 3. pp. 263–273.

2. Zaikina N.A., Zaikina N.A., Kovalenko A.E. *Osnovy biotekhnologii vysshikh gribov* [Fundamentals of Biotechnology of higher fungi]. St. Peterburg: SPBHFI Publ., 2007. 336 p.

3. Minakov D.V., Shadrintseva A.I. Izuchenie protsessa kul'tivirovaniya kul'tury griba Grifola frondosa [The study of the fungus culture cultivation process Grifola frondosa]. *Aktual'nye problemy sokhraneniya i razvitiya biologicheskikh resursov* [Actual problems of preservation and development of biological resources], 2015, pp. 230–234.

4. Muradov P.Z. *Osnovy biokonversii rastitel'nykh substratov* [Fundamentals of bioconversion of plant substrates]. Baku: Elm Publ., 2005. 114 p.

5. Volchatova I.V., Medvedeva S.A. Ispol'zovanie gribov dlya udaleniya drevesnykh ostatkov v usloviyakh urbanizovannykh ekosistem [Using fungi to remove woody debris in the conditions of urban ecosystems]. *Uspekhi meditsinskoy mikologii* [Advances in Medical Mycology], 2006, no. 7, pp. 234–235.

6. Garibova A.V., Lekomtseva S.N. *Osnovy mikologii. Morfologiya i sistematika gribov i gribopodobnykh organizmov* [Fundamentals of mycology. Morphology and taxonomy of fungi and organisms gribopodobnyh]. Moscow: KMK Scientific Press Ltd. Publ., 2005. 207 p.

7. Gornova I.B. Ispol'zovanie vidimogo tsveta v biotekhnologii [Using visible color in Biotechnology]. S*ovremennaya mikologiya v Rossii. Pervyy s"ezd mikologov* [Modern Mycology in Russia. The first congress of mycologists], 2002, pp. 294–295.

8. Belova N.V. Priroda biologicheskoy aktivnosti vysshikh gribov [The nature of the biological activity of higher fungi] *Uspekhi meditsinskoy mikologii* [Advances in Medical Mycology], 2006, no. 1, pp. 230–233.

9. Il'ina G.V., Il'in D.Yu. *Ksilotrofnye bazidiomitsety v chistoy kul'ture: monografiya* [Xylotrophic basidiomycetes in pure culture]. Penza: Penza State University Publ., 2013. 206 p.

10. Bukhalo A.S., Bis'ko N.A., Solomko E.F., et al. *Kul'tivirovanie s"edobnykh i lekarstvennykh gribov. Prakticheskie rekomendatsii* [Cultivation of edible and medicinal mushrooms. Practical recommendations]. Kiev: Chernobyl'interinform Publ., 2004. 128 p.

11. Shen Q., Royse D. Effects of nutrient supplements on biological efficiency, quality and crop cycle time of maitake («Grifola frondosa»). *Applied Microbiology and Biotechnology,* 2001, no. 57, pp. 74–78. DOI: 10.1007/s002530100748

12. Mayuzumi Y., Mizuno T. Gultivation Methods of Maitake (*«Grifola frondosa»*). *Food Reviews International,* 2006, no. 13, pp. 357–364. DOI: 10.1080/87559129709541117.

Дополнительная информация / Additional Information

Зависимость продуктивности *Grifola frondosa* от размера частиц лигноцеллюлозного субстрата / Д.В. Минаков, К.В. Севодина, А.И. Шадринцева, В.П. Севодин // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 25–30.

Minakov D.V., Sevodina K.V., Shadrintseva A.I., Sevodin V.P. Dependence of *Grifola frondosa* efficiency on particle size of lignocellulose substrate. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 44, no. 1, pp. 25–31 (In Russ.).

Минаков Денис Викторович
аспирант кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27,
e-mail: assassin0526@mail.ru

Севодина Ксения Валерьевна
канд. техн. наук, доцент кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

Шадринцева Анастасия Игоревна
студент кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27,
e-mail: a.shadrintseva@mail.ru

Севодин Валерий Павлович
канд. хим. наук, профессор кафедры биотехнологии, декан факультета «Химическая технология и машиностроение», Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

Denis V. Minakov
Graduate student of the Department of Biotechnology, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: assassin0526@mail.ru

Ksenya V. Sevodina
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Biotechnology, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia

Anastasiya I. Shadrintseva
student of the Department of Biotechnology, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: a.shadrintseva@mail.ru

Valeriy P. Sevodin
Cand.Sci.(Chem.), Professor of the Department of Biotechnology, Dean of the Faculty of Chemical Technology and Mechanical Engineering, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia

УДК 664.68

РАЗРАБОТКА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

О.Г. Позднякова*, М.Г. Курбанова

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5

**e-mail: thp@ksai.ru*

Дата поступления в редакцию: 01.11.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. Разработана технология производства мучных кондитерских изделий, а именно кексов, рекомендуемых для питания детей младшего школьного возраста. Обоснованы выбранные рецептурные компоненты, используемые при производстве кексов: плодоовощная добавка, включающая пюре из клубней топинамбура и из плодов субтропических культур. В состав пюре из субтропических культур входят плоды хурмы, апельсина и фейхоа, являющиеся источником пищевых волокон, оказывающих благотворное влияние на работу желудочно-кишечного тракта детей школьного возраста, а также витаминов и минеральных веществ, необходимых для развития и нормального функционирования детского организма. Использование творога в качестве основного рецептурного компонента позволяет получить изделия с пониженной калорийностью, повышенной пищевой и биологической ценностью, так как он содержит жизненно необходимые для полноценного развития организма пищевые нутриенты. Рецептурные композиции кексов позволили выработать готовые изделия, обогащенные нутриентами и имеющие хорошие органолептические свойства. Содержание незаменимых аминокислот в приготовленных по разработанным рецептурам кексах с добавлением пюре из топинамбура : апельсина; топинамбура : фейхоа; топинамбура : хурмы составило 5,89±0,24; 5,63±0,28; 5,43±0,27 г, соответственно, что позволяет удовлетворить суточную потребность организма в этих веществах в среднем на 25 %. Употребление 100 г кексов также позволит удовлетворить суточную потребность организма школьников в витаминах в среднем на 21–24 %, минеральных веществах: кальции на 22 %, магнии на 50 %, фосфоре на 28 % и железе на 3,2 %. Таким образом, разработанные мучные кондитерские изделия можно рекомендовать для питания детей младшего школьного возраста.

Ключевые слова. Мучные кондитерские изделия, плодоовощная добавка, нутриенты, кексы, школьное питание

THE DEVELOPMENT OF PASTRY FOR PRIMARY SCHOOL AGE CHILDREN

O.G. Pozdnyakova*, M.G. Kurbanova

Kemerovo State Agricultural Institute, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: thp@ksai.ru*

Received: 01.11.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. A technology of pastry, namely cakes, recommended for nutrition of primary school age children has been developed. Selected formula ingredients used in the manufacture of cakes such as fruit and vegetable supplement including mashed tubers of Jerusalem artichoke and subtropical fruits puree are grounded. The puree is composed of persimmon fruits, oranges and fruits of feijoa which are sources of dietary fiber, vitamins and minerals necessary for the development and proper functioning of the child's body and have beneficial effect on the function of gastrointestinal tract of school age children. The use of cottage cheese as a main component of the formula provides a product with reduced calories, high nutritional and biological values, as it contains dietary nutrients vital for the full development of the child's body. Cake formula makes it possible to develop finished products with good chemical composition and organoleptic properties. Thus, the content of essential amino acids in cupcakes based on designed recipes with the addition of mashed Jerusalem artichoke : orange puree; Jerusalem artichoke : feijoa puree; Jerusalem artichoke : persimmon puree amounted to 5.89 ± 0.24, 5.63 ± 0.28, 5.43 ± 0.27 g, respectively. This content can meet the daily requirement for these substances by an average of 25%. Eating of 100 grams of cupcakes also meets the daily requirement for vitamins by an average of 21-24%, and minerals: 22% of calcium, 50% of magnesium, 28% of phosphorus and 3.2% of iron. Thus, the developed pastry can be recommended for nutrition of primary school age children.

Keywords. Pastry, fruit and vegetable supplement, nutrients, cupcakes, school meals

Введение

Область здорового питания включает в себя одну из основных задач государственной политики, направленную на развитие выпуска продуктов питания с функциональными свойствами с целью сохранения и укрепления здоровья населения, профилактики некоторых заболеваний.

Для детей младшего школьного возраста, учитывая их быстрый рост и развитие, интенсивность обменных процессов, большую двигательную ак-

тивность, при организации питания необходимо принимать во внимание содержание белков, жиров и углеводов в продуктах. Так, доля животного белка в рационах от общего количества белка должна составлять не менее 65 %, доля растительных жиров в рационах должна составлять около 30 %. При этом необходимо учитывать, что доля сахара в процентах по калорийности должна быть менее 10 % [1].

В этой связи при разработке новых видов продуктов следует учитывать соотношение белков, жиров и углеводов – соответственно 1:1:5, а соотношение кальция к фосфору и магнию – 1:1:0,2 – 0,25. Следует обратить внимание, что у мальчиков в возрасте 11–14 лет потребность в белках, жирах, углеводах и калорийности выше, чем у девочек такого же возраста, примерно на 10 %, в кальции – на 25 %, а в витаминах С, К, и B_6 –на 17, 14 и 6 % соответственно. В свою очередь у девочек потребность в железе выше, чем у мальчиков, на 25 %, а в йоде – на 15 % [5].

Многие известные среди детей и их родителей производители (например, компания Nestle) для питания детей дошкольного и школьного возраста рекомендуют хрустящие кукурузные хлопья, обогащенные 8 витаминами и железом, а также быстрорастворимый шоколадный напиток «Несквик», для больных диабетом – печенье с фруктовой начинкой, обогащенное витаминами А, С, Е, B_6, пантотеновой кислотой, минеральными веществами – железом, магнием и цинком [2].

Таким образом, обогащению подвергают прежде всего продукты массового потребления, регулярно используемые в повседневном питании и доступные всем группам детского и взрослого населения. Технологические особенности производства этих продуктов многогранны и разнообразны и отличаются как сырьем, технологическими процессами, так и оборудованием. Способы обогащения данных продуктов не могут быть одинаковыми, а должны соответствовать и быть применимыми для конкретной технологии производства. Вторым моментом при выборе способа обогащения служит сам обогащающий компонент, его консистенция и количество (сухая смесь, жировая смесь, готовый премикс, растительное сырье, белковое и др.). Одни технологии предполагают термическую обработку продукции, другие – растворение, третьи – механическое смешивание.

При обогащении пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами, экстрактами растительных препаратов, молочными продуктами, пектинами и прочими добавками требуется учитывать гармонизацию между собой и с компонентами самого продукта [5]. Поэтому необходимо выбирать такие их сочетания, формы, способы и стадии внесения, которые обеспечат им максимальную сохранность в процессе производства и хранения.

Целью работы явилась разработка технологии производства кексов с плодовоовощной начинкой для питания детей младшего школьного возраста.

Объекты и методы исследований

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Кемеровского государственного сельскохозяйственного института с использованием общепринятых методик и оборудования, позволяющего достигать требуемого уровня точности. Пюре из топинамбура и экзотических плодов готовили в лаборатории путем смешивания в соотношении 1:1 соответственно с последующим введением в смесь 10 % пектина. Определяли химический состав пюре экспериментальным путем. Массовую долю витаминов определяли по ГОСТ 25999, ГОСТ 29138, ГОСТ 29139; жира – по ГОСТ 26186, углеводов – по ГОСТ 8756.13-87, белка методом Къельдаля (микрометод) – по ГОСТ 23327 и ГОСТ Р 54756, пектиновых веществ – по ГОСТ 29059, минеральных веществ – по ГОСТ 25555.3-82. Определение аминокислот проводили с помощью автоматического анализатора аминокислот Aracus PMA GmbH, утвержденного директивами 98/64/ЕС и 2000/45/ЕС. Принцип метода состоит в катионообменном разделении аминокислот с шаговым градиентом pH и послеколоночной дериватизации нингидрином. Обработка результатов проводилась в математической программе Excel. Кексы готовили в соответствии с разработанными рецептурами. Производили расчет степени удовлетворения пищевых веществ, витаминов и минеральных веществ при употреблении 100 г продукта с учетом «Гигиенических требований к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» (СанПиН 2.3.2.1078-01) и рекомендаций Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ).

Результаты и их обсуждение

На первом этапе, учитывая потребности детского организма в данном возрасте в основных пищевых веществах, подбирали основные ингредиенты, входящие в рецептуру (табл. 1). Дозировки компонентов были выбраны на основании данных, встречающихся в научно-периодических изданиях и рекомендованных для внесения в рецептуру мучных кондитерских изделий [3, 4, 6–8].

Таблица 1

Рецептурные композиции кексов для питания детей младшего школьного возраста

Рецептурные компоненты	Количество, масс. % по рецептуре		
	№ 1	№ 2	№ 3
Творог полужирный, 9 %	40,0	–	45,0
Творог классический, 5 %	–	51,8	–
Мука пшеничная, в/с	12,0	10,0	11,0
Мука из семян подсолнечника	6,0	–	–
Мука из семян льна	–	5,0	5,0
Меланж	15,0	10,0	12,8
Сахар-песок	13,8	10,0	13,0
Плодоовощная добавка 1 (пюре из топинамбура : апельсина)	–	12,0	–

Окончание табл. 1

Рецептурные компоненты	Количество, масс. % по рецептуре		
	№ 1	№ 2	№ 3
Плодоовощная добавка 2 (пюре из топинамбура : фейхоа)	–	–	12,0
Плодоовощная добавка 3 (пюре из топинамбура : хурмы)	12,0	–	–
Пектин	1,2	1,2	1,2
ИТОГО	100,0	100,0	100,0

Использование творога в качестве основного рецептурного компонента позволяет получить изделия с пониженной калорийностью, повышенной пищевой и биологической ценностью, так как он содержит жизненно необходимые для полноценного развития детского организма пищевые нутриенты. В состав творога входят минеральные вещества, особенно важные для организма ребенка: соли кальция и фосфора, а так же водо- и жирорастворимые витамины, молочный жир, полноценный белок, содержащий незаменимые и заменимые аминокислоты [8, 9].

Польза льняной муки заключается в содержании полиненасыщенных жирных кислотах Омега-3 и Омега-6, которые в сочетании с калием положительно влияют на сердечно-сосудистую систему. Льняная мука также включает значительное количество клетчатки, жиро- и водорастворимых витаминов, антиоксидантов и микроэлементов – калия, магния, цинка, марганца, железа, молибдена, меди, хрома, фосфора, натрия. Высококачественным белковым продуктом, содержащим не менее 50 % протеинов и незаменимых аминокислот, таких как лизин, метионин, аргинин и др., важных для полноценного развития и функционирования детского организма, является мука из подсолнечника. Быстрое и полное усваивание подсолнечной муки организмом за счет отсутствия в ней токсичных белков и активных белков-ингибиторов, наличие большого спектра витаминов и элементов делают ее более ценной. Использование данного ингредиента в рецептуре придает готовым изделиям оригинальный вкус и аромат [8, 9].

Плодоовощная добавка, включающая пюре из клубней топинамбура, пюре из плодов субтропических культур, а именно плодов хурмы, апельсинов и фейхоа, является источником пищевых волокон, оказывающих благотворное влияние на работу желудочно-кишечного тракта детей школьного возраста, а также витаминов и минеральных веществ, необходимых для развития детского организма. В сочетании с топинамбуром пюре из тропических плодов обладает высокой пищевой и биологической ценностью, а также приятными органолептическими характеристиками. Результаты исследований по химическому составу, энергетической и пищевой ценности пюре из топинамбура и тропических плодов в присутствии пектина, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав, пищевая и энергетическая ценность пюре из топинамбура и экзотических плодов

Состав	Содержание в 100 г пюре		
	плодоовощная добавка 1 (пюре из топинамбура : апельсина)	плодоовощная добавка 2 (пюре из топинамбура : фейхоа)	плодоовощная добавка 3 (пюре из топинамбура : хурмы)
Массовая доля белка, %	1,31±0,05	1,62±0,06	1,29±0,06
Массовая доля жира, %	0,24±0,007	0,42±0,02	0,37±0,02
Массовая доля углеводов, %	14,03±0,84	18,13±0,73	17,12±0,85
Пищевые волокна, г	4,04±0,20	3,94±0,15	4,04±0,24
Витамины:			
β-каротин, мг	0,52±0,03	0,53±0,02	0,44±0,026
тиамин (B_1), мг	0,08±0,005	0,042±0,002	0,042±0,002
рибофлавин (B_2), мг	0,033±0,002	0,038±0,002	0,034±0,002
пиридоксин (B_6), мг	0,094±0,005	0,104±0,006	0,25±0,01
фолацин (B_9), мкг	12,92±0,77	14,02±0,84	19,41±0,77
токоферол (Е), мг	1,34±0,02	0,27±0,016	0,24±0,012
Минеральные вещества:			
кальций (Ca), мг	70,51±2,82	69,77±2,79	55,64±2,78
магний (Mg), мг	33,80±2,36	25,54±1,78	29,83±1,19
фосфор (P), мг	60,20±2,41	49,01±1,96	56,45±3,38
железо (Fe), мкг	325,30±15,26	240,04±12,02	258,75±10,35
Энергетическая ценность, ккал	67,68±4,06	85,74±4,28	80,36±4,02

Анализ результатов, представленных в табл. 2, показывает, что по содержанию белков плодоовощная добавка в виде пюре из топинамбура и плодов фейхоа превышала на 0,31 и 0,33 % пюре из топинамбура и хурмы и пюре из топинамбура и апельсина. Аналогичную тенденцию можно отметить и по содержанию жиров и углеводов. Пюре из топинамбура и апельсина и пюре из топинамбура и хурмы преобладало по содержанию пищевых волокон над пюре из топинамбура и плодов фейхоа. В пюре из топинамбура и апельсина содержится большее количество минеральных веществ – каль-

ция, магния, железа и фосфора, чем в остальных плодоовощных добавках.

Нами разработана технология приготовления кексов, которая включает следующие операции.

1. Подготовительные операции для плодоовощных добавок, заключающиеся в следующем: для приготовления пюре клубни топинамбура моют, очищают от кожицы, ополаскивают, измельчают на кусочки размером от 4 до 5 мм, бланшируют в 3 % сахарном сиропе от 5 до 7 мин, а затем протирают до размера частиц от 0,7 до 1,2 мм. Плоды фейхоа, хурмы и апельсина моют, удаляют плодоножки, шкурку и косточки, измельчают на кусочки размером от 4 до 5 мм и бланшируют в 3 % сахарном сиропе в течение 5–10 мин, а затем протирают до размера частиц от 0,7 до 1,2 мм. Готовые пюре соединяют и вносят пектин. Таким образом, плодоовощную добавку получают путем смешивания пюре из клубней топинамбура с пюре плодов хурмы, апельсина и/или фейхоа в соотношении 1:1 с последующим введением в смесь 10 % пектина.

2. Технология приготовления кексов состоит из следующих операций: муку пшеничную высшего сорта, муку из семян подсолнечника, муку из семян льна и сахар-песок просеивают и соединяют согласно представленным рецептурам, меланж процеживают. Меланж взбивают с сахаром-песком в соотношении 1:1 в течение 30–45 мин, затем сахарно-меланжевую массу соединяют и взбивают в течение 20–30 мин с творогом 5- или 9%-ной жирности. В полученную смесь вводят муку пшеничную высшего сорта и муку из семян подсолнечника (льна), взятых в соотношении 2:1 и смешивают до получения однородной массы. Готовую массу формуют, вносят в качестве начинки плодоовощную добавку, выпекают при температуре 180–200 °С в течение 20 мин, а затем охлаждают.

На рис. 1 и в табл. 3 представлены данные по химическому составу кексов, приготовленных по разработанным рецептурам.

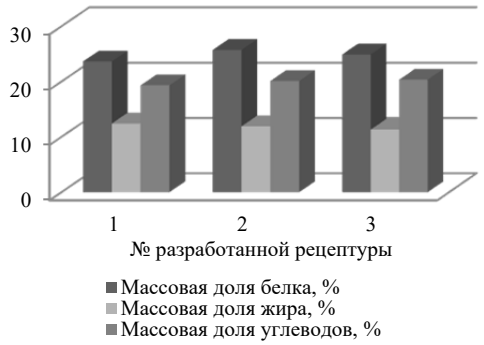


Рис. 1. Химический состав готовых изделий по разработанным рецептурам

Таблица 3

Химический состав и биологическая ценность готовых изделий

Состав	Изделия, полученные		
	по рецептуре № 1	по рецептуре № 2	по рецептуре № 3
Незаменимые аминокислоты, г:			
валин	0,79±0,023	0,75±0,045	0,65±0,02
изолейцин	0,45±0,02	0,44±0,02	0,36±0,01
лейцин	1,26±0,07	1,15±0,05	1,17±0,06
лизин	1,03±0,05	1,02±0,06	1,06±0,06
метионин	1,22±0,04	1,13±0,05	1,08±0,06
треонин	0,44±0,02	0,45±0,018	0,44±0,02
триптофан	0,18±0,007	0,14±0,008	0,11±0,006
фенилаланин	0,52±0,03	0,55±0,01	0,56±0,01
Пищевые волокна	5,31±0,21	5,34±0,27	5,47±0,22
Витамины:			
β-каротин, мг	2,15±0,11	2,21±0,11	2,19±0,08
тиамин (B_1), мг	0,52±0,03	0,58±0,04	0,62±0,05
рибофлавин (B_2), мг	0,33±0,01	0,38±0,01	0,38±0,01
пиридоксин (B_6), мг	0,95±0,03	0,98±0,03	0,97±0,03
фолацин (B_9), мкг	52,76±2,12	53,58±2,11	54,65±2,63
токоферол (Е), мг	6,88±0,21	6,78±0,21	6,97±0,27
Минеральные вещества:			
кальций (Ca), мг	175,13±7,01	176,88±8,84	175,47±7,02
магний (Mg), мг	87,22±3,48	86,58±3,32	85,92±3,27
фосфор (P), мг	215,46±10,77	219,43±10,82	224,41±11,22
железо (Fe), мкг	321,66±12,87	327,23±13,03	324,72±12,98
Энергетическая ценность, ккал	288,91±14,44	295,75±14,78	288,18±14,41

Анализ данных табл. 3 и рис. 1 позволяет судить о том, что полученные по разработанным рецептурам готовые изделия обладают повышенной пищевой и биологической ценностью за счет подобранных рецептурных композиций, сбалансированных по химическому составу, пониженной калорийности.

Смоделированные рецептурные композиции для производства кексов позволили получить готовые изделия с высоким содержанием важнейших нутриентов и с хорошими органолептическими показателями. Содержание незаменимых аминокислот в готовых кексах составило 5,89±0,24, 5,63±0,28, 5,43±0,27 г соответственно, что позволит удовле-

творить суточную потребность организма в этих веществах в среднем на 25 %. Употребление 100 г кексов удовлетворит суточную потребность организма школьников в витаминах в среднем на 21–24 %, в минеральных веществах: кальции на 22 %, магнии на 50 %, фосфоре на 28 %, железе на 3,2%.

Полученные кондитерские изделия с плодоовощной добавкой, предназначенные для питания детей младшего школьного возраста, имели гладкую однородную правильную поверхность, рассыпчатую, нежную и в меру пористую структуру, равномерный цвет по всей массе, вкус приятный, в меру сладкий, характерный для творога и используемого вида плодоовощной добавки.

Таким образом, кексы с плодоовощной начинкой и частичной заменой пшеничной муки на льняную и подсолнечную, а также использование творога в рецептуре позволяет отнести готовые изделия к ряду функциональных продуктов. Анализ энергетической ценности кексов показал, что изменение традиционной рецептуры не привело к повышению калорийности кексов, и изделия можно рекомендовать для питания детей младшего школьного возраста.

Список литературы

1. Бедных, Б.С. Моделирование углеводного состава в продуктах детского питания: научные и практические аспекты / Б.С. Бедных, И.А. Евдокимов // Молочная промышленность. – 2015. – № 9. – С.50–52.

2. Конструирование и оценка потребительских свойств функциональных пищевых продуктов для школьного питания / В.П. Клиндухов, В.Г. Попов, Е.А. Бутина [и др.] // Новые технологии. – 2010. – № 2. – С.47–53.

3. Корячкина, С.Я. Влияние внесения апельсинового пюре на реологические характеристики теста для крекеров / С.Я. Корячкина, В.П. Корячкин, Н.П. Сапронова // Хлебопродукты. – 2013. – № 5. – С. 25–29.

4. Корячкина, С.Я. Инновационная технология производства кексов / С.Я. Корячкина, В.П. Корячкин, Н.П. Сапронова // Товаровед продовольственных товаров. – 2013. – № 2. – С. 25–29.

5. Оценка потребительских предпочтений сбивного хлеба для школьного питания / Г.О. Магомедов, Н.П. Зацепилина, В.В. Осенева [и др.] // Товаровед продовольственных товаров. – 2015. – № 4. – С. 32–37.

6. Матвеева, Т.В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина. – СПб.: ГИОРД, 2016. – 360 с.

7. Матвеева, Т.В. Разработка технологии кексовых изделий с овсяной, кукурузной и ячменной мукой // Товаровед продовольственных товаров. – 2010. – № 7. – С. 11–16.

8. Матвеева, Т.В. Функциональные пищевые добавки для хлебобулочных и кондитерских изделий. В 3 т.: монография / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2012. – 959 с.

9. Тимофеева, В.Н. Использование перспективного сырья для производства продуктов профилактического назначения / В.Н. Тимофеева, М.Л. Зинькова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 9. – С. 66–68.

References

1. Bednykh B.S., Evdokimov I.A. Modelirovanie uglevodnogo sostava v produktakh detskogo pitaniya: nauchnye i prakticheskie aspekty [Simulation of carbohydrate composition in baby food: scientific and practical aspects]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry], 2015, no. 9, pp. 50–52.

2. Klindukhov V.P., Popov V.G., Butina E.A. Konstruirovanie i otsenka potrebitel'skikh svoystv funktsional'nykh pishchevykh produktov dlya shkol'nogo pitaniya [Design and estimation of consumer properties of functional foods for school feeding]. *Novye tekhnologii* [New Technologies], 2010, no. 2, pp. 47–53.

3. Koryachkina S.Ya., Koryachkin V.P., Sapronova N.P. Vliyanie vneseniya apel'sinovogo pyure na reologicheskie kharakteristiki testa dlya krekerov [Influence make orange puree on the rheological characteristics of dough for crackers]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2013, no. 5, pp. 25–29.

4. Koryachkina S.Ya., Koryachkin V. P., Sapronova N.P. Innovatsionnaya tekhnologiya proizvodstva keksov [Innovative technology for production of cakes]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Goods manager of food products], 2013, no. 2, pp. 25–29.

5. Magomedov G.O., Zatsepilina N.P., Oseneva V.V. Otsenka potrebitel'skikh predpochteniy sbivnogo khleba dlya shkol'nogo pitaniya [Evaluation of consumer preferences whipped bread for school feeding]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Goods manager of food products], 2015, no. 4, pp. 32–37.

6. Matveeva T.V., Koryachkina S.Ya. *Muchnye konditerskie izdeliya funktsional'nogo naznacheniya. Nauchnye osnovy, tekhnologii, retseptury* [Pastries functionality. Scientific foundations, technology, formulation]. St. Petersburg: GIORD Publ., 2016. 360 p.

7. Matveeva T.V. Razrabotka tekhnologii keksovykh izdeliy s ovsyanoy, kukuruznoy i yachmennoy mukoy [Technology Development keksovyh products with oats, corn and barley flour]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Goods manager of food products], 2010, no. 7, pp. 11–16.

8. Matveeva T.V., Koryachkina S.Ya. *Funktsional'nye pishchevye dobavki dlya khlebobulochnykh i konditerskikh izdeliy* [Functional food additives for bakery and confectionery products]. Orel: «Gosuniversitet-UNPK» Publ., 2012. 959 p.

9. Timofeev V.N., Zinkova M.L. Ispol'zovanie perspektivnogo syr'ya dlya proizvodstva produktov profilakticheskogo naznacheniya [Using a promising raw material for the production of prophylactic products]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of farm products], 2006, no. 9, pp. 66–68.

Дополнительная информация / Additional Information

Позднякова, О.Г. Разработка мучных кондитерских изделий для детей младшего школьного возраста / О.Г. Позднякова, М.Г. Курбанова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 31–36.

Pozdnyakova O.G., Kurbanova M.G. The development of pastry for primary school age children. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 44, no. 1, pp. 31–36 (In Russ.).

Позднякова Ольга Георгиевна
канд. техн. наук, доцент кафедры технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, тел.: +7 (3842) 73-40-23, e-mail: thp@ksai.ru

Курбанова Марина Геннадьевна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, тел. +7 (3842) 73-40-23, e-mail: thp@ksai.ru

Olga G. Pozdnyakova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of storage and processing of agricultural products, Kemerovo State Agricultural Institute 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia,
phone: +7 (3842) 73-40-23, e-mail: thp@ksai.ru

Marina G. Kurbanova
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of Department of Technology of storage and processing of agricultural products, Kemerovo State Agricultural Institute, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 73-40-23,
e-mail: thp@ksai.ru

УДК 641.1/3

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Т.Н. Сафронова*, В.В. Казина, К.В. Сафронова

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
Торгово-экономический институт,
660075, Россия, г. Красноярск, ул. Л. Прушинской, 2

**e-mail: Safronova63@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 25.11.2016
Дата принятия в печать: 23.01.2017

Аннотация. Зерно является доступным пищевым продуктом для любых групп питающихся. В процессе проращивания в зерне активизируются ферментные системы и происходит расщепление сложных пищевых веществ до более простых, легко усвояемых организмом человека. В качестве объектов исследования было выбрано сухое зерно пшеницы для проращивания. Проращивание производилось с использованием пароконвекционного аппарата. В ходе работы установлена зависимость времени проращивания от температуры, скорости подачи кондиционированного воздуха и влажности в камере пароконвектомата. Составлена математическая модель для исследуемого процесса и проведен анализ полученного уравнения. У пророщенного зерна определяли органолептические, физико-химические и микробиологические показатели. Для предотвращения порчи при хранении пророщенное зерно пшеницы упаковывали в вакуумные пакеты и интенсивно охлаждали. Контроль качества проводили по трем контрольным точкам в течение 10 суток хранения, в которых определялись органолептические и микробиологические показатели пророщенного зерна. Разработанная технология проращивания зерна пшеницы до зародышевого корешка длиной 2 мм с использованием пароконвекционного аппарата имеет следующие технологические режимы: влажность 100 %, температура 30 °С и мощность кондиционирования воздуха 0,09 кВт. Определены сроки хранения в вакуумной упаковке до 7 суток при температуре 4±2 °С и влажности воздуха 75 %.

Ключевые слова. Зерно пшеницы, технология проращивания, пароконвекционный аппарат, технологические режимы

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR WHEAT GRAIN GERMINATION

T.N. Safronova*, V.V. Kazina, K.V. Safronova

Siberian Federal University,
Institute of Economics and Trade,
2, L. Prushinskoy Str., Krasnoyarsk, 660075, Russia

**e-mail: Safronova63@mail.ru*

Received: 25.11.2016
Accepted: 23.01.2017

Abstract. Grain is available for any food product consumer. During germination, grain enzyme systems are activated, and splitting of complex nutrients to simpler ones which are easily digestible by the human body takes place. Dry wheat grain germination has been studied. Germination was carried out using a steam convection apparatus. Germination time dependence on temperature, conditioned air flow rate and humidity in the chamber of a steam convection apparatus has been defined. A mathematical model for the studied process has been developed, and the equation analysis has been fulfilled. Organoleptic, physical-chemical and microbial parameters of germinated grain have been determined. Germinated wheat grains were packed in vacuum bags and cooled rapidly to prevent contamination during storage. Quality control based on three test points and defining organoleptic and microbial parameters of germinated grains was carried out within 10 days of storage. The developed technology of wheat grain germination to the embryo root of 2 mm long using a steam convection apparatus has the following process conditions: humidity 100%, temperature 30 ° C and air conditioning power of 0.09 kW. The period of vacuum packed grain storage has been defined as 7 days under the following storage requirements: temperature 4 ± 2 °C, humidity 75%.

Keywords. Wheat grain, germination technology, steam convection apparatus, technological modes

Введение

Одним из положений Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации является формирование здорового типа питания населения, что требует наращивания производства новых обогащенных, диетических и функциональных пищевых продуктов [1]. Для обогащения рационов используют различное сырье, в том числе зерновое. В мировом производстве зерна и в России пшеница занимает первое место. Такое значение пшеницы обусловлено ее высокой урожайностью и ценными свойствами белкового, углеводного и ферментативного комплекса. Зерно является доступным пищевым продуктом для любых групп питающихся. Однако при производстве зерновых продуктов наиболее ценные части зерна удаляются. Особый

интерес представляет пророщенное зерно пшеницы как один из возможных источников обогащения рациона питания.

В процессе проращивания в зерне активизируются ферментные системы и происходит расщепление сложных пищевых веществ до более простых, легко усвояемых организмом человека. Крахмал превращается в сахар, белки – в аминокислоты, а жиры – в жирные кислоты. Такие же процессы происходят при переваривании пищи в организме человека. Белок зародыша имеет повышенную биологическую ценность, поскольку является концентратом структурных и ферментативных белков, близким по своим свойствам к физиологическим белкам животной ткани. По сравнению с цельным зерном, зародыш зерна содержат в 50 раз больше витамина Е – основного антиоксиданта, который замедляет процессы старения организма, в 10 раз больше витамина B_6, в 3–4 раза больше витаминов F и P, в 2–3 раза больше аминокислот, в 4–5 раз больше жирных кислот. Зерна пшеницы содержат целый комплекс микроэлементов: фосфор, калий, магний, марганец, кальций, цинк, железо, селен, медь, ванадий и др. [2–5, 16].

Установлено, что введение проростков в рацион стимулирует обмен веществ и кроветворение, повышает иммунитет, компенсирует витаминную и минеральную недостаточность, нормализует кислотно-щелочной баланс, способствует очищению организма от шлаков и интенсивному пищеварению [6].

Использование пророщенных зерен пшеницы в системе общественного питания весьма ограничено из-за короткого срока их хранения. Пророщенное зерно пшеницы может быть более широко использовано в системе общественного питания в качестве добавки к рациону питания, витаминизации готовых блюд. В связи с вышеизложенным перед технологами общественного питания встает задача разработки новой технологии проращивания зерна пшеницы, отличающейся от известных способов простотой, сокращением сроков проращивания, уменьшением материальных затрат [7–12, 15].

Целью работы является разработка технологии проращивания зерна пшеницы с использованием пароконвекционного аппарата для системы общественного питания.

Научная новизна

Обосновано использование технологии проращивания зерна пшеницы с использованием пароконвекционного аппарата в условиях предприятий общественного питания.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования было определено сухое зерно пшеницы для проращивания (ТУ 9700-005-50765127-06, ООО «СибТар», г. Новосибирск). Сухое зерно для проращивания имеет следующие показатели: состояние зерна здоровое, имеет нормальный, свойственный здоровому зерну пшеницы запах, цвет зерна – нормальный, свойственный здоровому зерну данного типа, содержание сухих веществ – 86±0,05 %, белок – 11,8±0,05 %; жир – 2,2±0,002 %; углеводы – 69,5±0,03 %.

Органолептические, физико-химические исследования проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 13586.3-2015; ГОСТ 13586.5-2015; ГОСТ 10967-90; ГОСТ 10846-91; ГОСТ 29033-91; ГОСТ Р 52934-2008; ГОСТ 10844-64. С целью проверки полученных данных был использован непараметрический критерий Колмогорова–Смирнова. При сравнении средних значений разница считалась достоверной при $p < 0,05$. Для построения математической модели оптимизации технологии использовали метод полного факторного анализа с составлением уравнения множественной линейной регрессии (Statistica 6.0).

Исследование технологии проращивания зерна пшеницы проводили с использованием пароконвекционного аппарата «Рациональ» SCC61WE-3NAC400V50/60 (данный аппарат имеет бойлерный способ образования пара с сенсорным управлением). Для этой цели брали 1 кг навески сухого зерна для проращивания, размещали в перфорированную емкость GN 2/1 и ставили в пароконвектомат при 60–100%-ной влажности, мощности кондиционирования воздуха 0–0,36 кВт с изменением температурного режима (30±1 ºС), (35±1 ºС), (40±1 ºС), (45±1 ºС). Измеряли время проращивания зерна. За основной контролируемый показатель влажного пророщенного зерна принимали наличие зародышевого корешка длиной не более 2 мм у 90 % семян.

Исследование условий и сроков хранения пророщенного зерна пшеницы проводили в соответствии с ТР ТС 021/2011 и МУ 4.2. 727-99 при температуре (4±2) °С, (9±1) °С. Использовали вакуумный упаковщик Profi Cook PC-VK 1015, шкаф интенсивного охлаждения PF 031AF CHILLY GN1. Для этой цели готовое пророщенное зерно пшеницы упаковывали в вакуумные пакеты и ставили в шкаф интенсивного охлаждения до достижения температуры внутри продукта +6 °С, затем хранили в течение 10 суток, определяли органолептические и микробиологические показатели в трех контрольных точках.

Оценку пищевой ценности пророщенного зерна пшеницы проводили по показателям, как полученным в результате собственных исследований, так и данным справочника USDA Food Composition Databases [17]. Оценку проводили для мужчин и женщин III группы физической активности и возрастной группы 30–39 лет (МР 2.3.1.2432-08).

Результаты и их обсуждение

В прорастающем зерне происходят те же биохимические и физиологические изменения, что и при естественном проращивании его в почве. Прорастание зерна возможно только при достаточном количестве влаги, кислорода и оптимальной температуре. Зерно проращивают в таких условиях, чтобы расход крахмала на дыхание и образование новых вегетативных органов был минимальным, при возможно меньшем обсеменении микроорганизмами, особенно кислотообразующими.

Протекающие биохимические процессы в прорастающем зерне способствуют расщеплению всех

высокомолекулярных соединений (крахмала, белков) и переходу их в низкомолекулярные вещества, которые используются для питания зародыша. Прорастание характеризуется двумя взаимно связанными процессами: гидролизом запасных веществ эндосперма и синтезом новых веществ в зародыше, изменяющими биохимический состав зерна. Важнейшим энергетическим процессом проращивания является дыхание зерна, протекающее под действием оксидаз.

Активность α-амилазы значительно увеличивается после нескольких часов проращивания в результате расщепления адсорбировавших ее белков под действием протеолитических ферментов. β-амилаза находится в активном состоянии еще в непроросшем зерне. При проращивании β-амилаза повышает свою активность главным образом за счет новообразования этого фермента. Активность и новообразование протеолитических ферментов при проращивании зерна увеличивается в четыре раза [2–5; 13]. Гидролиз белковых веществ во время проращивания происходит под действием протеолитических ферментов. В первую очередь воздействию их подвергается резервный белок, который находится в клетках эндосперма вблизи алейронового слоя. Продукты гидролиза резервного белка являются источником азотистого питания зародыша.

Крахмал под влиянием ферментов превращается в сахара, которые затем окисляются до двуокиси углерода и воды с выделением 2822 кДж тепла на одну грамм-молекулу глюкозы. При проращивании зерна около 24 % крахмала превращается в сахара, из них 10 % расходуется на дыхание, 3–4 % – на построение корешков и ростков и приблизительно 10 % остается в солоде в виде сахара [2–5; 13].

При дыхании зерна происходит как полное, так и частичное окисление сахаров. Недостаточный приток кондиционированного воздуха при проращивании приводит к нарушению естественного дыхания зерна и образованию двуокиси углерода и спирта, что затормаживает жизненные процессы в зерне.

Во время проращивания зерна в эндосперме накапливаются также пентозаны. Образование растворимых продуктов гидролиза пентозанов связано с разрушением стенок зерен крахмала, которые состоят из целлюлозы, гемицеллюлозы и инкрустирующих веществ. Под воздействием цитолитических ферментов гидролизуются гемицеллюлозы и гумми-вещества, входящие в состав клеточных стенок зернового сырья. При этом образуются декстрины, глюкоза, ксилоза и арабиноза, которые расходуются на построение тканей корешков и ростков [2–5; 13].

Технологические требования к режиму проращивания зерна характеризуются следующими показателями: температурой, при которой происходит проращивание зерна на отдельных стадиях; содержанием влаги в зерне; соотношением кислорода и двуокиси углерода в слое зерна на отдельных стадиях проращивания; продолжительностью проращивания.

На рис. 1 представлена зависимость времени проращивания зерна пшеницы (наличие зародышевого корешка длиной не более 2 мм у 90 % семян) в пароконвекционном аппарате при различных температурных режимах, 100 % влажности, отсутствии кондиционирования воздуха.

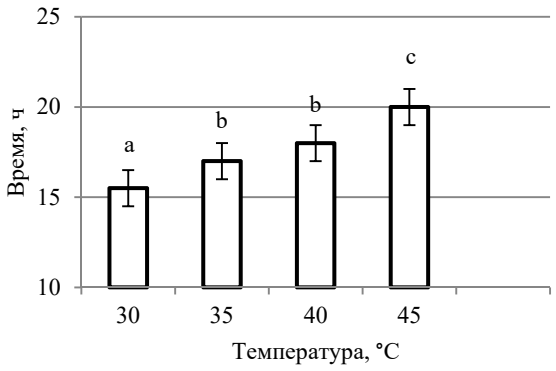


Рис. 1. Влияние температуры на время проращивания пшеницы (M ± m) (n = 6) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест, p < 0,05)

Из представленных данных видно, что оптимальной температурой проращивания зерна является 30 °С при 100 % влажности и отсутствии кондиционирования воздуха.

На рис. 2 представлена зависимость времени проращивания зерна пшеницы (наличие зародышевого корешка длиной не более 2 мм у 90 % семян) в пароконвекционном аппарате при 30 °С, 100 % влажности и мощности кондиционирования воздуха 0 – 0,36 кВт.

Рис. 2. Влияние мощности кондиционирования воздуха на время проращивания пшеницы (M ± m) (n = 6) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест, p < 0,05)

Из представленных данных видно, что оптимальной мощностью кондиционирования воздуха в камере пароконвектомата для проращивания зерна является 0,09 кВт при 30 °С и 100 % влажности.

На рис. 3 представлена зависимость времени проращивания зерна пшеницы (наличие зародышевого корешка длиной не более 2 мм у 90 % семян) в пароконвекционном аппарате при 30 °С, мощности

кондиционирования воздуха 0,09 кВт и влажности 60–100 %.

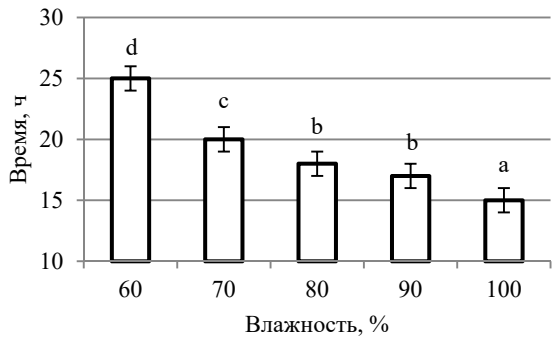


Рис. 3. Влияние влажности на время проращивания пшеницы (M ± m) (n = 6) (различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест, p < 0,05)

Из представленных данных видно, что оптимальной влажностью в камере пароконвектомата для проращивания зерна является 100 % при мощности кондиционирования воздуха 0,09 кВт и 30 °С.

Составив математическую модель для исследуемых процессов, изучали влияние температуры (X_1), конвекции (X_2) и влажности (X_3) в камере пароконвектомата на время проращивания зерна пшеницы. Пределы варьирования факторов принимали: X_1 = 30–45 °С, X_2 = 0–0,36 кВт, X_3 = 60–100 %. В результате реализации эксперимента и расчета значения коэффициентов получили следующее уравнение регрессии [14]

$$Y = 21{,}95 + 2{,}375X_1 + 1{,}675X_2 - 2{,}7X_3 - 4{,}4X_1X_2 + 1{,}4X_1X_3 + 1{,}8X_2X_3 + 0{,}75X_1X_2X_3. \quad (1)$$

В ходе дальнейших вычислений установили, что все коэффициенты в уравнении являются значимыми.

Анализируя полученное уравнение, сделали следующие выводы. Повышение температуры и конвекции в камере пароконвектомата приводит к увеличению временных затрат на проращивание, о чем свидетельствует знак «+» при этих факторах. Следовательно, оптимальными температурой и конвекцией будут 30 °С и 0,09 кВт соответственно. Увеличение влажности приводит к уменьшению времени проращивания, на что указывает знак «–» при этом факторе. Поэтому оптимальной влажностью будет 100 %. Поскольку значения коэффициентов при факторах X_1, X_2 и X_3 равны 2,375, 1,675 и 2,7 соответственно, то наибольшее влияние на продолжительность роста оказывают температура и влажность. Величина значения коэффициента при межфакторном влиянии температуры (X_1) и конвекции (X_2) показывает на более существенное влияние на продолжительность проращивания по сравнению с другими факторами (коэффициент 4,4).

Таким образом, оптимальными технологическими параметрами проращивания зерна пшеницы определены: температура 30 °С, конвекция воздуха 0,09 кВт и 100 % влажность.

В конце проращивания определяли органолептические показатели пророщенного зерна (табл. 1). Химический состав пророщенного зерна пшеницы представлен в табл. 2.

Таблица 1

Органолептические показатели пророщенного зерна пшеницы, (M ± m) (n = 7)

Показатели	Характеристика	Общий балл (по 5-балльной системе)
Внешний вид	Зерновая масса выравнена. Форма зерна: шарообразная, имеются проростки белого цвета длиной не более 2 мм. Крупность зерна: крупное. Поверхность зерна: матовая, влажная с трещинками	4,8±0,02
Цвет	Светло-коричневый	4,9±0,01
Запах	Свойственный здоровому зерну данного типа	4,8±0,02
Вкус	Сладковатый, свойственный здоровому зерну данного типа	4,7±0,02

Таблица 2

Химический состав пророщенного зерна пшеницы, (M ± m) (n = 6)

Показатель (в 100 г)	Значение
Содержание сухих веществ, г	52,6±0,05
Зола, г	1,2±0,03
Белок, г	14,4±0,05
Жир, г	2,24±0,002
Крахмал, г	30,7±0,03
Клетчатка, г	2,11±0,03
Сахар, г	1,92±0,05

Микробиологические показатели безопасности пищевых продуктов являются одними из главных при определении качества. Известно, что основным источником попадания микрофлоры на зерно является почва. На поверхности неповрежденного зерна могут развиваться эпифитные микроорганизмы – бактерии рода *Erwinia, Pseudomonas.* Часто зерно содержит грибы родов *Aspergillis, Penecillium, Rhisopus* [3–5; 13]. Низкая влажность зерна обусловливает неактивное состояние микроорганизмов, находящихся на нем.

Численность и видовой состав микрофлоры зерна зависят от условий сбора и хранения урожая, температуры, влажности и мощности кондиционирования воздуха на этапах проращивания. При увеличении содержания влаги сохранившиеся в зерне микроорганизмы начинают проявлять свою жизнедеятельность и в первую очередь – плесневые грибы. При дальнейшем увеличении влажности зерна в зерне активными становятся и другие микроорганизмы – бактерии и дрожжи. Поэтому установление условий и сроков хранения пророщенного зерна является важной и актуальной задачей.

Для предотвращения порчи продукта пророщенное зерно упаковывали в полимерную пленку с помощью вакуумного упаковщика Profi Cook PC-VK 1015. Затем упакованное пророщенное зерно помещали в шкаф интенсивного охлаждения PF 031AF CHILLY GN1. Данная технология использовалась для сокращения времени достижения температуры в центре упакованного продукта до +6 °С. При этом необходимо отметить, что достижение контрольной температуры происходило за 6 мин при использовании шкафа интенсивного охлаждения, в отличие от традиционного охлаждения при температуре 4±2 °С , которое занимало 70 мин. Этот факт особенно важен для предотвращения размножения микрофлоры. Готовые упакованные, охлажденные пакеты хранили при температуре (4±2) °С и (9±1) °С в течение 10 суток. Для контроля качества пророщенного зерна пшеницы и установления сроков хранения были определены три контрольные точки (3; 6 и 10 сут.), в которых определялись органолептические и микробиологические показатели (табл. 3–4).

Таблица 3

Органолептические показатели упакованного пророщенного зерна пшеницы в контрольных точках, (M ± m) (n = 7)

Показатели	Характеристика	Общий балл (по 5-балльной системе)
Контроль		
Состояние упаковки	Сохранена герметичность	–
Внешний вид	Зерновая масса выравнена. Форма зерна: шарообразная, немного сплюснута, имеются проростки белого цвета длиной не более 2 мм. Крупность зерна: крупное. Поверхность зерна: матовая, влажная с трещинками	4,7±0,02
Цвет	Светло-коричневый	4,9±0,01
Запах	Свойственный здоровому зерну данного типа	4,8±0,02
Вкус	Сладковатый, свойственный здоровому зерну данного типа	4,7±0,01
3 суток		
То же		
6 суток		
То же		
10 суток		
То же		

Таким образом, органолептические показатели пророщенного зерна пшеницы после хранения при температуре (4±2) °С и (9±1) °С в течение 10 суток не хуже результатов, проведенных перед вакуумным упаковыванием. При этом упаковка сохранила герметичность, органолептические показатели имели высокие значения.

Таблица 4

Микробиологические показатели

Показатель	Результаты испытания после хранения			Величина допустимых уровней
	3 сут.	6 сут.	10 сут.	
КМАФАнМ, КОЕ/г	$<5•10^4$	$<5•10^4$	$<5•10^4$	не более $5•10^4$
БГКП (колиформы) в 0,1 г	не обн.	не обн.	не обн.	не доп.
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы в 25 г	не обн.	не обн.	не обн.	не доп.
Плесени, КОЕ/г	< 50	< 50	< 50	не более 50

Таким образом, можно заключить, что в течение 10 суток хранения упакованного пророщенного зерна пшеницы оно соответствует требованиям ТР ТС 021/2011. С учетом k = 1,3 (МУ 4.2. 727-99), принимаем срок хранения пророщенной пшеницы, упакованной в вакуумный пакет – 7 суток при регулируемой температуре 4±2 °С, влажности воздуха 75 %.

Оценивали пищевую ценность пророщенного зерна пшеницы. В табл. 5 указан уровень удовлетворения суточной потребности организма человека в основных питательных веществах за счет 100 г пророщенного зерна пшеницы.

Таблица 5

Оценка пищевой ценности пророщенного зерна пшеницы (100 г)

Показатель	Значение	Суточная потребность, мг, г/сутки, МР 2.3.1.2432-08	Степень удовлетворения, %
Белок, г	14,4	74/89	19,5/16
Клетчатка, г	2,11	20	10,5
Витамин B_1, мг	0,4	1,5	26,6
Витамин B_2, мг	1,8	0,18	10
Витамин B_6, мг	0,46	2	30,3
Железо, мг	3,7	18/10	20,5/37
Магний, мг	137	400	34,2
Калий, мг	2 500	273	10,9

Таким образом, проведенные исследования показали, что пророщенное зерно пшеницы обладает высокой пищевой ценностью.

Выводы

В результате проведенных исследований нами разработаны технологические параметры проращи-

вания зерна пшеницы с использованием пароконвекционного аппарата. Оптимальными технологическими параметрами проращивания зерна пшеницы определены: температура 30 °С, мощность кондиционирования воздуха 0,09 кВт и 100 % влажность. Полученное пророщенное зерно пшеницы имеет высокие органолептические показатели. Установлено, что одним из лучших способов хранения является вакуумное пакетирование с понижением температуры в толще пакета до +6 °С в аппарате интенсивного охлаждения и хранение в течение 7 суток при регулируемой температуре 4±2 °С, влажности воздуха 75 %. Употребление 100 г пророщенного зерна пшеницы удовлетворяет суточную потребность организма человека в белке на 16,5–19 %, клетчатке – 10,5 %, витамине B_1 на 26,6 %, B_2 – 10 %, B_6 – 30,3 %, в железе – 20,5–37 %, магнии – 34,2 %, калии – 10,9 %, что говорит о высокой пищевой ценности продукта. Данная технология может быть использована в системе общественного питания с целью получения пищевых продуктов повышенной пищевой ценности.

Список литературы

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утверждена указом Президента РФ от 30 января 2010 года № 120) / Российская газета – Федеральный выпуск № 5100 (21), 3 февраля 2010 г.
2. Данович, К.Н. Физиология семян / К.Н. Данович [и др.]. – М.: Наука, 1982. – 318 с.
3. Бастриков, Д. Изменение биохимических свойств зерна при замачивании / Д. Бастриков, Г. Панкратов // Хлебопродукты. – 2005. – № 1. – С. 40–41.
4. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян / Пер. с англ. Н.А. Аскоченской, Н.А. Гумилевской, Е.П. Зверткиной, Э.Е. Хавкина; под. ред. М.Г. Николаевой, Н.В. Обручевой, с предисл. М.Г. Николаевой. – М.: Колос, 1982. – 495 с.
5. Кретович, В.Л. Биохимия растений / В.Л. Кретович. – М.: Высшая школа, 1986. – 448 с.
6. Шаскольский, В. Проростки источник здоровья / В. Шаскольский, Н. Шаскольская // Хлебопродукты. – 2005. – № 4. – С. 56–57.
7. Пат. 2335139 Российская Федерация, МПК A 23 L 1/025, A 01 G 31/00, A 23 K 1/00. Способ проращивания зерна / Карначук Р.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Томский государственный университет № 2006128529/13; заявл. 04.08.06; опубл. 10.02.08, Бюл. № 28. – 4 с.
8. Пат. 2428029 Российская Федерация, МПК A 21 D 13/02. Способ получения пророщенного зерна пшеницы / Бибик И.В. [и др.]; заявитель и патентообладатель Дальневосточный государственный аграрный университет – № 2010118417/13; заявл. 06.05.10; опубл. 10.09.11, Бюл. № 25. – 2 с.
9. Пат. 2444211 Российская Федерация, МПК A 23 L 1/30, A 23 L 1/304, A 23 L 1/10. Способ производства биологически активной добавки к пище / Баженова Б.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Восточно-Сибирский государственный технологический университет – № 2010138722/13; заявл. 20.09.10; опубл. 10.03.12, Бюл. № 7. – 7 с.: ил.
10. Пат. 2472330 Российская Федерация, МПК A 01 C 1/00. Способ проращивания зерна и устройство для его осуществления / Булавин С.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия – № 2011109467/13; заявл. 14.03.11; опубл. 20.01.13, Бюл. № 2. – 8 с.: ил.
11. Пат. 2492701 Российская Федерация, МПК A 23 L 1/172, A 23 L 1/185, A 01 C 1/02, A 01 C 1/06. Способ получения функционального продукта на основе свежепроросшего зерна и приспособление для проращивания зерна, используемое для осуществления способа / Городилова Е.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ООО «Золотой колосочек» – № 2012101621/13; заявл. 17.01.12; опубл. 20.09.13, Бюл. № 26. – 6 с.: ил.
12. Пат. 2500093 Российская Федерация, МПК A 01 C 1/02. Способ проращивания зерна / Курилов В.А.; заявитель и патентообладатель Курилов В.А. – № 2012120405/13; заявл. 17.05.12; опубл. 10.12.13, Бюл. № 34. – 3 с.: ил.
13. Зверев, С.В. Функциональные зернопродукты / С.В. Зверев, Н.С. Зверева. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 116 с.
14. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Диалектика, – 2007. – 912 с.
15. Mujoriya, R. A study on wheat grass and its nutritional value / R. Mujoriya // Food science and Quality Management, 2011. – no. 2. – P. 1–8.
16. Singh, N. Therapeutic Potential of Organic *Triticum aestivum* Linn. (Wheat Grass) in Prevention and Treatment of Chronic Diseases, an Overview / N. Singh, P. Verma, BR. Pandey // International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research. – 2012. – no. 4 (1). – P. 10–14.
17. USDA Food Composition Databases [Электронный ресурс] /URL: https://ndb.nal.usda.gov/ndb/ (дата обращения: 13.09.15).

References

1. Doktrina prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii (utverzhdena Ukazom Prezidenta RF ot 30 yanvarya 2010 goda № 120) [Food Security Doctrine of the Russian Federation (approved by Presidential Decree of January 30, 2010 № 120)]. *Rossiyskaya gazeta – Federal'nyy vypusk* [Rossiyskaya Gazeta - Federal Issue], 2010, no. 5100 (21), pp. 1.
2. Danovich K.N. et al. *Fiziologiya semyan* [Seed Physiology]. Moscow: Science Publ., 1982. 318 p.
3. Bastrikov D., Pankratov G. Izmenenie biokhimicheskikh svoystv zerna pri zamachivanii [Changes in the biochemical properties of grain soaking]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2005, no. 1, pp. 40–41.
4. Khan A.A. (ed.) *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*. Amsterdam, North-IToIland Publ. Co., 1977. (Russ. ed.: Askochenskoy N.A., Gumilevskoy N.A., Zvertkinoy E.P., Khavkina E.E. (eds.) Nikolaevoy M.G., Obruchevoy N.V. *Fiziologiya i biokhimiya pokoya i prorastaniya semyan.* Moscow: Kolos Publ., 1982. 495 p.).
5. Kretovich V.L. *Biokhimiya rasteniy* [Biochemistry plants]. Moscow: Higher School Publ., 1986. 448 p.
6. Shaskol'skiy V., Shaskol'skaya N. Prorostki istochnik zdorov'ya [Sprouts source of health]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2005, no. 4, pp. 56–57.

7. Karnachuk R.A. et al. *Sposob prorashchivaniya zerna* [The process of germination of grain]. Patent RF, no. 2335139, 2008.

8. Bibik I.V. et al. *Sposob polucheniya proroshchennogo zerna pshenitsy* [A method for producing sprouted wheat]. Patent RF, no. 2428029, 2011.

9. Bazhenova B.A. et al. *Sposob proizvodstva biologicheski aktivnoy dobavki k pishche* [A method of producing a biologically active food supplement]. Patent RF, no. 2444211, 2013.

10. Bulavin S.A. et al. *Sposob prorashchivaniya zerna i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [The process of germination of grain and device for its implementation]. Patent RF, no. 2472330, 2013.

11. Gorodilova E.A. et al. *Sposob polucheniya funktsional'nogo produkta na osnove svezheprorosshego zerna i prisposoblenie dlya prorashchivaniya zerna, ispol'zuemoe dlya osushchestvleniya sposoba* [A method for producing a functional product based on svezheprorosshego grains and a device for germinating grain, used for carrying out the method]. Patent RF, no. 2492701, 2013.

12. Kurilov V.A. *Sposob prorashchivaniya zerna* [The process of germination of grain]. Patent RF, no. 2500093, 2013.

13. Zverev S.V., Zvereva N.S. *Funktsional'nye zernoprodukty* [Functional cereals]. Moscow: DeLi print Publ., 2006. 116 p.

14. Dreyper N., Smit G. *Prikladnoy regressionnyy analiz. Mnozhestvennaya regressiya* [Applied Regression Analysis. Multiple Regression]. Moscow: Dialectic Publ., 2007. 912 p.

15. Mujoriya R. A study on wheat grass and its nutritional value. *Food science and Quality Management,* 2011, no. 2, pp. 1–8.

16. Singh N, Verma P, Pandey B.R. Therapeutic Potential of Organic *Triticum aestivum* Linn. (Wheat Grass) in Prevention and Treatment of Chronic Diseases: an Overview. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 2012, vol. 4, no. 1, pp. 10–14.

17. *USDA Food Composition Databases*. Available at: https://ndb.nal.usda.gov/ndb/. (accessed 13.09.15).

Дополнительная информация / Additional Information

Сафронова, Т.Н. Разработка технологических параметров проращивания зерна пшеницы / Т.Н. Сафронова, В.В. Казина, К.В. Сафронова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 37–43.

Safronova T.N., Kazina V.V., Safronova K.V. Development of technological parameters for wheat grain germination. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 37–43 (In Russ.).

Сафронова Татьяна Николаевна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Торгово-экономический институт, 660075, Россия, г. Красноярск, ул. Л. Прушинской, 2, тел.: +7 923-296-50-02,
e-mail: safronova63@mail.ru

Казина Валентина Владимировна
магистрант, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Торгово-экономический институт, 660075, Россия, г. Красноярск, ул. Л. Прушинской, 2,
тел.: +7 983-155-32-83, e-mail: v.mutovina89@yandex.ru

Сафронова Ксения Викторовна
магистрант, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Торгово-экономический институт, 660075, Россия, г. Красноярск, ул. Л. Прушинской, 2,
тел.: +7 923-296-50-01, e-mail: safronovakseniya@mail.ru

Tatiana N. Safronova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and organization catering, Siberian Federal University, Commerce and Economic Institute, 2, L. Prushinskoy Str., Krasnoyarsk, 660075, Russia,
phone: +7 923-296-50-02, e-mail: safronova63@mail.ru

Valentina V. Kazina
Undergraduate, Siberian Federal University, Commerce and Economic Institute, 2, L. Prushinskoy Str., Krasnoyarsk, 660075, Russia, phone: +7 983-155-32-83,
e-mail: v.mutovina89@yandex.ru

Ksenia V. Safronova
Undergraduate, Siberian Federal University, Commerce and Economic Institute, 2, L. Prushinskoy Str., Krasnoyarsk, 660075, Russia, phone: +7 923-296-50-01,
e-mail: safronovakseniya@mail.ru

УДК [665.33+637.12]664.3.033.1

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ПРИРОДНЫХ МАСЕЛ В ПРОИЗВОДСТВЕ СПРЕДОВ

К.В. Старовойтова*, М.А. Тарлюн, Л.В. Терещук, А.С. Мамонтов

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**e-mail: centol@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 29.12.2016
Дата принятия в печать: 23.01.2017

Аннотация. В статье представлены данные по исследованию жирнокислотного состава, содержания твердых триглицеридов, температуры плавления и застывания твердых природных масел. Исследования физико-химических характеристик позволили обосновать целесообразность применения пальмового, кокосового и пальмоядрового масла в производстве растительно-сливочных спредов. Показано, что в составе исследованных масел преобладают насыщенные жирные кислоты со средней длиной цепи, обладающие доказанным гипохолестеринемическим действием, что указывает на возможность их использования в жировых основах спредов функционального назначения, в том числе для профилактики атеросклероза. Исследование жирнокислотного состава, в том числе содержания трансизомеров жирных кислот в различном жировом сырье, показало, что при разработке жировых основ спредов целесообразно использовать смеси молочного жира с твердыми и жидкими природными маслами и жирами, не подвергшимися модификации, с целью минимизации содержания трансизомеров жирных кислот в готовом продукте. Разработаны рецептуры высокожирного растительно-сливочного спреда с массовой долей жира 72,5 %, состоящего из натуральных твердых и жидких растительных масел, молочного жира, сухого молока и пищевых добавок. Жировая фаза спреда представляет собой композицию молочного жира, пальмового масла, пальмоядрового или кокосового масла, а в качестве пищевых добавок использовали комбинацию природных антиоксидантов – экстракта розмарина и янтарной кислоты. Выбранное сырье обеспечивает заданные технологические и потребительские свойства готовых молочно-жировых продуктов.

Ключевые слова. Кокосовое масло, пальмовое масло, пальмоядровое масло, твердые триглицериды, плавление, трансизомеры жирных кислот, спреды

FEATURES OF USING OF SOLID NATURAL OILS IN PRODUCTION OF SPREADS

K.V. Starovoytova*, M.A. Tarlyun, L.V. Tereshchuk, A.S. Mamontov

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: centol@mail.ru*

Received: 29.12.2016
Accepted: 23.01.2017

Abstract. The data on the study of fatty acid composition, content of solid triglycerides, temperatures of melting and hardening of solid natural oils are provided in the article. Investigations on structural and rheological characteristics allowed proving feasibility of using of palm, coconut and palm-kernel oil in production of vegetable-and-creamy spreads. It is shown that the saturated fatty acids with an average length of a chain possessing the proved hypocholesteric action indicating the possibility of their use in fat bases of spreads of functional purposes including the prevention of atherosclerosis prevail in the studied oils. The study of fatty acid composition including the content of transisomers of fatty acids in various fatty materials showed that in case of the development of fat bases for spreads it is reasonable to use mixes of milk fat with solid and liquid natural oils and fats which are not modified to minimize the content of fatty acids transisomers in the finished product. Compounding of high-in-fat vegetable-and-creamy spread with a mass fraction of fat of 72.5% consisting of natural solid and liquid vegetable oils, milk fat, powdered milk and nutritional supplements has been developed. The oil phase of spread is a composition of milk fat, palm oil, palm-kernel or coconut oils, a combination of natural antioxidants – an extract of rosemary and amber acid being used as supplements. The chosen raw materials provide the set technological and consumer properties of finished milk-and-oil products.

Keywords. Coconut oil, palm oil, palm-kernel oil, solid triglycerides, melting, transisomers of fatty acids, spreads

Введение

Большой объем научных исследований и технологических разработок по созданию продуктов с комбинированной жировой фазой, в том числе спредов, основными составляющими которой являются молочный жир в сочетании с жидкими и твердыми растительными маслами, свидетельствует о перспективности и актуальности данного направления. Изменение соотношения компонентов позволяет вырабатывать продукцию разного

целевого назначения в зависимости от специфики использования [1, 3, 4].

При выборе сырья для получения высококачественных жировых основ спредов необходимо прежде всего знать характеристики сырьевых компонентов: содержание твердых триглицеридов, температуру плавления, жирнокислотный состав, содержание трансизомеров жирных кислот, также важна стоимость сырья.

Температура плавления жировой основы зависит от ее глицеридного состава. Твердые жиры имеют в составе твердые и жидкие фракции. Преобладание однокислотных высокоплавких глицеридов в твердой фракции жиров придает повышенную твердость, даже хрупкость, а разнокислотных – мягкость. Молочный жир содержит в основном разнокислотные триглицериды, в состав которых входит небольшое количество низкомолекулярных жирных кислот, таких как лауриновая, миристиновая и пальмитиновая кислота [1].

Важным показателем качества жировой основы спреда также является легкоплавкость и пластичность. Легкоплавкость зависит от содержания и количественного соотношения твердых и жидких триглицеридов; чем больше в жире твердых высокоплавких глицеридов, тем ниже легкоплавкость. Также легкоплавкость зависит от количества ненасыщенных жирных кислот в составе жира.

Пластичность жировой продукции, которая характеризует способность жира под влиянием механического воздействия изменять форму без разрыва сплошности, т.е. способность сохранять форму после снятия напряжения, определяется содержанием твердых триглицеридов в определенном интервале температур. Жир с хорошей пластичностью не меняет в широком температурном интервале соотношения содержания твердых и жидких глицеридов. Высокими упругопластическими свойствами обладает сливочное масло. Это обусловлено неоднородным составом его твердой фракции, которая переходит в жидкое состояние в широком интервале температур. Сливочное масло легко деформируется при механическом воздействии.

Наилучшей пластичностью и намазываемостью обладают жиры, у которых содержание твердых триглицеридов составляет 15–30 % и остается неизменным в интервале температур от 10 до 30 °С. Если твердых глицеридов более 30 %, то жир плотный и непластичный, в мягких жирах их количество составляет 10–12 %.

Структурно-реологические свойства спредов определяются областью их применения и методом фасовки. При температуре от 20 до 35 °С спреды по физическим свойствам должны быть подобны сливочному маслу, а при более низких температурах превосходить его по пластичности.

Для получения требуемых характеристик жировых фаз спредов целесообразно использование широкого набора жиров и масел с различным содержанием твердых глицеридов. При этом важно учитывать область и условия их применения.

С точки зрения исследования характеристик создаваемых жировых основ представляют интерес данные о влиянии различного жирового сырья на физико-химические и органолептические показатели готового продукта.

Целью работы является исследование твердых природных масел в связи с их использованием в технологии производства растительно-сливочных спредов.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи: изучение и сравнительная оценка физико-химических показателей твердых природных масел и жиров, определение содержания твердых триглицеридов, температуры плавления, твердости; изучение влияния структурно-реологических показателей используемого жирового сырья на технологические характеристики жировых основ спредов.

Объекты и методы исследования

При выполнении работы в соответствии с поставленными задачами использовали стандартные и современные методы исследований. Исследования проводились в трех-четырехкратной повторности и статистически обрабатывались. В экспериментальной части приведены средние значения показателей.

Были проведены исследования физико-химических, органолептических и структурно-реологических показателей пальмового, пальмоядрового и кокосового масла. Также объектом исследования являлись образцы растительно-сливочных спредов, произведенных на линии по производству маргаринов фирмы «SPX Flow Technology».

Отбор и подготовка проб жирового сырья осуществлялась по требованиям ИСО 5555-91 «Масла и жиры животные и растительные. Отбор проб» и ИСО 661-89 «Масла и жиры животные и растительные. Подготовка испытуемой пробы».

Температуру плавления твердых растительных масел определяли по стандартной методике согласно ГОСТ Р 52179-2003.

Содержание твердых триглицеридов (ТТГ) определяли по ГОСТ 31757-2012 «Масла растительные, жиры животные и продукты их переработки». Содержание твердого жира определяли методом импульсного ядерно-магнитного резонанса на приборе Bruker Minispec MQ20.

Твердость растительных масел определяли на твердомере Каминского, предназначенном для исследования реологических характеристик жиров и жировых продуктов согласно ГОСТ Р 52179-2003. Метод основан на установлении величины нагрузки, необходимой для разрезания проволокой образца жира.

Жирнокислотный состав масел и жиров определяли методом газожидкостной хроматографии по ГОСТ 30418-96 на газовом хроматографе Agilent 7890B. Содержание трансизомеров жирных кислот в маслах определяли на ИК-спектрометре ИКС-40 со спектральным диапазоном 400–4200 см$^{-1}$, позволяющем измерять светопропускание в области

900–1050 см$^{-1}$. Границы абсолютной погрешности измерений массовой доли трансизомеров олеиновой кислоты ± 1,1 % (абс.) (P = 0,95).

Результаты и их обсуждение

Для исследования нами была выбрана группа твердых растительных масел, широко используемых в производстве масложировой продукции во всем мире, это пальмовое, кокосовое и пальмоядровое масло. Перечисленные масла характеризуются содержанием большого количества насыщенных жирных кислот с 12–16 углеродными атомами и сравнительно небольшим количеством ненасыщенных жирных кислот, главным образом олеиновой.

В отечественном производстве маргариновой продукции и спредов структурирующими компонентами, как правило, выступают гидрогенизированные и переэтерифицированные растительные масла и жиры. Однако в процессе гидрогенизации образуются трансизомеры олеиновой кислоты. В настоящее время содержание трансизомеров жирных кислот регламентировано и, согласно ГОСТ Р 52100-2003 «Спреды и смеси топленые», в спредах не должно быть выше 8 %, а к 2018 году будет запрещена масложировая продукция с содержанием трансизомеров более 2 %.

В исследуемых маслах отсутствуют трансизомеры жирных кислот. При этом следует отметить, что в зависимости от сезонности содержание трансизомеров в молочном жире составляет от 4 до 7 %.

Также образцы твердых природных растительных масел исследованы по физико-химическим и структурно-реологических характеристикам.

Температура плавления исследуемого образца пальмового масла составляет 36 °С. Твердость составляет 90 г/см.

Содержание твердых триглицеридов (ТТГ) в пальмовом масле представлено в табл. 1 и на рис. 1.

Пальмовое масло при комнатной температуре имеет полутвердую консистенцию благодаря высокому содержанию твердых триглицеридов. Это позволяет использовать его в натуральном виде при производстве спредов. При этом не происходит увеличение количества трансизомеров жирных кислот.

Таблица 1

Содержание твердых триглицеридов в пальмовом масле

Сырье	Содержание ТТГ,%, при температуре						$T_{пл.}$, °С
	5 °С	10 °С	20 °С	30 °С	35 °С	40 °С	
Масло пальмовое	46,9	42,2	22,9	9,8	5,9	3,1	36,0

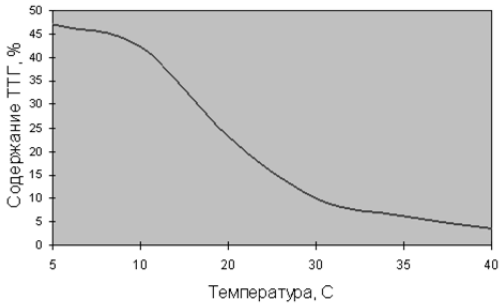


Рис. 1. Содержание твердых триглицеридов в пальмовом масле

Пальмовое масло остается твердым и даже хрупким только при температурах ниже 15 °С, начинает кристаллизоваться при 15–20 °С и постепенно образует крупнозернистую кристаллическую структуру. В связи с этим пальмовое масло в смесях с большинством других масел и жиров проявляет так называемое свойство посткристаллизации – затвердевания при хранении.

Изменение содержания твердых триглицеридов при медленном нагревании отражает характерную для триглицеридов пальмового масла способность к полиморфизму и рекристаллизации. Вследствие этого кристаллизация пальмового масла в смеси с относительно небольшими количествами жидких растительных масел не приводит к возникновению достаточно стабильной поликристаллической структуры, и триглицериды с низкой температурой плавления достаточно быстро выделяются в виде жидкой фазы.

Жирнокислотный состав пальмового масла представлен на рис. 2 и в табл. 2.

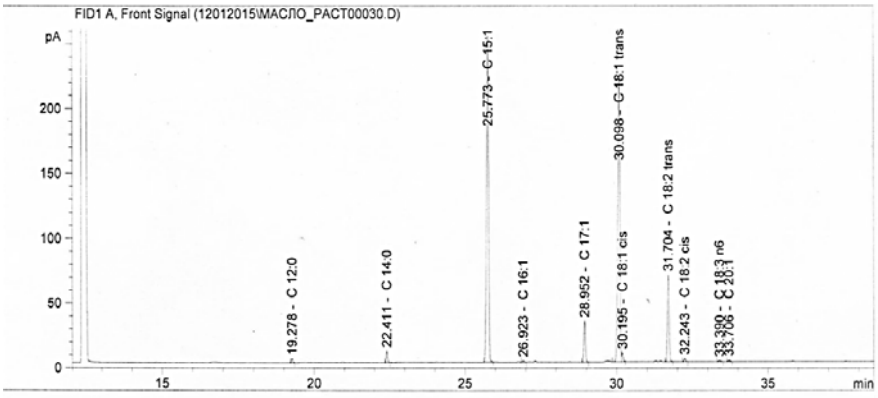


Рис. 2. Хроматограмма метиловых эфиров жирных кислот пальмового масла

Таблица 2

Жирнокислотный состав пальмового масла

Жирная кислота		Содержание, %
С12:0	Лауриновая	0,4
С14:0	Миристиновая	0,5
С16:0	Пальмитиновая	46,8
С16:1	Пальмитолеиновая	0,6
С18:0	Стеариновая	6,0
С18:1	Олеиновая	36,7
С18:2	Линолевая	12,0
С18:3	Линоленовая	0,5
С20:0	Арахиновая	1,0

Практически равное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в жирнокислотном составе пальмового масла обусловливает его консистенцию и температуру плавления. Насыщенные кислоты примерно на 90 % состоят из пальмитиновой кислоты $C_{16:0}$, а ненасыщенные – на 80 % из олеиновой кислоты $C_{18:1}$. Тринасыщенные глицериды масла состоят в основном из трипальмитина (ППП) и плавятся в интервале 55–68 °С. Динасыщенные триглицериды представлены главным образом симметричным олеодипальмитином (ПОП) и плавятся при 35 °С.

Присутствие в пальмовом масле значительного количества симметричных динасыщенных-мононенасыщенных триглицеридов, в частности дипальмитоолеина, обусловливает способность пальмового масла и его смесей с другими маслами к кристаллизации в различном полиморфном состоянии.

Пальмовое масло относится к пальмитолеиновой группе. При конструировании композиций жиров следует учитывать, что суммарное содержание жирных кислот C_{16} –C_{18} должно составлять порядка 50±5 %. Соответственно при конструировании рецептуры спредов возникает необходимость варьирования количества пальмового масла во избежание увеличения температуры плавления в готовом продукте, что повлечет за собой ухудшение органолептических свойств продукта.

Природа насыщенных кислот, содержащихся в жировых продуктах, оказывает значительное влияние на характер биологического действия жира. В этом отношении большой интерес представляют насыщенные жирные кислоты со средней длиной углеродной цепи – каприловая $C_{8:0}$, каприновая $C_{10:2}$, лауриновая $C_{12:0}$ и миристиновая $C_{14:0}$.

Эти жирные кислоты в достаточном количестве присутствуют только в молочном жире и кокосовом масле, которые являются наилучшим сырьем для производства спредов. Содержание молочного жира в сливочно-растительных спредах составляет не менее 50 %, а в растительно-сливочных – от 15 до 49 % от всего жира, при этом дозировка кокосового масла может составлять от 10 до 25 %.

Нами исследован жирнокислотный состав кокосового масла. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Жирнокислотный состав кокосового масла

Жирная кислота		Содержание, %
С 6:0	Капроновая	0,5
С 8:0	Каприловая	8,0
С10:0	Каприновая	6,5
С12:0	Лауриновая	50,9
С14:0	Миристиновая	18,0
С16:0	Пальмитиновая	7,9
С18:0	Стеариновая	2,0
С18:1	Олеиновая	5,0
С18:2	Линолевая	1,3

В жирнокислотном составе кокосового масла преобладает лауриновая кислота, также присутствуют низкомолекулярные предельные жирные кислоты – каприловая и каприновая.

В отличие от длинноцепочечных жирных кислот, среднецепочечные, в том числе из-за более короткой углеродной цепи, быстрее усваиваются организмом и быстрее метаболизируются в качестве топлива. Поступив во внутреннюю среду организма, они не депонируются, а подвергаются β-окислению [4]. Превращение среднецепочечных жирных кислот оказывает выраженное влияние на биосинтез экзогенных жирных кислот и холестерина [9]. Введение в рацион среднецепочечных жирных кислот оказывает гипохолестеринемический эффект, так как они не участвуют в мицеллообразовании, необходимом для всасывания холестерина [1]. В качестве дополнительных положительных свойств среднецепочечных жирных кислот выделяются: профилактика атеросклероза ввиду антикоагуляционного эффекта, снижение уровня холестерина в сыворотке крови, печени и других тканях [11]. Кроме того, среднецепочечные жирные кислоты оказались полезными в лечении ряда медицинских расстройств, которые связаны с нарушением или повреждением обмена липидов. Среднецепочечные жирные кислоты полезны при вскармливании новорожденных, они позволяют улучшить показания начального роста и физиологического развития. В присутствии среднецепочечных жирных кислот улучшается поглощение кальция и магния и усвоение аминокислот (особенно у детей раннего возраста). Таким образом, среднецепочечные жирные кислоты могут быть полезным дополнением к диете людей, страдающих от любой формы недоедания или истощения тканей. В связи с этим среднецепочечные жирные кислоты часто используют в качестве парентеральных добавок для внутривенного питания после операций или во время восстановления после тяжелых травм, ожогов и инфекций [11].

Указанные особенности метаболизации среднецепочечных жирных кислот послужили основанием для попыток использования их при создании функциональных жировых продуктов, предназначенных, в том числе, для профилактики нарушений липидного обмена.

Твердость исследуемого образца кокосового масла составляет 350 г/см, что почти в четыре раза больше, чем у пальмового.

Содержание твердых триглицеридов при различных температурах представлено на рис. 3 и в табл. 4.

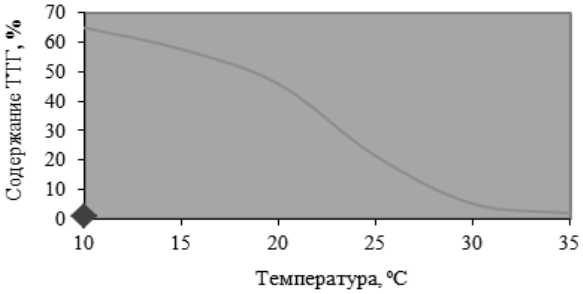


Рис. 3. Содержание твердых триглицеридов в кокосовом масле

Таблица 4

Содержание твердых триглицеридов в кокосовом масле

Сырье	Содержание ТТГ,%, при температуре						$T_{пл.}$, °С
	10 °С	15 °С	20 °С	25 °С	30 °С	35 °С	
Масло кокосовое	65,0	57,7	45,9	21,4	5,2	2,0	24,5

Температура плавления кокосового масла составляет 24,5 °С. Структурно-реологические характеристики рафинированного дезодорированного кокосового масла позволяют с успехом использовать его в смесях с другими твердыми маслами лауриновой группы, а также с жидкими растительными маслами и молочным жиром при изготовлении растительно-сливочных спредов. Получаемые композиции имеют крутой наклон кривой плавления с отчетливо выраженной температурой плавления, что обеспечивает требуемое ощущение во рту, важное при изготовлении масложировых продуктов, предназначенных для непосредственного употребления в пищу [7].

Наиболее близким по свойствам к кокосовому является пальмоядровое масло, получаемое прессованием из семени костянки масличной пальмы. Пальмоядровое масло в производстве спредов применяется в рафинированном дезодорированном виде. Температура плавления исследованного образца составляет 26±1 °С. Содержание твердых триглицеридов представлено на рис. 4 и в табл. 5.

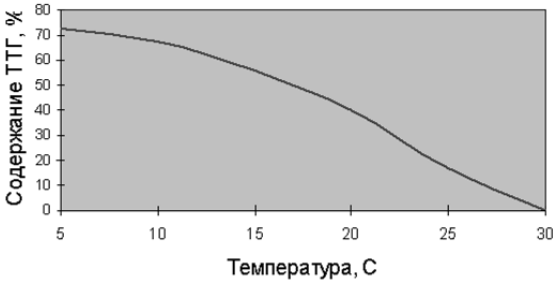


Рис. 4. Содержание твердых триглицеридов в пальмоядровом масле

Таблица 5

Содержание твердых триглицеридов в пальмоядровом масле

Сырье	Содержание ТТГ,%, при температуре						Тпл., °С
	5°С	10°С	15°С	20°С	25°С	30°С	
Пальмоядровое масло	72,8	69,7	58,5	42,5	15,0	1,0	26,0

Жирнокислотный состав пальмоядрового масла представлен на рис. 5 и в табл. 6.

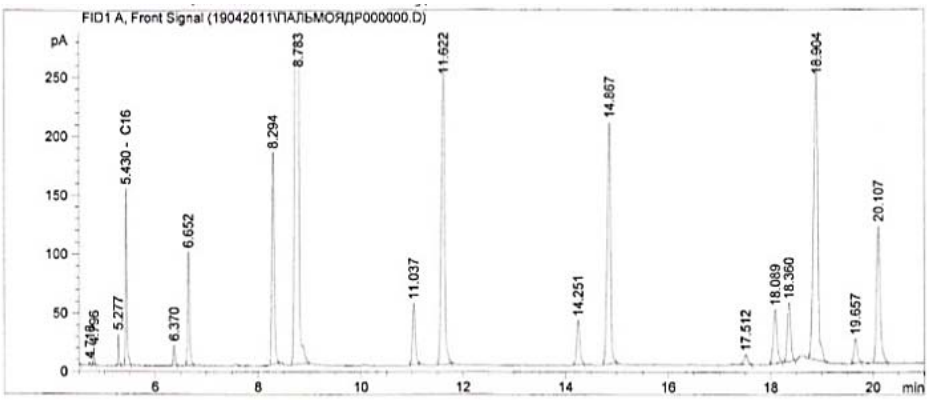


Рис. 5. Хроматограмма метиловых эфиров жирных кислот пальмоядрового масла

Пальмоядровое масло по содержанию лауриновой и миристиновой жирных кислот идентично кокосовому маслу. Использование данных твердых растительных масел в рецептурах растительно-сливочных спредов позволяет увеличить твердость жиров, не повышая температуру плавления.

Нами разработаны рецептуры (табл. 7) высокожирных растительно-сливочных спредов с массовой долей жира 72,5 %, содержащих в своем составе твердые растительные масла, не подвергнутые модификации: пальмовое, пальмоядровое и кокосовое. Перечисленное сырье не содержит транс-

изомеры жирных кислот, содержание которых регламентируется для спредов и не должно составлять более 8 % в готовом продукте.

Таблица 6

Жирнокислотный состав пальмоядрового масла

Жирная кислота		Содержание , %
С 6:0	Капроновая	0,1
С 8:0	Каприловая	3,8
С10:0	Каприновая	3,5
С12:0	Лауриновая	51,7
С14:0	Миристиновая	15,7
С16:0	Пальмитиновая	7,7
С18:0	Стеариновая	1,4
С18:1	Олеиновая	13,9
С18:2	Линолевая	2,1

Таблица 7

Рецептура сливочно-растительного спреда

	Массовая доля, %	
Компонент	Рецептура 1	Рецептура 2
Пальмовое масло	35,0	35,0
Жидкое растительное масло	15,0	10,0
Кокосовое масло	-	15,0
Молочный жир	12,0	12,0
Пальмоядровое масло	10	-
Сухое обезжиренное молоко	4,0	4,0
Эмульгатор	0,2	0,2
Антиоксидантный комплекс: янтарная кислота экстракт Родиолы розовой	0,03 0,0012	0,03 0,0012
Краситель бета-каротин	0,03	0,03
Ароматизатор «Масло сливочное»	0,01	0,01
Соль	0,06	0,06
Вода	Остальное	Остальное
Итого сырья	100,0	100,0

При конструировании жировой основы спреда нами была учтена сбалансированность его жирнокислотного состава и общее количество твердых триглицеридов. Для оптимального содержания полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в жировой фазе разрабатываемого растительно-сливочного спреда и регулирования соотношения ПНЖК в жировую основу продукта были добавлены рафинированные дезодорированные жидкие растительные масла линолевой или линолево-линоленовой группы (подсолнечное, рапсовое).

Согласно ГОСТ Р 52100-2003 «Спреды и смеси топленые», в растительно-сливочных спредах нормируется массовая доля линолевой кислоты в жире, выделенном из продукта, и должна составлять не менее 10 %. При составлении рецептуры необходимо учитывать, что количество вносимых жидких растительных масел, пальмового масла влияет не только на содержание линолевой кислоты, но и на структурно-реологические характеристики готового продукта. Внесение в рецептуру спреда 15 % подсолнечного и 35 % пальмового масла в среднем обеспечивает 15 % линолевой кислоты. В случае использования в рецептуре рапсового масла соотношение ω-6 : ω-3 жирных кислот составляло 5 : 1.

При разработке рецептур спредов для достижения необходимой пластичности продукта нужно создать мелкокристаллическую структуру и однородную консистенцию, поэтому содержание твердых триглицеридов при комнатной температуре должно быть 10... 12 %.

Характеристики жировой основы спреда приведены ниже.

Температура плавления жира, выделенного из спреда, составила 29 °С.

Содержание твердых триглицеридов в жировой основе представлено в табл. 8 и на рис. 6.

Таблица 8

Содержание твердых триглицеридов в жировой основе растительно-сливочного спреда

Температура, °С	5	10	20	30	35
Содержание ТТГ, %	24,6	20,7	11,36	2,07	0,1

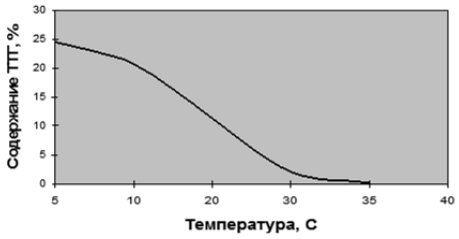


Рис. 6. Содержание твердых триглицеридов в жировой основе растительно-сливочного спреда

Разработанные растительно-сливочные спреды с массовой долей жира 72,5 % (энергетическая ценность – 659 ккал/100 г) максимально приближены по органолептическим показателям к сливочному маслу. Спреды обладают высокой пищевой ценностью за счет отсутствия источников трансизомеров и наличия в составе насыщенных жирных кислот со средней длиной цепи, в частности лауриновой (от 5 до 7,5 %), отличающихся легкой усваиваемостью в желудочно-кишечном тракте без участия панкреатической липазы и желчных кислот. Для повышения окислительной стабильности использован комплекс природных антиоксидантов – янтарной кислоты и родиолы розовой. Продукт предназначен для непосредственного употребления в пищу в составе рационов всеми здоровыми группами населения.

Данные литературного обзора и комплекс проведенных испытаний позволяют заключить, что производство масложировых продуктов с использованием природных твердых растительных масел, не подвергнутых модификации, может быть предметом дальнейших научных исследований и технологических разработок, направленных на обеспечение высокого качества производимой продукции.

Список литературы

1. Барановский, А.Ю. Диетология: Руководство / А.Ю. Барановский [и др.]; ред. А.Ю. Барановский. – СПб.: Питер, 2008. – 1024 с.

2. Долголюк, И.В. Разработка и исследование технологии сливочно-растительного спреда с использованием продуктов переработки кокоса: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04: защищена 08.06.11 / И. В. Долголюк. – Кемерово: КемТИПП, 2011. – 136 с.

3. Корнена, Е.П. Экспертиза масел, жиров и продуктов их переработки. Качество и безопасность / Е.П. Корнена [и др.]; ред. В.М. Позняковский. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. – 272 с.

4. МР 2.3.1.2432- 08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации: утв. Роспотребнадзором 18.12.2008. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200076084 (дата обращения: 17.12.2016).

5. Терещук, Л.В. Теоретические и практические аспекты создания молочно-жировых продуктов: монография / Л.В. Терещук, К.В. Старовойтова // Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет). – Кемерово, 2015. – 198 с.

6. Оптимизация состава жировых композиций для спреда / Л.В. Терещук, А.С. Мамонтов, К.В. Краева, М.А. Субботина // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 4. – С. 63–71.

7. Терещук, Л.В. Продукты фракционирования пальмового масла в производстве спредов / Л.В. Терещук, А.С. Мамонтов, К.В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 3. – С. 79–83.

8. Handa, C. Performance and fatty acid profiling of interesterified trans free bakery shortening in short dough biscuits / C. Handa, S. Goomer, A. Sidahu // Int. J. Food Sci. and Technol.– 2010. – Vol. 45. – no. 5. – Pp. 1002–1008.

9. Marten, B. Medium-chain triglycerides / Berit Marten, Maria Pfeuffer, Ju¨rgen Schrezenmeir // International Dairy Journal. – 2006. – no. 16. – Pp. 1374–1382.

10. By Ward Dean, MD and Jim EnglishMedium Chain Triglycerides (MCTs) Available at:https://nutritionreview.org/2013/04/medium-chain-triglycerides-mcts/

11. Effect of ingestion of medium-chain triacylglycerols on moderate- and high-intensity exercise in recreational athletes / Nosaka N., Suzuki Y., Nagatoishi A., Kasai M., Wu J., Taguchi M. // J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo). – 2009. – Vol. 55(2). – Pp. 120–125.

References

1. Baranovskiy A.Yu. *Dietologiya: Rukovodstvo* [Dietetics: Manual] St. Petersburg: Piter Publ., 2008. 1024 p.

2. Dolgolyuk I.V. *Razrabotka i issledovanie tekhnologii slivochno-rastitel'nogo spreda s ispol'zovaniem produktov pererabotki kokosa. Diss. kand. tekhn. nauk* [Development and research of technology cream-vegetable spread with coconut processing products. Cand. tech. sci. diss.]. Kemerovo, 2011. 136 p.

3. Kornena E.P., Kalmanovich S.A., Martovshhuk E.V. *Ekspertiza masel, zhirov i produktov ikh pererabotki. Kachestvo i bezopasnost'* [Examination of oils, fats and refined products. Quality and safety]. Novosibirsk: Sib. Univ. Publ., 2007. 272 p.

4. *MR 2. 3. 1. 2432- 08. Normy fiziologicheskih potrebnostej v jenergii i pishhevyh veshhestvah dlja razlichnyh grupp naselenija Rossijskoj Federacii. Utv. Onishhenko G.G. 18.12.08* [Methodical Recommendations. MR 2. 3. 1. 2432- 08. Norms of physiological needs for energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation. Approved by the Onishhenko G.G. 18.12.08]. Available at: http://docs.cntd.ru/document/1200076084/, (accessed 17 December 2016).

5. Terechuk L.V., Starovoytova K.V. *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty sozdaniya molochno-zhirovykh produktov: monografiya* [Theoretical and practical aspects of milk-fat products]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2002. 438 p.

6. Tereshchuk L.V., Mamontov A.S., Kraeva K.V., Subbotina M.A. Optimizatsiya sostava zhirovykh kompozitsiy dlya spread [Formula optimization of spread fat compositions]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2014, no. 4, pp. 63–70.

7. Tereshchuk L.V., Mamontov A.S., Starovoytova K.V. Produkty fraktsionirovaniya pal'movogo masla v proizvodstve spredov [Products fractionation of palm oil in the production of spreads]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2014, no. 3, pp. 79–83.

8. Handa C., Goomer S., Sidahu A. Performance and fatty acid profiling of interesterified trans free bakery shortening in short dough biscuits. *Int. J. Food Sci. and Technol.,* 2010, vol. 45, no. 5, pp. 1002–1008. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2010.02222.x.

9. Marten B., Pfeuffer M., Schrezenmeir J. Medium-chain triglycerides. *International Dairy Journal,* 2006, no. 16, pp. 1374–1382.

10. Ward Dean MD, English J. Medium Chain Triglycerides (MCTs). Beneficial Effects on Energy, Atherosclerosis and Aging. *Nutrition Review*, April 22, 2013. Available at: https://nutritionreview.org/2013/04/medium-chain-triglycerides-mcts/ (accessed 07 December 2016).

11. Nosaka N., Suzuki Y., Nagatoishi A., Kasai M., Wu J., Taguchi M. Effect of ingestion of medium-chain triacylglycerols on moderate- and high-intensity exercise in recreational athletes. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo),* 2009, vol. 55, no. 2, pp. 120–125.

Дополнительная информация / Additional Information

Особенности использования твердых природных масел в производстве спредов / К.В. Старовойтова, М.А. Тарлюн, Л.В. Терещук, А.С. Мамонтов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 44–51.

Starovoytova K.V., Tarlyun M.A., Tereshchuk L.V., Mamontov A.S. Features of using of solid natural oils in production of spreads. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 44–51 (In Russ.).

Старовойтова Ксения Викторовна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии жиров, биохимии и микробиологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-51,
e-mail: centol@mail.ru

Тарлюн Марина Александровна
аспирант кафедры технологии жиров, биохимии и микробиологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-51

Терещук Любовь Васильевна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии жиров, биохимии и микробиологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47,
тел.: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: terechuk_l@mail.ru

Мамонтов Александр Сергеевич
аспирант кафедры технологии жиров, биохимии и микробиологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-51

Ksenia V. Starovoytova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology Fats, Biochemistry and Microbiology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia,
phone: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: centol@mail.ru

Marina A. Tarlyun
Postgraduate Student of the Department of Technology Fats, Biochemistry and Microbiology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia,
phone: +7 (3842) 39-68-51

Ljubov' V. Tereshchuk
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of Department of the Department of Technology Fats, Biochemistry and Microbiology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-51,
e-mail: terechuk_l@mail.ru

Alexander S. Mamontov
Postgraduate Student of the Department of Technology Fats, Biochemistry and Microbiology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia,
phone: +7 (3842) 39-68-51

УДК 637.1: 613.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФАГОВЫХ АССОЦИАЦИЙ И ЗАКВАСОЧНОЙ МИКРОФЛОРЫ СЫРОДЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ. Часть 1. Литическая активность фаговых ассоциаций

В.В. Ткаченко, Н.И. Одегов, Р.В. Дорофеев*

ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия»,
656016, Россия, г. Барнаул, ул. Советской армии, 66

**e-mail: romandorof@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 22.10.2016
Дата принятия в печать: 23.01.2017

Аннотация. Распространенной причиной торможения молочнокислого процесса при производстве ферментированных продуктов являются бактериофаги, что определяет значимость фаговой проблемы для сыроделия и актуальность проведения исследований. В задачи работы входило проведение фагомониторинга сыродельных предприятий с целью изучения параметров взаимодействия фаговых ассоциаций (ФА), адекватно отражающих фаговый пул предприятия, и молочнокислых бактерий. Объектами служили субстраты подсырной сыворотки, позиционируемые как многоштаммовые фагосодержащие субстраты (МФС). Приведены результаты изучения фагосодержания МФС, отобранных на двух сыродельных предприятиях Алтайского края («С» и «Б»). Наличие и титр фагов в субстратах определяли общепринятыми методами по факту фаголизиса на жидких и агаризованных питательных средах. Проведен скрининг 142 коллекционных (индикаторных) культур мезофильных лактококков по отношению к ФА, предположительно содержащимся в МФС. Выявлен высокий контаминирующий фаговый фон МФС и значительная дифференциация литических параметров (спектра/уровня) ФА каждого предприятия. Индексы литической активности (ИЛА) ФА С1 24/04/13/в5; ФА С2 24/04/13/в7 и ФА С4 27/05/13, определенные по отношению к выборке *Lc. lactis* (73 штамма), составили соответственно 0,26; 0.23 и 0,19. Этот же показатель для данных трех ФА относительно выборки *Lc. diacetylactis* (50 штаммов) был ниже и составил 0,04. Значения ИЛА в ряду ФА Б2 13/05/14; ФА Б4 15/07/14 и ФА Б6 16/09/14 для «суммарной» выборки (128 штаммов) лежали в диапазоне от 0,06 до 0,28. Практически такая же вариабельность ИЛА соответствовала и выборке *Lc. lactis* (76 штаммов). Диапазон же варьирования ИЛА этих же ФА по отношению к 52 культурам *Lc. diacetylactis* составил «от 0,04 до 0,35». Полученные данные подтвердили уникальность фаговых пулов различных предприятий, наличие высокой вероятности фаголизиса клеток заквасочных ассоциаций микроорганизмов и необходимость совершенствования «противофаговых» методов в сыроделии.

Ключевые слова. Молочнокислый процесс, заквасочные культуры, лактококки, многоштаммовые фагосодержащие субстраты (МФС), бактериофаги, фаговые ассоциации (ФА), индекс литической активности (ИЛА)

SIMULATION OF INTERACTION OF PHAGE ASSOCIATIONS AND STARTER MICROFLORA OF CHEESE-MAKING ENTERPRISES. Part 1. Lytic properties of phage associations

V.V. Tkachenko, N.I. Odegov, R.V. Dorofeev*

Siberian Research Institute of Cheesemaking,
66, Sovetskoy Armii Str., Barnaul, 656016, Russia

**e-mail: romandorof@yandex.ru*

Received: 22.10.2016
Accepted: 23.01.2017

Abstract. The common cause of lactic acid process braking in the production of fermented foods is bacteriophages which determine the significance of phage problem for cheese-making and relevance of research. The objective of the research was to conduct phage monitoring of cheese-making enterprises with the purpose of studying the parameters of interaction of phage associations (FA) reflecting adequately the phage pool of the enterprise and lactic acid bacteria. The research objects were cheese whey substrates, positioned as multistrain bacteriophage substrates (MBS). The results of the study of MBS phage content selected in two cheese-making enterprises of the Altai territory ("S" and "B") are presented. The presence and titer of phages in the substrates were determined by conventional methods of phagolysis using liquid and agar-nutrient media. 142 collection (indicator) cultures of mesophilic lactococcal in relation to the FA presumably contained in MBS were screened. The high contaiminating phage background of MBS and considerable differentiation of lytic parameters (spectrum/level) FA at each enterprise have been determined. Indices of lytic activity (ILA) of FA S1 24/04/13/B5, FA S2 24/04/13/B7 and S4 27/05/13 F defined for the *Lc. lactis* (73 strains) sample were 0.26, 0.23 and 0.19 respectively. The same index for three FA samples relative to *Lc. diacetylactis* (50 strains) was lower and amounted to 0.04. The values of ILA in FA B2 13/05/14; FA B4 15/07/14 and FA B6 16/09/14 for "total" sample (128 strains) were in the range from 0.06 to 0.28. Almost the same variability of ILA corresponded to the «total» sample of *Lc. lactis* (76 strains). The varying range of ILA of the same FA against 52 cultures *Lc. diacetylactis* was "from 0.04 to 0.35". The

obtained data confirmed the uniqueness of phage pools at various enterprises+, high probability of cell phagolisis of starter associations of microorganisms and the necessity to improve "antiphage" methods in cheese-making.

Keywords. Lactic acid process, starter culture, lactococcus, bacteriophages, multistrain bacteriophage substrates (MBS), bacteriophages, phage associations (FA), index of lytic activity (ILA)

Введение

Необходимым условием получения качественного сыра как ферментированного продукта с высокой биологической ценностью и заданными органолептическими и биохимическими свойствами является обеспечение оптимального течения микробиологических процессов, а следовательно, и высокого уровня активности заквасочных бактериальных культур [1].

Одной из наиболее распространенных причин торможения развития молочнокислого процесса при производстве ферментированных молочных продуктов (в первую очередь сыров), как показала практика сыродельной промышленности, является фаголизис клеток заквасочной микрофлоры [1, 2].

Известно, что бактериофаги, специфичные к производственно-ценным видам молочнокислых бактерий (мезофильных и термофильных лактококков, термофильных стрептококков и термофильных палочек), широко распространены на сыродельных предприятиях и чрезвычайно изменчивы по своим литическим свойствам [3, 4, 5, 6].

Естественно, что динамика популяционных соотношений между бактериофагами и фагочувствительными и фагоустойчивыми клетками/культурами заквасок и бакпрепаратов, используемых в молочных биотехнологиях, детерминируется биологическими законами применительно к микробиоценозу предприятия [7, 8].

Необходимо отметить, что термин «фагоустойчивость» характеризует лишь более или менее высокую резистентность данного штамма к тому или иному набору гомологичных фагов.

Известно, что особенности биологии бактериофагов позволяют им быть активными в достаточно широком «фенотипическом» диапазоне условий внешней среды (состав субстрата, температура, активная кислотность и др.). Вследствие этого любые применяемые в сыроделии технологические факторы не могут полностью блокировать цикл воспроизводства фаговых вирионов, поскольку не выходят по своим значениям за пределы этого диапазона.

Большинство «противофаговых» мер, используемых в настоящее время, основаны на учете и использовании факторов, оказывающих влияние на репродукцию фаговых вирионов, и базируются на стремлении обеспечить нормальное развитие заквасочной микрофлоры в присутствии бактериофагов [2, 9].

Применяемая в настоящее время система мер предотвращения фаголизиса клеток заквасочных культур имеет ограниченные возможности.

Конечная представительность тестовой выборки фагов у производителя бактериальных препаратов и быстро меняющаяся фаговая ситуация на сыродельных предприятиях не могут обеспечить «фаговую» неуязвимость этих препаратов на конкретных предприятиях, чей фаговый пул либо не представлен в системе тестирования, либо имеет уже измененный на момент применения препарата лизотип (набор фагов, лизирующих данную культуру).

Особенности сыроделия как микробиологического производства (нестерильное сырье, контакт продукта с внешней средой во время выработки, ее длительность, наличие аэрозолей производственных субстратов и др.) практически гарантируют экзогенную контаминацию сырной массы бактериофагами, в силу чего сохраняется постоянная (перманентная) высокая вероятность фаголизиса клеток бактериальных заквасок. Наличие же определенного бактериофагового фона на любом предприятии, технология которого базируется на микробиологических процессах, предопределено существованием вирусной эволюционной ниши.

Кроме того, высокая генетическая изменчивость бактериофагов детерминирует возможность достаточно быстрой смены их вирулентности и накопления на производстве новых высоковирулентных штаммов фагов.

Наконец, всегда существует значительный временной период (разрыв) между проведением тестирования бактериального штамма на фагоустойчивость для какой-либо партии препарата и ее применением в производстве.

В силу этого современный уровень производства препаратов не обеспечивает требуемую адекватность данного фагового скрининга. Поэтому применение бакпрепаратов и заквасок в «фаговых» условиях конкретных предприятий всегда сопряжено с высокой неопределенностью (непредсказуемостью) уровня их фактической фагорезистентности.

Для устранения или нивелирования данной неопределенности необходимо налаживание системных действенных обратных связей «производство сыра – производство бакпрепаратов».

В задачи работы входило проведение фагомониторинга сыродельных предприятий (изучение фаговой обстановки) с целью исследования параметров взаимодействия (уровень, спектр, динамика) фаговых ассоциаций (ФА), циркулирующих на данных предприятиях в определенный момент времени и адекватно отражающих их фаговый пул, и производственно-ценных видов молочнокислых бактерий.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований служили нативные технологические субстраты (смесь из ванны, сыворотка), отобранные на двух сыродельных предприятиях Алтайского края (их условные индексы «Б» и «С») в весенне-осенний периоды 2013–2014 гг.

Предприятие «Б» является предприятием малого бизнеса, производит сыры с низкой температурой второго нагревания и характеризуется устаревшей технической базой, Предприятие «С», относящееся к «среднему» бизнесу, производит сыры как с низкой, так и с высокой температурой второго нагревания и обеспечено современным высокотехнологичным оборудованием.

Для работы с бактериофагами, специфичными культурам мезофильных лактококков, применяли известные методы, основанные на детекции факта фаголизиса клеток индикаторной культуры в жидких или агаризованных питательных средах.

Ингибирующее влияние бактериофагов на развитие молочнокислых микроорганизмов оценивали по изменению оптических свойств среды их совместного культивирования с использованием спектрофотометра «Soleris 32» (США).

Результаты и их обсуждение

Отобранные субстраты, позиционируемые как многоштаммовые фагосодержащие субстраты (МФС), исследовали путем скрининга 142 коллекционных культур мезофильных лактококков по отношению к фаговым ассоциациям (ФА), предположительно содержащимся в данных субстратах. Нумерация МФС включала: индекс предприятия, порядковый номер и дату отбора (число/месяц/год). При совпадении даты отбора приводился номер выработки.

На предварительном этапе исследований были проведены рекогносцировочные эксперименты по оценке величины ингибирующего потенциала влияния вирулентных бактериофагов на продуцирование молочной кислоты мезофильными лактококками в лактозосодержащих субстратах.

Опыты проводили на примере развития моноштаммового варианта системы «фаг – бактериальный хозяин», в качестве составляющих которой рассматривались клетки тест-культуры *Lc. diacetylactis* 12 и вирионы вирулентного коллекционного фага (штамм 71).

Культивирование осуществляли в модельной среде (питательный бульон на основе гидролизата молока), расчетная начальная множественность фаговой контаминации которой составила 0,00003 (1 фагочастица на 30000 бактериальных клеток). Уровень кислотности среды инкубации тестировали опосредованно по изменению оптических свойств среды (по окраске индикатора как функции активной кислотности среды) [5].

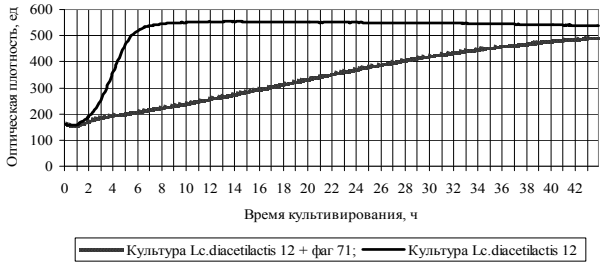


Рис. 1. Развитие культуры *Lc. diacetilactis 12* в модельной среде, контаминированной корпускулами вирулентного бактериофага

На рис. 1 представлена динамика роста популяции клеток этой культуры в присутствие вирулентного бактериофага и без него.

Кривая роста культуры в варианте «без фага» имеет характерный вид и выраженный «лог-участок» протяженностью 4–5 ч. Наложение «фагового фактора» на процесс кислотообразования значительно снижает скорость нарастания кислотности среды и увеличивает период выхода кривой на «стационарную» фазу роста до 45 часов и более. Наблюдаемое отсутствие полного блокирования процесса объясняется естественной гетерогенностью популяции клеток тестируемой культуры по фагочувствительности.

Полученные данные свидетельствуют, что даже в рассматриваемых условиях фаговой контаминации субстрата, минимизированной по штаммовому и количественному уровням, фаголизис бактериальных клеток крайне резко ингибирует развитие их популяции и процесс кислотообразования в среде.

Для реальных же биотехнологий ферментированных молочных производств характерны поливалентные (полиштаммовые, поливидовые) системы «фаг – бактериальный хозяин», включающие априори широкий и меняющийся спектр бактериальных культур и биологически предопределенный микробиоценозом предприятия набор фагов-гомологов с высокой «суммарной» вирулентностью.

В силу этой многофакторности данный негативный эффект будет гарантированно и постоянно реализовываться в той или иной мере даже в случае применения заквасочных культур, резистентных к коллекционным фагам, хотя бы в силу вышеуказанной гетерогенности, а также неопределенности и вариабельности штаммового состава и общей вирулентности фаговой составляющей таких систем.

Естественно, что основным детерминирующим фактором оценки степени фаговой опасности для молочнокислого процесса является литическая активность всего фагового пула предприятия.

Эту активность с достаточной степенью предполагаемой адекватности тестировали на фоне набора коллекционных индикаторных культур, гомологичного по штаммово-видовому составу заквасочной популяции.

Естественно, что общая (интегральная) вирулентность фагового пула предприятий в отношении заквасочной микрофлоры диктуется индивидуальностью их микробиоценозов (штаммово-видовым составом применяемых бакпрепаратов и нативной микрофлоры молока-сырья) и технико-технологическими особенностями производства (объемом перерабатываемого молока, технологическим уровнем, частотой выработок и ротаций партий препаратов, характеристиками сырьевой зоны и др.).

Как свидетельствуют данные для предприятия «С», выявленные в опытах спектры литического действия (лизотип) и уровень интегральной литической активности изменялись в рядах тестированных ФА и выборок культур в значительных пределах.

Выявленная величина индекса литической активности (ИЛА) ожидаемо варьировала (в общем диапазоне от 0,02 до 0,26) в зависимости от МФС, вида и представительности выборки тестированных индикаторных культур лактококков. Так, ИЛА ФА С1 24/04/13/варка 5, ФА С2 24/04/13/варка 7 и ФА С4 27/05/13, определенные по отношению к наиболее представительной выборке *Lc. lactis* (73 штамма) составили соответственно 0,26; 0,23 и 0,19. Этот же показатель для трех исследованных ФА относительно выборки *Lc. diacetylactis* (50 штаммов) был намного ниже и составил 0,04.

В определенной мере это свидетельствует о несколько большей интегральной литической активности тестированных ФА предприятия «С» по отношению к коллекционным культурам вида *Lc. lactis.*

Исследования выявили для обеих видовых выборок достаточно близкие (с точки зрения определенного значимого уровня интегральной активности) значения ИЛА в ряду проб ФА С1 24/04/13/варка 5, ФА С2 24/04/13/варка 7 и ФА С4 27/05/13. Причем максимальные различия выявлены между ФА С1 и ФА С2 (около 27 %).

Необходимо отметить, что установленные в опытах «рекордные» уровни литической активности ФА характерны для выборки *Lc. lactis*. На протяжении всего периода наблюдений значения ИЛА для всех проб лежали в диапазоне от 0,26 до 0,19. Это говорит о том, что фаги – гомологи *Lc. lactis* успешнее репродуцируют на их клетках.

Интегральную литическую активность фагового пула предприятия «Б» исследовали тестированием нативных ФА Б2 13/05/14; ФА Б4 15/07/14 и ФА Б6 16/09/14 по отношению практически к тем же выборкам индикаторных культур.

Исследования литических свойств тестированных ФА также выявили значительную вариабельность спектров/уровней их литического действия в течение периода отбора проб. Так, значения ИЛА в ряду вышеуказанных ФА по отношению к «суммарной» выборке индикаторных культур мезофильных лактококков (128 штаммов) лежал в диапазоне от 0,06 до 0,28. Практически такая же вариабельность данного индекса соответствовала и выборке *Lc. lactis* (76 штамма). Диапазон же варьирования ИЛА этих же ФА по отношению к 52 культурам *Lc. diacetylactis* был значительно больше и составил «от 0,04 до 0,35».

На рис. 2 и 3 представлена графическая интерпретация данных для обоих предприятий.

Гистограммы свидетельствуют об особенностях динамики фагового пула обоих предприятий по уровню литической активности (ИЛА) тестированных ФА. Причем большая изменчивость характерна для фагового пула предприятия «С» по отношению к примененным выборкам индикаторных культур. В частности, эти данные свидетельствуют о незначительной для каждой выборки вариабельности ИЛА в ряду исследованных ФА и, напротив, о ее значительно большей изменчивости в ряду выборок для каждой ФА.

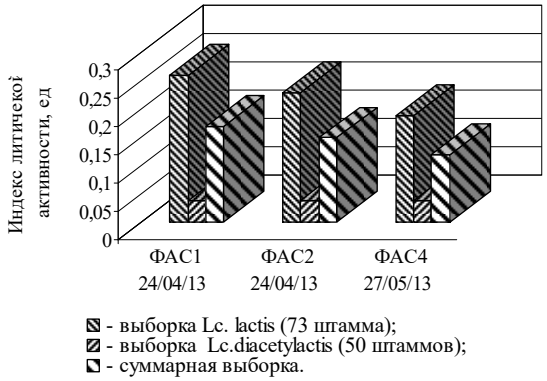


Рис. 2. Интегральная литическая активность нативных фаговых ассоциаций предприятия «С»

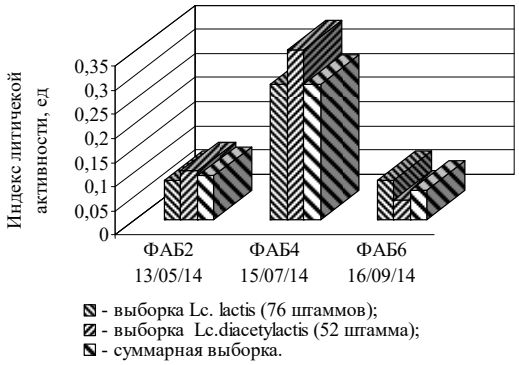


Рис. 3. Интегральная литическая активность нативных фаговых ассоциаций предприятия «Б»

При этом необходимо отметить существование в течение всего периода наблюдений выраженных трендов динамики ИЛА как для каждой индикаторной выборки в ряду проб (МФС), так и для каждой пробы относительно ряда выборок. Причем выраженность трендов не сглаживается индивидуальными параметрами фагомониторинга для каждого предприятия (сезон года, длительность периода наблюдений, частота и схема отбора проб и др.).

Однако для ФА предприятия «Б» картина несколько иная. При незначительной в ряду выборок дифференциации ИЛА для каждой тестированной ФА просматривается большая вариабельность (ступенчатость) ИЛА какой-либо выборки от пробы к пробе.

Видно, что «групповые» ординаты в ряду ФА изменяются значительно, о чем свидетельствует наличие их пиковых значений (применительно ко всем выборкам) для «летней» ФА Б4 15/07/14. Наличие такого многовидового «максимума» говорит (в пределах полученных данных) в целом о большей литической «агрессивности» фагового пула этого предприятия в летний период наблюдений.

Интересно отметить, что для ФА Б4 15/07/14 ИЛА, определенный по отношению к культурам *Lc. diacetylactis*, был несколько выше, чем относительно культур *Lc. lactis* (0,35 против 0,28). Указанное превалирование (такое же по направленности, но меньшее по величине) отмечено и для ФА Б2 13/05/14. По-видимому, в определенном аспекте, здесь можно говорить о большей фагочувствительности культур *Lc. diacetylactis*.

Полученные данные несколько отличаются от результатов исследований ФА предприятия «С», на основе которых было сделано альтернативное предположение о меньшей интегральной чувствительности культур вида *Lc. diacetylactis*.

Естественно, что данное противоречие, скорее, говорит не о наличии выраженной дифференциации специфичности бактериофагов по отношению к этим гомологичным видам лактококков, а об уникальности фаговых пулов разных предприятий. Последнее в большей мере детерминируется различиями видового и штаммового состава применяемых бакпрепаратов и нативной микрофлоры молока-сырья и свидетельствует о необходимости учета этой индивидуальности при оценке фагорезистентности применяемых бакпрепаратов и заквасочных культур.

Необходимо отметить, что вышеупомянутое «летнее» увеличение литической агрессивности фагового фона предприятия свидетельствует о резком скачке репродукции бактериофагов на бактериальных клетках ферментирующих культур, причем в большей степени именно на заквасочной части рассматриваемого микробиоценоза, поскольку, как известно, уровень контаминации молока-сырья (произведенного и транспортированного на предприятие в соответствии с нормативами) «дикой» микрофлорой в летний период значительно снижается. Наблюдаемый же скачок объясняется, скорее всего, ростом уровня/спектра фагов в фаговом пуле предприятия и «накоплением» высоковирулентных вариантов вследствие постоянной «микробиологической» подпитки этого пула культурами все новых партий бакпрепаратов и многократностью циклов их применения в течение дня.

В целом данные по величине интегральной литической активности (ИЛА) свидетельствуют о наличии высокой (хотя и изменяющейся в определенных пределах в течение межотборного периода) степени фаговой контаминации тестированных МФС.

Эта преемственность обусловлена либо продолжающейся репродукцией данного штамма (штаммов) фагов на клетках «дикой» незаквасочной микрофлоры, либо сохраняющимся широким спектром его литической активности, охватывающим и предыдущие, и последующие заквасочные культуры (несмотря на различие их лизотипов, лежащее в основе ротации бакзаквасок). Последнее подчеркивает недостаточность эффективности «ротационного» способа «противофаговой» борьбы.

Необходимо подчеркнуть, что все выше отмеченные выводы и закономерности применимы в основном только относительно полученного массива данных и не исключают возможность корректировки в ходе дальнейших исследований

Выводы

1. Фагомониторинг, проведенный в 2013–2014 гг., на двух сыродельных предприятиях «Б» и «С», значительно различающихся по объему переработки молока-сырья и технико-технологическому уровню производства, применительно к обоим предприятиях выявил высокий в течение всего периода наблюдений уровень интегральной литической активности тестированных ФА, адекватно представляющих фаговый пул предприятий.

2. Вариабельность литических и количественных параметров тестированных ФА, детерминируемых функционально-генетическими свойствами системы «индикаторная культура – МФС», свидетельствует о необходимости учета данных свойств при проведении фагоскрининга бакпрепаратов и заквасок на любом сыродельном предприятии для обеспечения фаготолерантости биотехнологий производства ферментируемых молочных продуктов.

3. Различия параметров ФА свидетельствуют об уникальности фаговых пулов исследованных предприятий, определяемых их микробиоценозом.

4. Отмечена определенная аналогия тенденций динамики параметров интегральной литической активности фагового пула обследованных предприятий в течение периода наблюдений. Для предприятия «Б» выявлено увеличение интегральной литической активности (уровня/спектра) тестированных ФА летнего периода.

Список литературы

1. Сорокина, Н.П. Активность заквасочной микрофлоры: причины снижения и способы повышения. Методы предотвращения поражения молочнокислых бактерий бактериофагами / Н.П. Сорокина, Г.Д. Перфильев // Молочная промышленность. – 2013. – № 11. – С. 32–35.

2. Гудков, А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / под ред. С.А. Гудкова. – 2-е изд., испр. и доп. – М: ДеЛи принт, 2004. – 804 с.

3. Ганина, В.И. Фаговый фон на предприятиях, вырабатывающих кисломолочные продукты / В.И. Ганина, И.Р. Волкова // Переработка молока. – 2005. – № 7 (68). – С.10.

4. Diversity of Streptococcus thermophilus phages in a large-production cheese factory in Argentina / D. Quiberoni, H.W. Tremblay, S. Ackermann, Moineau and J.A. Reinheimer /Journal of Dairy Science. – 2006. – Vol. 89. – No. 10. – P. 3791–3799.

5. Raiski, A. Biodiversity of Lactococcus lactis bacteriophages in the Republic of Belarus / A. Raiski, N. Belyasova // International Journal of Food Microbiology. – 2009. – Vol. 130. – No. 1. – P. 1–5.

6. Biodiversity of Lactococcus lactis bacteriophages in Polish dairy environment / K. Szczepańska, M.S. Hejnowicz, P. Kołakowski, J. Bardowski // Acta Biochimica Polonica. – 2007. – Vol. 54. – No. 1. – P. 151–158.

7. Biodiversity and classification of lactococcal phages / H. Deveau, S.J. Labrie, M. Chopin et al. // Applied and Environmental Microbiology. – 2006. – P. 338–346.

8. Detection of airborne lactococcal bacteriophages in cheese manufacturing plants / D. Verreault, L. Gendron and G.M. Rousseau et al. // Applied and Environmental Microbiology. – 2011. – Vol. 77. – No. 2. – P. 491–497.

9. Бактериальные культуры AiBi российского производства набирают популярность за рубежом. Секреты успеха // Молочная промышленность. – 2015. – № 4. – С. 28–29.

References

1. Sorokina N.P., Perfil'ev G.D. Aktivnost' zakvasochnoy mikroflory: prichiny snizheniya i sposoby povysheniya. Metody predotvrashcheniya porazheniya molochnokislykh bakteriy bakteriofagami [The activity of the starter microflora: the reasons for the decline and ways to improve. Methods to prevent the destruction of lactic acid bacteria bacteriophages]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2013, no. 11, pp. 32–35.

2. Gudkov A.V. (ed.), Gudkova S.A. *Syrodelie: tekhnologicheskie, biologicheskie i fiziko-khimicheskie aspekty* [Cheese production: technological, biological and physico-chemical aspects]. Moscow: Delhi print Publ., 2004. 804 p.

3. Ganina V.I., Volkova I.R. Fagovyy fon na predpriyatiyakh, vyrabatyvayushchtikh kislomolochnye produkty [Phage background in enterprises, produce dairy products]. *Pererabotka moloka* [Milk Processing], 2005, vol. 68, no. 7, p. 10.

4. Quiberoni A., Tremblay D., Ackermann H.W., Moineau S., Reinheimer J.A. Diversity of Streptococcus thermophilus Phages in a Large-Production Cheese Factory in Argentina. *Journal of Dairy Science*, 2006, vol. 89, no. 10, pp. 3791–3799. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72420-1.

5. Raiski A., Belyasova N. Biodiversity of Lactococcus lactis bacteriophages in the Republic of Belarus. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, vol. 130, no. 1, pp. 1–5. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2008.12.024.

6. Szczepańska A.K., Hejnowicz M.S., Kołakowski P., Bardowski J. Biodiversity of Lactococcus lactis bacteriophages in Polish dairy environment. *Acta Biochimica Polonica*, 2007, vol. 54, no. 1, pp. 151–158.

7. Deveau H., Labrie S.J., Chopin M.-C., Moineau S. Biodiversity and classification of lactococcal phages. *Applied and Environmental Microbiology*, 2006, vol. 72, no. 6, pp. 4338–4346.

8. Verreault D., Gendron L., Rousseau G.M. et al. Detection of airborne lactococcal bacteriophages in cheese manufacturing plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 2011, vol. 77, no. 2, pp. 491–497.

9. Bakterial'nye kul'tury AiBi rossiyskogo proizvodstva nabirayut populyarnost' za rubezhom. Sekrety uspekha [Bacterial cultures AiBi Russian production are gaining popularity abroad. The secrets of success]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2015, no. 4, pp. 52–53.

Дополнительная информация / Additional Information

Ткаченко, В.В. Моделирование взаимодействия фаговых ассоциаций и заквасочной микрофлоры сыродельных предприятий. Часть 1. Литическая активность фаговых ассоциаций / В.В. Ткаченко, Н.И. Одегов, Р.В. Дорофеев // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 52–57.

Tkachenko V.V., Odegov N.I., Dorofeev R.V. Simulation of interaction of phage associations and starter microflora of cheese-making enterprises. Part 1. Lytic properties of phage associations. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 44, no. 1, pp. 52–57 (In Russ.).

Ткаченко Владимир Васильевич
канд. техн. наук, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия», 656016, Россия, г. Барнаул, ул. Советской Армии, 66, тел.: +7 (3852) 56-45-05, e-mail: altai.sibniis@mail.ru

Одегов Николай Иванович
канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия», 656016, Россия, г. Барнаул, ул. Советской Армии, 66

Дорофеев Роман Викторович
канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия», 656016, Россия, г. Барнаул, ул. Советской Армии, 66,
тел.: +7 (3852) 56-45-26, e-mail: romandorof@yandex.ru

Vladimir V. Tkachenko
Cand.Sci.(Eng.), Deputy Director for scientific work, Siberian Research Institute of Cheesemaking, 66, Sovetskoy Armii Str., Barnaul, 656016, Russia, phone: +7 (3852) 56-45-05,
e-mail: altai.sibniis@mail.ru

Nikolay I. Odegov
Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Laboratory of Microbiology, Siberian Research Institute of Cheesemaking, 66, Sovetskoy Armii Str., Barnaul, 656016, Russia

Roman V. Dorofeev
Cand.Sci.(Agr.), Senior Researcher of the Laboratory of Microbiology, Siberian Research Institute of Cheesemaking, 66, Sovetskoy Armii Str., Barnaul, 656016, Russia,
phone: +7 (3852) 56-45-26, e-mail: romandorof@yandex.ru

УДК 66.01

КОНТАКТНЫЕ СТУПЕНИ НЕАДИАБАТНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ

Н.А. Войнов*, Д.А. Земцов, О.П. Жукова

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева», 660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 82

**e-mail: Voynov@Siberianet.ru*

Дата поступления в редакцию: 17.01.2017
Дата принятия в печать: 23.01.2017

Аннотация. На основании разработанного способа термической ректификации, заключающегося в осуществлении частичной конденсации поднимающихся паров смеси по высоте колонны и испарении полученного конденсата до его смешения с основным потоком стекающей флегмы, исследован и интенсифицирован процесс укрепления смеси этанол – вода на контактных ступенях с высоким и низким массообменном. Процесс неадиабатной ректификации осуществлялся на контактных ступенях, а затем проводился в колоннах с 24 контактными ступенями. Интенсивный массообмен достигался путем использования вихревых ступеней, выполненных на основе тангенциальных завихрителей. Контактные ступени с низким массообменном изготавливались из медных горизонтально установленных профилированных пластин. В работе представлены технологические параметры, характерезующие смену режима течения вращающегося слоя на вихревой ступени. Также определена величина коэффициента гидравлического сопротивления устройства. Получена зависимость для определения эффективности контактной ступени, которая оценивалась по Мерфи. Установлено, что эффективность вихревой ступени зависит от соотношения потоков, высоты слоя жидкости, центробежного критерия Рейнольдса вращающегося слоя, а также тангенса угла наклона равновесной кривой. При исследовании ступеней, выполненных из пластин, установлено, что наибольший вклад в укрепление смеси дают процессы испарения и конденсации, протекающие на верхних пластинах устройства. Выявлена зависимость для оценки эффективности контактной ступени из пластин, которая зависит от удельного расходов флегмы и паровой смеси, поверхности конденсации и испарения, а также радиальной скорости пара между пластинами. С целью интенсификации процесса разделения осуществлено вращение флегмы, размещенной на нижних пластинах каждой ступени колонны, путем их установки на вал электродвигателя. Показано, что вращение жидкости интенсифицирует процесс массообмена как в жидкой, так и в паровой фазах. Как установлено, с увеличением числа оборотов пластины и концентрации легколетучего компонента в смеси эффективность ступени возрастает, что обусловлено интенсификацией перемешивания фаз. В колонне при вращении флегмы на пластинах в условиях термической ректификации достигнуто увеличение общей эффективности ступени в 2 раза. Наибольшая общая эффективность ступени в колоннах термической ректификации достигается при разности температуры пара на верхней ступени и охлаждающей воды в дефлегматоре этой ступени, равной 8–25 ^{o}C. Даны рекомендации по использованию разработанных контактных ступеней в колоннах термической ректификации.

Ключевые слова. Неадиабатная ректификация, термическая ректификация, контактные устройства, эффективность, флегмовое число

NONADIABATIC RECTIFICATION CONTACT DEVICES

N.A. Voinov*, D.A. Zemtsov, O.P. Zhukova

Siberian State Aerospace University, 82, Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia

**e-mail: Voynov@Siberianet.ru*

Received: 17.01.2017
Accepted: 23.01.2017

Abstract. On the basis of the developed method of heat rectification implying partial condensation of the vapor mixture rising along the height of the column and the resulting evaporation of condensate before it is mixed with the main stream of the flowing reflux the process of strengthening the ethanol-water mixture in the contact levels with high and low mass exchange is investigated and intensified. The process of nonadiabatic rectification was carried out on the contact steps, and then held in the columns with 24 contact stages. The intensive mass transfer was achieved using a vortex steps performed by tangential swirlers. Contact stages of low-mass exchange were made of horizontally installed profiled copper plates. The paper presents the technological parameters which change the flow regime of the rotating layer on vortex stage. The value of the hydraulic resistance coefficient of the device is also determined. The dependence for determining the effectiveness of the contact stage was estimated by Murphree. The efficiency depends on the stage of the vortex flow ratio, fluid bed height, Reynolds centrifugal rotating layer, and the slope of the equilibrium curve. In the study of the steps made of the plates it was revealed that the greatest contribution to the strengthening of the mixture is

allowed by the processes of evaporation and condensation occurring on the upper plate of the unit. The dependence was revealed for assessing the effectiveness of the contact stage of the plates, which depends on the specific expenditure reflux and steam mixture, condensation and evaporation surfaces, and steam radial velocity between the plates. To intensify the separation process the effected reflux rotation plates were disposed on the lower stage of each column by installing them on the motor shaft. It is shown that rotation of the liquid intensifies the mass transfer in the liquid and vapor phases. It is established, that the increasing number of revolutions of the plate and the concentration of volatile component in the mixture increases the efficiency of the stage that is caused by the intensification of stirring phases. While rotating the plates in the column reflux under heat rectification the overall efficiency of the stage increased 2 times. The highest efficiency of separation in distillation columns is achieved when the thermal difference between the steam temperature at the top stage and cooling water in this stage in a dephlegmator at is 8–25 °C. Recommendations for the use of the developed contact stages in columns thermal distillation are given.

Keywords. Nonadiabatic rectification, thermal rectification, contact devices, efficiency, reflux ratio

Введение

Одним из основных условий при конструировании ректификационных установок является выполнение ступеней с высокой разделяющей способностью и низким гидравлическим сопротивлением. Снижение гидравлического сопротивления в колонных аппаратах достигается совершенствованием контактных устройств, однако ограничено возможностями адиабатной ректификации, а уменьшение сопротивления за счет изменения расхода пара приводит к увеличению количества ступеней и, следовательно, сопротивления. Указанное противоречие можно устранить путем применения установок, работающих на основе термической ректификации. Схемы контактных ступеней таких установок представлены на рис. 1.

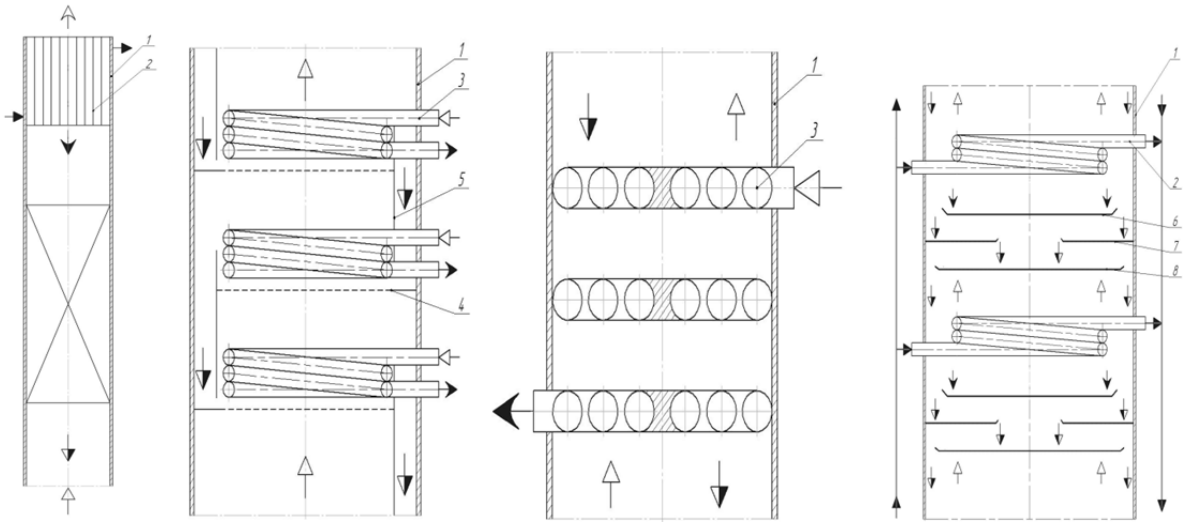


Рис.1. Схемы контактных ступеней термической ректификации:
1 – корпус; 2 – дефлегматор; 3 – подогреватель; 4 – контактное устройство; 5 – переток;
6 – верхняя пластина; 7 – средняя пластина; 8 – нижняя пластина; – вода; – пар; – рабочая смесь; – конденсат

В колоннах со встроенным дефлегматором, рис. 1а, осуществляется конденсация паров смеси в верхней части установки, что обеспечивает заданный расход флегмы и укрепление паров дистиллята за счет эффекта, вызванного парциальной конденсацией, обусловленного тем, что в конденсат уходит большее количество паров высококипящего компонента. Однако переохлаждение конденсата, стекающего по поверхности дефлегматора, приводит к его охлаждению и тем самым обусловливает накопление примесей в рабочей жидкости по высоте колонны. Известны конструкции дефлегматоров [1, 2], обеспечивающие снижение перепада температуры между флегмой и контактирующими парами до 0,5–1 °С, вместе с тем и они не решают проблему эффективного разделения смеси.

Известны тарельчатые колонны со встроенными или выносными теплообменниками на ступени, рис. 1б, применяемые для подогрева или охлаждения рабочей жидкости [3].

В колонне [3], рис. 1в, осуществляется нагрев рабочей жидкости на поверхности змеевиков, выполняющих одновременно роль провальных тарелок.

Разработан и апробирован способ проведения термической ректификации [4, 5], рис. 1г, при котором на каждой ступени осуществляется частичная конденсация поднимающихся паров смеси и испарение полученного конденсата до смешения его с основным потоком стекающей флегмы в аппарате. В этом случае, как показал анализ, использование способов термической ректификации позволяет конструировать установки с низким гидравлическим сопротивлением и высокой эффективностью, так как для интенсификации процесса используется не только массообмен на ступенях, но и термические эффекты, вызванные испарением флегмы, образованной на ступени, и парциальной конденсацией поднимающихся паров. В таких конструкциях уменьшается время воздействия на про-

дукт высокой температуры, а вследствие размещения небольшого количества обрабатываемого продукта в зоне контакта осуществляется разделение термолабильных и химически нестойких веществ.

Уменьшение диаметра колонны по ее высоте и толщины слоя теплоизоляции также позволяют снизить капитальные затраты и обеспечить качественную герметизацию элементов аппарата, работающего под вакуумом, что уменьшает доступ в аппарат кислорода из воздуха и препятствует в ряде случаев окислению обрабатываемого продукта, повышая его качество. Кроме того, возможна эффективная обработка небольших объемов исходного продукта с постоянно меняющимся составом.

Целью работы являетсяь анализ работы колонн термической ректификации с различными ступенями массообмена и определение их эффективности.

Объекты и методы исследований

Использовалась смесь этиловый спирт – вода с начальной концентрацией этанола в кубе 0,5–75 % мас. Состав этилового спирта определялся с использованием хроматомасспектрометра YCD plus, а также при помощи рефрактометра марки LR-3 Polskie Zaklady Opyczne, WKC Warszawa. Концентрация этанола измерялась в паровой и жидкой фазах. Показания температуры определялась термометрами сопротивления марки ТСМ-9418.

Флегмовое число при термической ректификации определялось согласно

$$R = L_c / L_d ,$$

где L_c – расход сконденсированных паров на поверхности дефлегматора; L_d – расход дистиллята.

Общая эффективность ступени выражалась как отношение числа теоретических к числу действительных тарелок в исследуемой колонне, согласно

$$E = N_t / N_r .$$

Эффективность ступени оценивалась по Мерфи и определялась по формулам

$$E_y = \frac{y_n - x_{n-1}}{y^*(x_n) - x_{n-1}} ,$$

где y_{n-1} – концентрация пара, поступающего на контактную ступень, % мас.; y_n – концентрация пара, покидающего контактную ступень, % мас.; $y^*(x_n)$ – концентрация пара, равновесная с концентрацией соответствующей фазы, покидающей ступень, % мас.

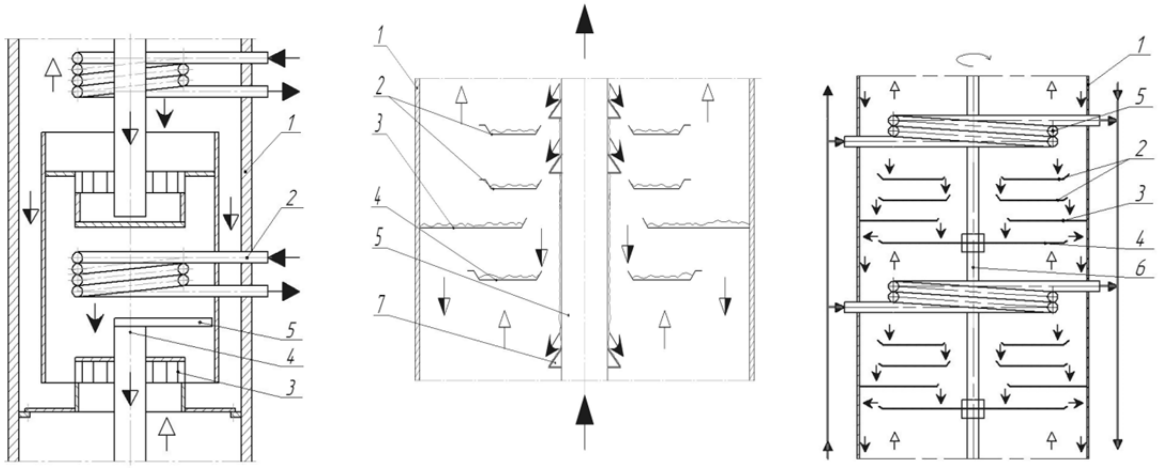
$$E_x = \frac{x_{in} - x_{out}}{x_{in} - x^*} ,$$

где x_{in} – концентрация жидкости, поступающей на ступень, % мас.; x_{out} – концентрация жидкости, покидающей ступень, % мас.; x^* – концентрация жидкости, равновесной с составом соответствующей фазы, покидающей ступень , % мас.

Величины коэффициента сопротивления завихрителя ξ рассчитывалась согласно зависимости

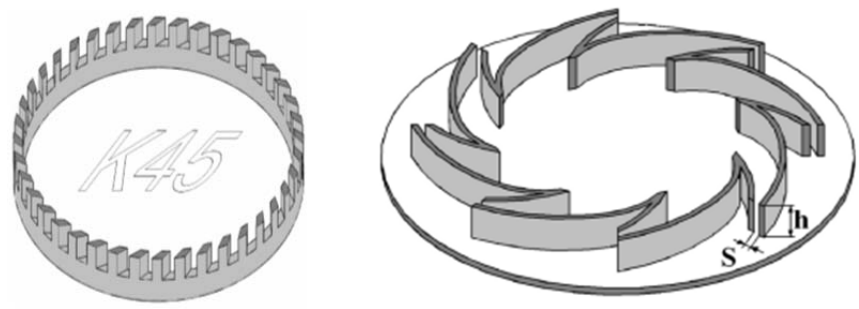
$$\xi = \left(2 \cdot \Delta P_{сух}\right) / \left(\rho_г \cdot \upsilon^2\right),$$

где $\Delta P_{сух}$ – гидравлическое сопротивление сухой ступени, Па; $\rho_г$ – плотность газа, кг/м^3; υ – скорость газа в каналах завихрителя, м/с.



а б в

Рис. 2. Схемы исследованных контактных ступеней:
а: 1 – корпус; 2 – конденсатор; 3 – завихритель; 4 – переток; 5 – сливная планка; б, в: 1 – корпус; 2 – верхние пластины; 3 – средняя пластина; 4 – нижняя пластина; 5 – конденсатор; 6 – вал; 7 – распределитель – вода; – пар; – рабочая смесь; – конденсат



а б

Рис. 3. Схемы завихрителей (а – *К*-45, б – *V*-8)

Схемы исследованных контактных ступеней при термической ректификации представлены на рис. 2. Колонна с вихревыми контактными устройствами, рис. 2а, состояла из 24 ступеней диаметром и высотой 100 мм. На каждой ступени в паровом пространстве устанавливался конденсатор (дефлегматор), выполненный в виде змеевика из медной трубки диаметром 8 мм с поверхностью теплообмена 0,01 м^2. В качестве устройств, обеспечивающих вращательное движение смеси на ступени, применялись тангенциальные завихрители типа К45 диаметром 88 мм с 36 параллельными каналами шириной 1 мм и высотой 9 мм, рис. 3а, а также устройства V8 с 8 каналами шириной 2,5 мм и высотой 12 мм, рис. 3б.

Величина коэффициента теплопередачи в конденсаторе (рис. 2а, в) составила (100–300) Вт/(м^{2}К), а тепловой поток передаваемый от конденсируемого пара на ступени к охлаждающей воде, 80–110 Вт.

Колонна с пластинчатыми контактными устройствами (рис. 2б, в) была выполнена из царг диаметром 200 мм, высотой 70 мм, снабжена 24 контактными ступенями, состоящими из нижней, средней и верхних пластин, изготовленных из медного листа толщиной 0,5 мм, края которых были отбортованы на высоту 1 мм для образования слоя конденсата на их поверхности. Диаметр верхних пластин выполнялся равным 170 мм. Расстояние между пластинами выдерживалось 15–30 мм. По оси колонны устанавливалась труба (дефлегматор), выполненная диаметром 26 × 1 мм и длиной 1,8 м, в полость которой подавалась охлаждающая вода (теплоноситель) с начальной температурой 10–62 ^{o}С.

Величина коэффициента теплоотдачи при движении теплоносителя в полости дефлегматора при наличии в нем канала шириной 2 мм составила 3000–8000 Вт/(м^{2}К).

При организации гравитационного стекания теплоносителя в виде пленки по внутренней поверхности дефлегматора (поз. 5 рис. 2б) усложняется поддержанием температуры конденсата в заданном соответствии с температурой контактирующего пара по высоте колонны. Создание пленочного восходящего течения теплоносителя по внутренней поверхности дефлегматора позволило [6] довести значения коэффициентов теплоотдачи до 8000–16000 Вт/(м^{2}К) при сравнительно меньшем расходе охлаждающей воды. При этом величина коэффициента теплоотдачи при конденсации паров смеси этанол – вода на поверхности дефлегматора составила 7000–10000 Вт/(м^{2}К). Величина коэффициента теплоотдачи при испарении конденсата на поверхности верхних пластин и удельной тепловой нагрузке 10000–30000 Вт/м^2 составила 80–100 Вт/(м^2 К).

Колонна, представленная на рис. 2в, состояла из 10 ступеней, выполненных из пластин, аналогично рис. 2б, нижние пластины приводились во вращение путем установки их на вал электродвигателя.

Результаты и их обсуждение

При работе вихревых ступеней в зависимости от расхода пара наблюдается три режима взаимодействия: барботажный, кольцевой и пленочный. Рабочим режимом является кольцевой, так как он обеспечивает вращение жидкости на ступени при меньших значениях гидравлического сопротивления.

Для практического определения величины критической скорости υ_k, при которой происходит смена режимов течения (из барботажного в кольцевой), получены [7–9] зависимости в виде

$$\upsilon_k = C \cdot (f / F)^{-0,37} \cdot (m / S)^{0,4} \cdot (1/\cos\alpha)^{0,5} ,$$

где C – коэффициент, равный 3,1; f – площадь сечения каналов для прохода пара, м^2; $F = \pi \cdot D_з \cdot h$, м^2; $D_з$ – диаметр завихрителя; m – масса жидкости на ступени, кг; S – поверхность жидкости на ступени, м^2; α – угол наклона каналов для выхода газа, град.

Переход из кольцевого режима течения газожидкостного слоя в пленочный осуществляется при достижении соотношения скоростей $u_п/u_к$ = = 0,4–0,5.

Величина коэффициента сопротивления сухой ступени с вихревыми контактными устройства при кольцевом режиме составила [7–9] ξ = 0,8–1,8, а гидравлическое сопротивление орошаемой ступени в интервале скоростей обеспечивающих кольцевой режим 550–2500 Па.

Величина объемного коэффициента массоотдачи, согласно [10], на исследуемых вихревых ступенях составила β_v= (150–400) ч$^{-1}$. Исходя из значений межфазной поверхности (600–1200) м$^{-1}$, величина поверхностного коэффициента β = (0,4–1,3)10^4 м/с.

Основываясь на исследованиях массообмена при абсорбции и данных, полученных при ректи-

фикации, зависимость для расчета эффективности вихревых ступеней в кольцевом режиме при адиабатной ректификации представлена в виде [11]

$$E_y = 0{,}035\ m^{0,16}(G/L)^{-0,15}(H/h)^{0,4}(\mathrm{Re})^{0,24},$$

где m – тангенс угла наклона равновесной кривой; G/L –отношение расхода пара к расходу жидкости; H/h – отношение высоты слоя жидкости к высоте канала завихрителя; Re – центробежный критерий Рейнольдса (5000–15000). Угловая скорость вращения газожидкостной смеси согласно [6, 8].

Значения эффективности вихревой контактной ступени при адиабатной и термической ректификации представлены на рис. 4.

При термической ректификации в колонне с вихревыми ступенями протекает парциальная конденсация и испарение легколетучего компонента.

Так как эффективность ступени по Мерфи составила больше единицы, рис. 4, можно предположить, что эффективность обусловлена как массообменными, так и термическими эффектами.

Наибольшая эффективность разделения достигается при достижении разности температуры пара на верхней ступени и охлаждающей воды в конденсаторе этой ступени Δt = 8–25 °С [11].

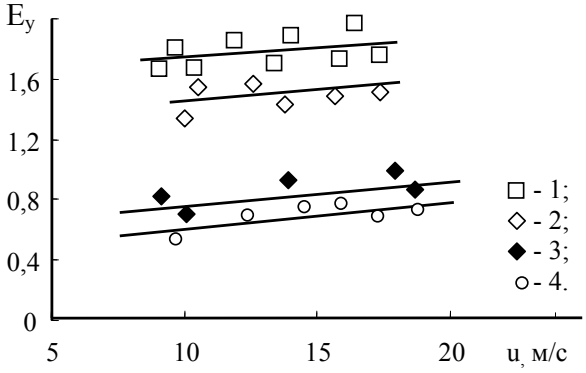


Рис. 4. Зависимость эффективности вихревой ступени от скорости пара в каналах завихрителя при термической ректификации при флегмовом числе R = 0,8–3, Δt = 10–20 °С. Экспериментальные точки (1–4): 1 – x = 65–70 % мас., 2 – x =30 % мас., 3 – x =20 % мас.; 4 – адиабатная ректификация при x = 65 % мас.

Эффективность контактной ступени, выполненной из пластин. При физической абсорбции эффективность ступени составила небольшую величину 0,1. При исследовании термической ректификации в исследуемой колонне выявлено, что большое влияние на процесс оказывает температура конденсата. Согласно экспериментальным данным, при длине дефлегматора 70 мм и расходе конденсата 2–6 кг/час, температура конденсата на его поверхности на 5–8 °С ниже его температуры кипения. Переохлаждение конденсата не позволяет испарять из него необходимое количество летучего компонента на пластинах, что приводит к возврату излишней части этанола с потоком флегмы в кубовую часть колонны. Установка дополнительных верхних пластин на каждой ступени позволяет довести температуру конденсата до кипения и качественно осуществить разделение. Изменение концентрации этанола в дистилляте в зависимости от флегмового числа и варианта используемой колонны представлена на рис. 5.

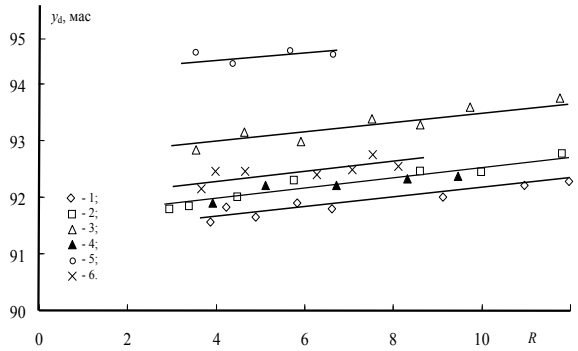


Рис. 5. Зависимость концентрации этанола в дистилляте от флегмового числа в колонне с 24 ступенями. Экспериментальные точки (1–6): ступени из пластин при F = 0,09 м^2 1 – Q = 4 кВт; 2 – Q = 7 кВт; 3 – Q = 13 кВт; 4 – Q =13 кВт при F = 0,046 м^2; вихревые ступени 5 – Q =15 кВт; 6 – колонна с десятью ступенями и вращающими нижними пластинами при Q =13 кВт

Интенсивность укрепления паров смеси за счет эффекта, вызванного парциальной конденсацией на поверхности дефлегматора и пластин, возрастает с уменьшением концентрации этанола в конденсате и повышением его расхода. Эффективность по Мерфи, обусловленная испарением с поверхности пластин, имеет зависимость вида

$$E_y \approx l_c^{-0.56}\, G_{out}^{-0.18}\, F^{0.4}\, u^{0.2},$$

где l_c – удельный расход флегмы; G_{out} – расход паровой смеси; F – поверхность конденсации и испарения; u – радиальная скорость пара между пластинами. Это соотношение получено при L = 0,005–0,03 кг/м^{2}с и концентрации этанола x = 0,5–60 % мас. Расход пара при исследовании изменялся в интервале (0,1–1,0)·10^{-3} кг/с, поверхность контакта – в интервале (0,05–0,1) м^2, скорость паров, перемещающихся в радиальном направлении между пластинами составила 0,07–2 м/с.

Эффективность ступеней по высоте колонны не одинакова и зависит также от начальной температуры охлаждающей воды, подаваемой в дефлегматор колонны. Вклад дефлегматора в общую эффективность ступени, выполненной из пластин, составил 13 %, вклад нижней и средней пластины не более 25 %. Наибольший вклад в укрепление смеси дают процессы испарения и конденсации, протекающие на верхних пластинах ступени. Сопротивление исследуемой колонны с 24 ступенями, выполненными из пластин, достигало 100 Па.

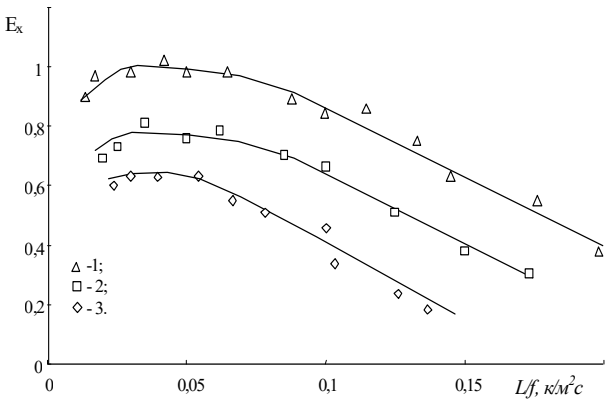


Рис. 6. Изменение эффективности по Мерфи на ступени с одной вращающейся пластиной от плотности орошения *L/f* при *n* = 900 об/мин. Экспериментальные точки (1–3): 1 – концентрация этанола в отработанной жидкости *x* = 17 % мас.; 2 – *x* = 6 % мас.; 3 – *x* = 17 % мас., неподвижная пластина

В этой связи, для интенсификации процесса массообмена на нижних пластинах ступеней осуществлено их вращение, согласно рис. 2в. В этом случае (рис. 6, точки 1 и 2) общая эффективность достигала единицы. Также установлено, что вращение пластин интенсифицирует процесс массообмена не только в жидкой, но и в паровой фазе.

Выводы

Таким образом, воздействие термических эффектов на конденсат, образованный на каждой ступени, до ввода его в основной поток стекающей флегмы, позволяет увеличить в 3–4 раза общую эффективность ступени по сравнению с адиабатической ректификацией.

Для многотоннажных производств, работающих при атмосферном давлении, целесообразно конструировать ступени с высокими массообменными параметрами, усиленными термическими эффектами.

Для колонн, работающих под вакуумом, рекомендуется использовать термическую ректификацию на ступени с низким гидравлическим сопротивлением.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках государственного задания по теме «Закономерности гидродинамических, химических и биохимических процессов в технологиях глубокой переработки растительного сырья и органического синтеза», номер государственной регистрации НИР: 10.8196.2017/БЧ.

Список литературы

1. Ректификация этилового спирта в колоннах со спирально-призматической насадкой / А.Н. Войнов, О.П. Жукова, В.А Паньков, Н.А. Войнов // Техника и технология пищевых производств. 2012. – № 4. – С. 1–5.

2. Voinov, N.A. Hydrodynamics and Mass Exchange in Vortex Rectifying Column / N.A.Voinov, N.A. Nikolaev, A.V. Kustov // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2009. – Vol. 82, No. 4. – P. 730 – 735.

3. Гордон, Л. В. Технология и оборудование лесохимических производств / Л.В. Гордон, С.О. Скворцов, В.И. Лисов. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 360 с.

4. Пат. 2437698 Российская Федерация, МПК B01D3/14 C1. Способ ректификации / Н.А. Войнов, В.А. Паньков, А.Н. Войнов; заявитель – № 2010118012/05; заявл. 04.05.2010; опубл. 27.12.2011, Бюл. № 36. – 7 с.

5. Пат. 2445996 Российская Федерация, МПК B01D3/14 C1. Ректификационная колонна / Н.А. Войнов, В.А. Паньков, А.Н. Войнов; заявитель. – № 2010118010/05; заявл. 04.05.2010 опубл. 27.03.2012, Бюл. № 9. – 6 с.: ил.

6. Войнов, Н.А. Теплосъем при пленочном течении жидкости / А.Н. Войнов, Ал.Н. Николаев.– Казань: Отечество, 2011. – 224 с.

7. Войнов, Н.А. Гидродинамика вихревой ступени с тангенциальными завихрителями / Н.А. Войнов, О.П. Жукова, Н.А. Николаев // Теоретические основы химической технологии. – 2010. – Т. 44. – № 2. – С. 225–232.

8. Войнов, Н.А. Гидродинамика и массообмен на ступени с профилированными тангенциальными каналами / Н.А. Войнов, С.А. Ледник // Химическая промышленность. – 2011. – Т. 88. – № 5. – С. 250–256.

9. Войнов, Н.А. Вихревая контактная ступень для тепломассообменных процессов / Н.А. Войнов, О.П. Жукова, С.А. Ледник // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2013. – № 9. – С. 9–11.

10. Войнов, Н.А. Массоотдача в газожидкостном слое на вихревых ступенях / Н.А. Войнов, О.П. Жукова, С.А. Ледник, Н.А. Николаев // Теоретические основы химической технологии. – 2013. – Т. 47. – № 1. – С. 62–67.

11. Эффективность вихревой ступени при термической ректификации / Н.А. Войнов, О.П. Жукова, А.Н. Войнов, Д.А. Земцов // Теоретические основы химической технологии. – 2016. – Т. 50. – № 5. – С. 525–531.

References

1. Voynov A.N., Zhukova O.P., Pan'kov V.A, Voynov N.A. Rektifikatsiya etilovogo spirta v kolonnakh so spiral'no-prizmaticheskoy nasadkoy [Ethyl alcohol rectification in columns with spiral prismatic nozzle]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2012, no. 4, p. 1–5.

2. Voinov N.A., Nikolaev N.A., Kustov A.V. Hydrodynamics and Mass Exchange in Vortex Rectifying Column. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2009, vol. 82, no. 4, pp. 730–735.

3. Gordon L.V., Skvortsov S.O., Lisov V.I. *Tekhnologiya i oborudovanie lesokhimicheskikh proizvodstv* [Technology and equipment wood chemical industry]. Moscow: Lesn. prom-st' Publ., 1988. 360 p.

4. Voynov N.A., Pan'kov V.A., Voynov A.N. *Sposob rektifikatsii* [The process of rectification]. Patent RF, no. 2437698, 2011.

5. Voynov N.A., Pan'kov V.A., Voynov A.N. *Rektifikatsionnaya kolonna* [The distillation column]. Patent RF, no. 2445996, 2012.

6. Voynov A.N., Nikolaev Al.N. *Teplos"em pri plenochnom techenii zhidkosti* [The output power at the film flow of liquid]. Kazan': Izdatel'stvo «Otechestvo» Publ., 2011. 224 p.

7. Voynov N.A., Zhukova O.P., Nikolaev N.A. Gidrodinamika vikhrevoy stupeni s tangentsial'nymi zavikhritelyami. Teoreticheskie osnovy khimicheskoy tekhnologii [Hydrodynamics vortex stage with tangential swirlers]. *Teoreticheskie osnovy khimicheskoy tekhnologii* [Theoretical Foundations of Chemical Engineering], 2010, vol. 44, no. 2, pp. 225–232.

8. Voynov N.A., Lednik S.A. Gidrodinamika i massoobmen na stupeni s profilirovannymi tangentsial'nymi kanalami [Hydrodynamics and mass transfer in the stage with profiled tangential channels]. *Khimicheskaya promyshlennost'* [Chemical Industry], 2011, vol. 88, no. 5, pp. 250–256.

9. Voynov N.A., Zhukova O.P., Lednik S.A. Vikhrevaya kontaktnaya stupen' dlya teplomassoobmennykh protsessov [Whirlpool contact stage for the heat and mass transfer processes]. *Khimicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie* [Chemical and petroleum engineering], 2013, no. 9, pp. 9–11.

10. Voynov N.A., Zhukova O.P., Lednik S.A., Nikolaev N.A. Massootdacha v gazozhidkostnom sloe na vikhrevykh stupenyakh [Mass transfer in the gas-liquid layer on the steps of the vortex]. *Teoreticheskie osnovy khimicheskoy tekhnologii* [Theoretical Foundations of Chemical Engineering], 2013, vol. 47, no. 1, pp. 62–67.

11. Voynov N.A., Zhukova O.P., Voynov A.N., Zemtsov D.A. Effektivnost' vikhrevoy stupeni pri termicheskoy rektifikatsii [The effectiveness of the vortex step by thermal distillation]. *Teoreticheskie osnovy khimicheskoy tekhnologii* [Theoretical Foundations of Chemical Engineering], 2016, vol. 50, no. 5, pp. 525 –531.

Дополнительная информация / Additional Information

Войнов, Н.А. Контактные ступени неадиабатной ректификации / Н.А. Войнов, Д.А. Земцов, О.П. Жукова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 58–64.

Voinov N.A., Zemtsov D.A., Zhukova O.P. Nonadiabatic rectification contact devices. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 58–64 (In Russ.).

Войнов Николай Александрович
д-р техн. наук, профессор кафедры машин и аппаратов промышленных технологий, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева», 660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 82, тел.: +7 (391) 227-86-19, e-mail: voynov@siberianet.ru

Земцов Денис Андреевич
аспирант кафедры машин и аппаратов промышленных технологий, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева», 660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 82,
тел.: +7 (391) 227-86-19, e-mail: denis_zemtsov.92@mail.ru

Жукова Ольга Петровна
канд. техн. наук, доцент кафедры машин и аппаратов промышленных технологий, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева», 660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 82, тел.: +7 (391) 227-86-19, e-mail: zhukovolga@yandex.ru

Nikolay A. Voinov
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Machine, Apparatus Industrial Technologies, Siberian State Aerospace University, 82, Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia, phone: +7 (391) 227-86-19, e-mail: voynov@siberianet.ru

Denis A. Zemtsov
postgraduate Student of the Department of Machine, Apparatus Industrial Technologies, Siberian State Aerospace University, 82, Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia,
phone: +7 (391) 227-86-19, e-mail: denis_zemtsov.92@mail.ru

Olga P. Zhukova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Machine, Apparatus Industrial Technologies, Siberian State Aerospace University, 82, Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia, phone: +7 (391) 227-86-19,
e-mail: zhukovolga@yandex.ru

УДК 664.788.8 (045)

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕРНА ГРЕЧИХИ, ХРАНИВШЕГОСЯ ПОД СНЕГОМ

В.А. Марьин*, А.Л. Верещагин, Н.В. Бычин

Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,
659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

**e-mail: tehbiysk@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 20.09.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. Установлено, что при ненадлежащем хранении зерна гречихи происходит ухудшения его качества. В зерне появляются дефектные зерна, в том числе проклюнувшиеся, проросшие, заплесневелые, зерна с поврежденной плодовой оболочкой. Использование влаготепловой обработке на этапе гидротермической обработки приводит к тому, что дефектные зерна темнеют, становятся испорченными, массовая доля выхода уменьшается, количество дробленого ядра и массовая доля отходов увеличиваются. Поэтому актуальным является исследование дефектных зерен. Целью настоящей работы является исследование влияния процесса гидротермической обработки на механические характеристики зерна гречихи, хранившегося под снегом. В качестве объектов исследования использовали ядро и крупу зерна гречихи, убранного весной 2015 года после схода снега, а также ядро и крупу нормального качества. Анализ зерна гречихи, убранного весной, позволяет утверждать, что все исследуемые образцы по показателям качества и безопасности соответствуют требованиям нормативной документации и могут быть использованы для переработки в крупу гречневую ядрица. В настоящей работе проведено исследование массовой доли продуктов переработки зерна, представлена микроструктура поверхности ядра дефектных зерен и нормального зерна, исследованы их механические характеристики. Результаты исследования показали: зерно, не прошедшее послеуборочной обработки и хранившееся в ненадлежащем состоянии, неоднородно по своим физико-химическим и механическим свойствам. Проведенные исследования позволяют утверждать, что зерно, хранившееся в ненадлежащих условиях, отличается от нормального заниженной механической прочностью и увеличенной долей дефектных зерен, их наличие необходимо учитывать при подготовке партий зерна, направляемых на переработку в крупу.

Ключевые слова. Зерно гречихи, зерно весеннего срока уборки, прочность, ядро, гидротермическая обработка, дефекты зерна, хранение зерна

MECHANICAL PROPERTIES OF BUCKWHEAT GRAIN STORED UNDER SNOW

V.A. Mar'in*, A.L. Vereshchagin, N.V. Bychin

Biysk Technological Institute (branch),
Altai State Technical University named after I.I. Polzunova,
27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia

**e-mail: tehbiysk@mail.ru*

Received: 20.09.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. It has been found that the improper storage of buckwheat grain lead to its quality worsening. As a result hatched, sprouted, blackpoint grains as well as grains with damaged fruit shell appear. Moisture-heat treatment at the stage of hydrothermal treatment leads to the condition when defective grains darken and become rotted, the mass fraction of the output decreases, the amount of crushed core and the mass fraction of waste increase. So, the study of defective grains is urgent. The aim of this study is to investigate the influence of hydrothermal treatment on mechanical properties of buckwheat grain stored under snow. The objects of study are the core and grits of buckwheat harvested in spring 2015 after thawing of snow as well as the core and grits of normal quality. Analysis of buckwheat grain harvested in spring suggests that all test samples meet the requirements of regulatory documents in terms of quality and safety and can be used for processing into buckwheat grits. The study on mass fraction of grain processing products has been conducted. The microstructure of the core surface of defective grains and that of sound grains is given; their mechanical characteristics have been investigated. The results show that the grain without post-harvest treatment and stored in improper condition is not uniform in its physical-chemical and mechanical properties. The research results make it possible to confirm that the grain stored in improper conditions differs from the normal one in low mechanical strength and increased proportion of defective grains. Their presence should be considered when preparing grain for processing.

Keywords. Buckwheat grain, grain of spring harvest period, strength, core, hydrothermal treatment, the grain defects, grain storage

Введение

В настоящее время проблема качества зерна, идущего на производство крупы, связана со значительным снижением требований, предъявляемых к зерну, которое направляется в цех на переработку [1]. Такой подход при переработке зерна приводит к ухудшению его качества, изменению потребительских свойств, уменьшению массовой доли выхода и срока хранения готового продукта. По мнению специалистов, главными причинами резкого снижения качества хранимого зерна является ряд нерешенных проблем.

Изменение, потеря качества и массы зерна происходит на всех этапах его движения от поля до переработки.

При производстве зерна под влиянием неблагоприятных погодных условий, при частом выпадении дождей в предуборочный и уборочный периоды происходит прорастание зерна на корню в валках или при хранении зерна на открытых токах. Прорастание зерна ухудшает его технологические качества и потребительские свойства готового продукта. Нарушение качества зерна может произойти и при несоблюдении требований агротехнических мероприятий [2].

Товарное зерно может быть ухудшено не только в поле, но и в результате сушки влажного или сырого зерна, особенно при несоблюдении установленных режимов сушки, такое зерно имеет характерный коричневый или темный цвет. По данным Всероссийского НИИ зерна, затраты на послеуборочную обработку и хранение составляют 25–30 % от общих затрат на производство зерна, из них до 60–70 % приходится на сушку, что связано с энергоемкостью процесса.

Снижение роли элеваторно-складского хозяйства в подготовке и формировании партий зерна для переработки в крупу создает проблему разнокачественности зерна. В результате товарные партии формируются поставщиками зерна из большого числа мелких партий разного качества и поставляются непосредственно на перерабатывающие предприятия вместо больших однородных партий, что ведет к проблеме обеспечения стабильности выхода и качества крупы.

В России только 10–20 % зерна хранится на элеваторах и хлебоприемных предприятиях, так как элеваторы находятся в собственности акционерных обществ или частных владельцев. Следовательно, 80-90 % зерна хранится у производителей, где практически отсутствует зерносушильная, очистительная техника, необходимое количество зернохранилищ и отсутствуют условия для обработки и хранения зерна [3]. Кроме того, хранение зерна в хозяйстве требует значительных финансовых затрат, поэтому далеко не все производители могут соблюсти необходимую технологию приёма и послеуборочной обработки зерна.

При этом наибольшие потери у производителей зерна могут происходить в процессе хранения из-за низкой материально-технической базы по обработке и хранению зерна.

Условно все процессы, происходящие в пищевых продуктах при хранении, можно подразделить на пять основных групп: физические (увлажнение и усушка), химические (прогоркание жиров), биохимические (дыхание и гидролиз), микробиологические (плесневение, гниение) и биологические (вызываются грызунами и насекомыми-вредителями) [4].

Все вышеуказанные проблемы значительно влияют на показатели качества зерна, используемого для выработки крупы. Выработанная из такого зерна крупа менее стабильна при хранении, в ней распад липидов происходит интенсивнее, чем в выработанной из нормального зерна [5, 6].

В настоящее время для того, чтобы подготовить партию для переработки, производители круп вынуждены устанавливать фотоэлектронные сортировщики как при подготовке зерна для удаления дефектных зерен, так и для контроля крупы для удаления трудноотделимой примеси и испорченных зерен, которые могут возникнуть при переработке зерна в крупу на этапе гидротермической обработки.

В связи с этим важным является исследование зерна гречихи, которое по каким-то причинам не прошло послеуборочной обработки, и хранилось в неприспособленных условиях. Наиболее характерным примером является зерно гречихи, убранное из-под снега.

Целью настоящей работы является исследование влияния процесса гидротермической обработки на механические характеристики зерна гречихи хранившегося под снегом.

Объекты исследования

В качестве объектов исследования использовали ядро и крупу зерна гречихи убранного весной 2015 года после схода снега, и ядро и крупу нормального качества.

Анализ зерна гречихи, убранного весной, позволяет утверждать, что все исследуемые образцы по показателям качества и безопасности соответствуют требованиям нормативной документации и могут быть использованы для переработки в крупу гречневую ядрица.

Однако было установлено, что хранение зерна под снегом приводит к порче зерна и появлению дефектных зерен. По своим показателям дефекты такого зерна можно считать незначительными, так как использование фотоэлектронного сортировщика позволяет удалять такие зерна на этапах очистки зерна и контроля крупы гречневой ядрица. Переработка зерна в производственных условиях показала, что выработать крупу гречневую высшего сорта из такого зерна даже при наличии фотоэлектронного сортировщика согласно требованиям нормативной документации невозможно.

В зерне гречихи были выявлены четыре основных дефекта, наличие которых как показали производственные испытания, приводит к появлению испорченных зерен на этапе гидротермической обработки (ГТО). Как известно, производство крупы гречневой ядрица включает этап гидротермической

обработки зерна [7]. К таким дефектам были отнесены: проклюнувшиеся, проросшие, заплесневелые и зерна с поврежденной плодовой оболочкой. Причем два дефекта (проклюнувшиеся и зерно с поврежденной оболочкой) не регламентируются требованиям ГОСТ Р 56105-2014 и не учитывались при приемке и формировании партий для переработки зерна в крупу. Характеристика дефектов зерна гречихи убранного весной после схода снега, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика дефектов зерна гречихи весеннего срока уборки

Дефект	Характеристики дефекта	Требования ГОСТ 56105-2014	Причины возникновения	Влияние на качество готовой продукции
Проклюнувшееся ядро	Внешне не отличается от нормального зерна	Не нормируется	Повышенная влажность зерна	Потемнение эндосперма при ГТО, относят к испорченным зернам
Заплесневелое ядро	Затхлый запах и вкус	Общее содержание испорченных зерен в партии не более 0,3 %	Нарушение условий хранения (высокая влажность и температура)	
Проросшее ядро	В вершине зерна виден росток	Не более 3,0 %	Повышенная влажность зерна	
Ядро из зерна с поврежденными оболочками	Зерно с поврежденной оболочкой, открытая часть ядра может быть окрашена (светло- или темно-коричневого цвета)	Не нормируется	Механическое повреждения зерна во время уборки или транспортировки	

Подготовку образцов производили по следующей методике. Из поступающего в бункер готовой продукции крупы ядрица производственно-техническая лаборатория выделяла образцы массой 5,0 г для каждого вида дефектных зерен. Из этой навески методом случайного отбора выбирали ядро и направляли на исследования. Исследования проводили для образцов ядра вышеуказанных дефектов и нормального ядра результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Образцы вышеуказанных дефектов и нормального ядра

Образец	До ГТО	Образец	После ГТО
1	Проклюнувшееся ядро	1/1	Проклюнувшееся ядро
2	Заплесневелое ядро	2/1	Заплесневелое ядро
3	Проросшее ядро	3/1	Проросшее ядро
4	Ядро из зерна с поврежденными оболочками	4/1	Ядро из зерна с поврежденными оболочками
5	Нормальное ядро	5/1	Нормальное ядро

Анализ представленных образцов дефектных зерен позволяет утверждать, что проклюнувшиеся, заплесневелые и проросшие зерна являются результатом биохимических изменений, зерна с поврежденными оболочками – результатом механического разрушения плодовых оболочек зерна в процессе обмолота или его перемещения.

При подготовке материала были использованы общепринятые методы, а также методы электронной микроскопии и термомеханического анализа [8]. Все исследования проводились в 3–5-кратной повторности и обрабатывались статистически.

Результаты и их обсуждения

В результате исследований, проводившихся в 2001–2015 гг., было выявлено, что при переработке зерна гречихи, которое хранилась в ненадлежащих условиях, в том числе и в зерне, убранном весной в 2015 г. после схода снега, появление испорченных зерен в крупе ядрица связано с наличием дефектных зерен.

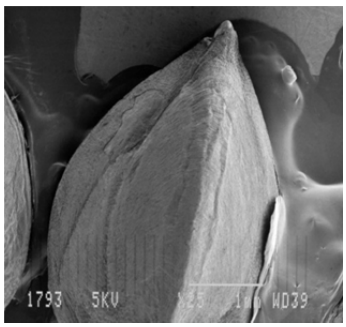
Микрофотографии поверхности ядра вышеуказанных дефектов и нормального зерна до и после этапа ГТО изучали на сканирующем электронном микроскопе JSM-840 (Jeol, Япония), полученные изображения представлены на рис. 1.

Из представленных на рис. 1 микрофотографий следует:

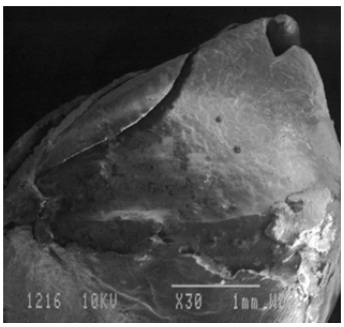
1) Проклюнувшееся до ГТО ядро в области вершины имеет повреждение оболочки, видны зачатки ростка. При ГТО проклюнувшегося зерна гречихи рис. 1.1/1) характер повреждений не изменяется, такие зерна в зерне гречихи выделить из основного зерна согласно требованиям нормативной документации невозможно.

2) В зерне возможно наличие плесневых грибов, (рис. 1.2), которые образуют на поверхности ядра ветвящиеся мицелии, они хорошо видны невооруженным глазом. Их наличие на поверхности ядра не только ухудшает технологические свойства зерна, но и вредит здоровью при употреблении. При ГТО зерна, поврежденного плесенью (рис. 1.2/1), происходит спекание мицелий, а ядро темнеет.

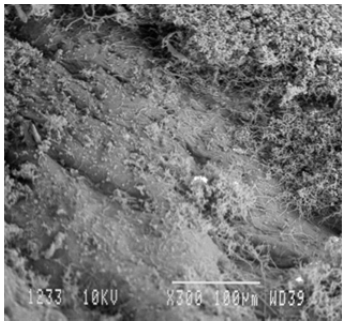
3) Проросшее ядро до ГТО (рис. 1.3): в области вершины видны значительные повреждения трещины оболочки и росток, который может достигать нескольких миллиметров. При ГТО проросшего зерна (рис. 1.3/1) характер повреждений не изменяется. После шелушения значительная часть ростков удаляется и в вершине образуется характерное повреждение в виде воронки, что приводит



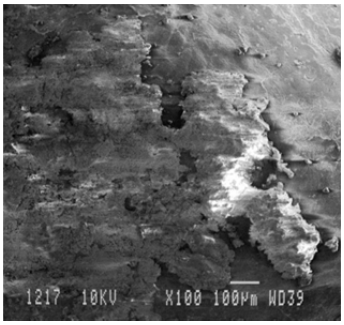
1) Проклюнувшееся ядро до ГТО



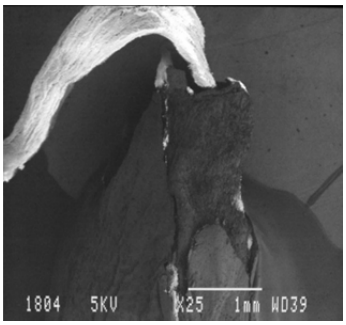
1/1) Проклюнувшееся ядро после ГТО



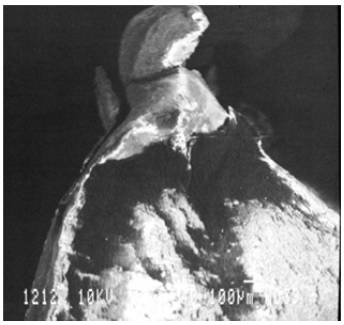
2) Ядро заплесневелое до ГТО



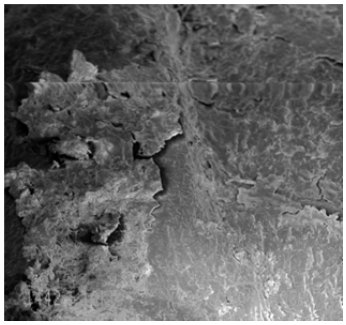
2/1) Ядро заплесневелое после ГТО



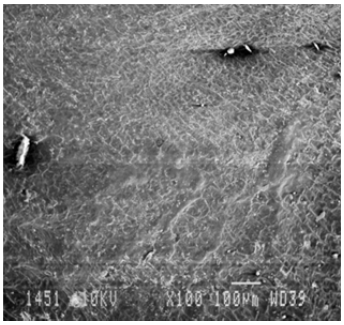
3) Проросшее ядро до ГТО



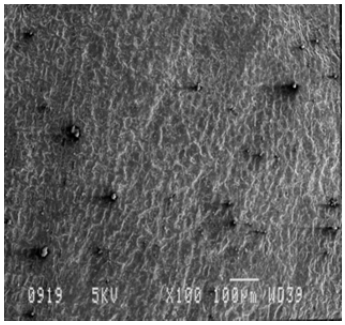
3/1) Проросшее ядро после ГТО



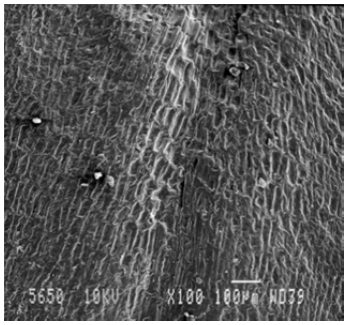
4) Ядро с поврежденной оболочкой до ГТО



4/1) Ядро с поврежденной оболочкой после ГТО



5) Ядро нормальное до ГТО



5/1) Ядро нормальное после ГТО

Рис. 1. Микрофотографии поверхности ядра гречихи
с различными дефектами и нормального зерна до и после ГТО

к ухудшению товарного вида вырабатываемой крупы.

4) Кроме вышеназванных возможных дефектов, в зерне содержатся зерна с поврежденной плодовой оболочкой, ядро до ГТО (рис. 1.4) под влиянием неблагоприятных условий хранения может становиться неполноценным, на поверхности видны повреждения, которые, возможно, возникли в результате поражения открытых частей ядра микроорганизмами. Такие места у ядра характеризуются изменением цвета ядра, становятся более темными (пигментированные ядра). При ГТО зерна с поврежденной плодовой оболочкой (рис. 1.4/1) характер повреждений ядра несколько уменьшается, возможно, вследствие желатинизации крахмала поверхности ядра, однако указанная часть ядра темнеет – такие зерна относят к испорченным.

5) На рис. 1.5 представлена микрофотография наружной поверхность нормального ядра гречихи, семенная оболочка имеет ячеистую структуру. Ячейки различной многогранной формы с хорошо различимыми границами без повреждений. При ГТО зерна (рис. 1.5/1) изменяется его ячеистая структура, форма ячейки становится более выражена, такие изменения, возможно, связаны с клейстеризацией крахмала как на поверхности зерен, так и внутри его и приводят к упрочнению ядра.

Зерно, содержащее вышеуказанные дефекты, характеризуется более высокой массовой долей кислотного числа жира (КЧЖ) и кислотности [9].

Изменение механических свойств изучали на термомеханическом анализаторе Shimadzu-60 (Япония) по методике, описанной в работе [10]. Устройство для испытания образцов (рис. 2) представляет собой латунный цилиндр – 1, в котором для устойчивого расположения ядра выбрана полость с углом 60° и глубиной 0,5 мм – 2.

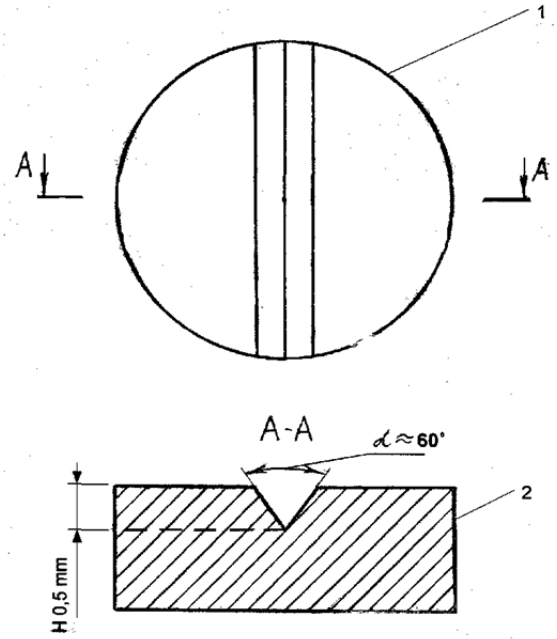


Рис. 2. Устройство для механических испытаний образцов

На столик этой измерительной ячейки помещали ядро гречихи вертикально вниз, а затем на одну точку грани ядра направляли индентор диаметром 3 мм со скоростью нагружения 10 г/мин в течение 40 мин, максимальная нагрузка (Р) на образец составляла 400 г.

Результаты механических испытаний ядра гречихи до ГТО представлены на рис. 3, где по оси **y,** слева, показано изменение линейного размера образца в %; справа по оси **y** – нагружение индентора прибора на образец в граммах. По оси **x** указано время проведения эксперимента в минутах. Свойства прибора и его программное обеспечение позволяют производить нагрузку на образец только в граммах. Эксперименты проводили в воздушной среде при атмосферном давлении и температуре 20 °С. Цифры, указанные на механических кривых, означают величину деформации при максимальной нагрузке 400 г на образец за 40 мин.

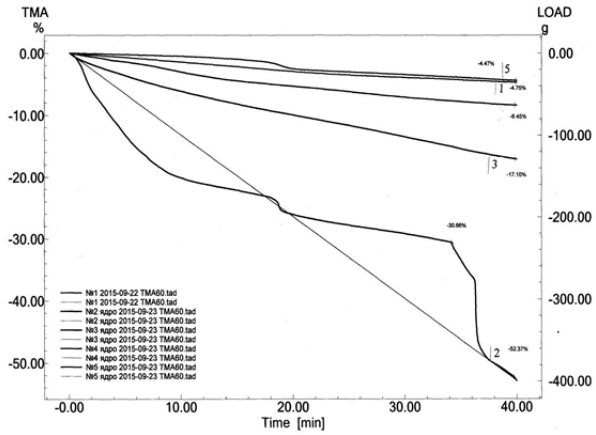


Рис. 3. Механические кривые дефектных ядер до ГТО «весеннего» и нормального ядра, где 1 – проклюнувшееся ядро, 2 – заплесневелое ядро, 3 – проросшее ядро, 4 – ядро из зерна с поврежденной оболочкой, 5 – нормальное ядро «осеннего» урожая

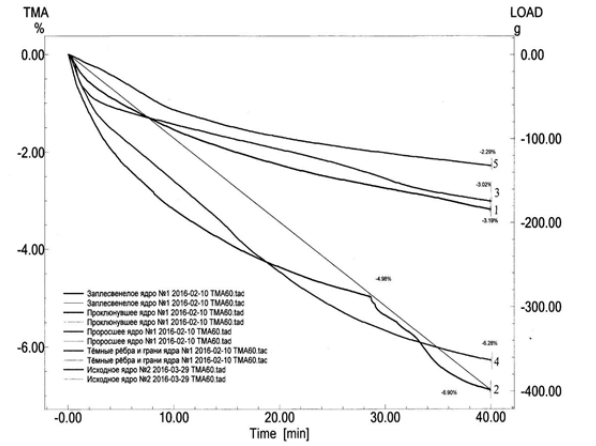


Рис. 4. Механические кривые дефектных ядер «весеннего» и нормального ядра после ГТО, где 1 – проклюнувшееся ядро, 2 – заплесневелое ядро, 3 – проросшее ядро, 4 – ядро из зерна с поврежденной оболочкой, 5 – нормальное ядро «осеннего» урожая

Из представленных на рис. 3 данных следует, что минимальная относительная деформация составляет 4,5 % и соответствует образцу нормального ядра. Для проклюнувшегося ядра относительная деформация составляет 4,8 %, для заплесневелого зерна – 52,4 % (образец разрушился), для проросшего зерна – 17,1 %, для зерна с поврежденной оболочкой – 8,5 %.

Результаты механических испытаний ядра после ГТО гречихи представлены на рис. 4.

Из представленных на рис. 4 данных следует, что минимальная относительная деформация составляет 2,3 % и соответствует образцу нормального ядра. Для проклюнувшегося ядра относительная деформация составляет 3,2 %, для заплесневелого зерна – 6,9 %, для проросшего зерна – 3,0 %, для зерна с поврежденной оболочкой – 6,3 %.

Проведенные исследования и характер деформации дефектных зерен позволяют утверждать, что вышеуказанные дефекты можно характеризовать как развитие двух параллельных процессов механического разрушения ядра и биохимической порчи ядра:

- проклюнувшиеся, проросшие ядра – стадия прорастания, механическое разрушение ядра, связанное с разрушением оболочек и деформацией ядра;
- ядра с темными ребрами, заплесневелые ядра – стадия порчи зерна, вследствие протекания гидролитических процессов расщепления жира происходит прогоркание и потемнение ядра.

Для сравнения упругих свойств дефектных и нормального ядер был определен модуль упругости при 4,0 % деформации. Результаты изменения модуля упругости при 4,0 % деформации исследуемых образцов зерна гречихи представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты изменения модуля упругости при 4,0 % деформации исследуемых образцов зерна гречихи

Образец	До ГТО	Модуль упругости, кг/см^2	Образец	После ГТО	Модуль упругости, кг/см^2
1	Проклюнувшееся ядро	10,8	1/1	Проклюнувшее ядро	11,2
2	Заплесневелое ядро	0,5	2/1	Заплесневелое ядро	5,8
3	Проросшее ядро	2,0	3/1	Проросшее ядро	15,3
4	Ядро из зерна с поврежденными оболочками	4,5	4/1	Ядро из зерна с поврежденными оболочками	6,1
5	Нормальное ядро	12,5	5/1	Нормальное ядро	20,9

Из представленных результатов следует, что при шелушении зерна гречихи вероятность разрушения ядра будет происходить в следующей последовательности:

1 – заплесневелое;
2 – с поврежденной плодовой оболочкой;
3 – проклюнувшееся;
4 – проросшее;
5 – нормальное.

Отличительной особенностью всех вышеуказанных дефектных зерен является низкая прочность по отношению к нормальному зерну. В табл. 4 представлен коэффициент уменьшения прочности ядра как отношение прочности ядра до и после ГТО.

Таблица 4

Коэффициент уменьшения прочности ядра

Образец	Наименование	Коэффициент уменьшения прочности
1	Проклюнувшееся ядро	1,5
2	Заплесневелое ядро	7,6
3	Проросшее ядро	5,7
4	Ядро из зерна с поврежденными оболочками	1,3
5	Нормальное ядро	1,9

Как следует из представленных данных по степени деградации механической прочности ядра, изученные образцы можно расположить в таком порядке:

1 – ядро из зерна с поврежденными оболочками;
2 – проклюнувшее ядро;
3 – проросшее ядро;
4 – заплесневелое ядро.

При переработке зерна с указанными дефектами в крупу выход целого ядра уменьшается и увеличивается доля разрушенного ядра (продела, кормовой мучки). Кроме того, при выделении испорченных ядер, которые образуются при переработке зерна на этапе ГТО, возможно удаление определенной массовой доли крупы ядрица. Показатели массовой доли продуктов переработки нормального и весеннего срока уборки урожая представлены в табл. 5 [11].

Таблица 5

Массовая доля продуктов переработки нормального зерна и весеннего срока уборки урожая

Наименование	Массовая доля продуктов переработки, %		
	Нормального зерна сорт 1	Весеннего срока уборки сорт 3	Базисные нормы выхода
Крупа ядрица	69,3–72,1	62,5–65,5	не менее 62,0
Крупа продел	0,2–0,8	0,6–1,2	не более 5,0
Мучка кормовая	0,4–1,2	0,9–2,1	не более 3,5
Отходы I и II категории	4,5–5,7	6,3–7,8	не более 6,5

Из представленных данных следует, что при переработке зерна весеннего срока уборки в крупу гречневую ядрица массовая доля выхода и целого продукта уменьшается по отношению к нормальному зерну, однако показатели соответствуют базисным нормам. Таким образом, проведенные исследования позволяют утверждать, что зерно хранившееся в ненадлежащих условиях, отличается от нормального заниженной механической прочностью и увеличенной долей дефектных зерен. Их наличие влияет не только на качество, но и массовую долю вырабатываемой готовой продукции.

Список литературы

1. Мелешкина, Е.П. Современные аспекты качества зерна пшеницы / Е.П. Мелешкина // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – № 3. – С. 4–7.

2. Важов, В.М. Агроэкологические вопросы выращивания *Fagopyrum esculentum moench* на Алтае / В.М. Важов, В.Н. Козил, С.В. Важов // Успехи современного естествознания – 2016. – № 1-0. – С. 56–60.

3. Журавлев, А.П. Послеуборочная обработка зерна с основами хранения зернопродуктов: монография / А.П. Журавлев, Л.А. Журавлева. – Самара: РИЦСГ СХА, 2012. – 365 с.

4. Influences of High Hydrostatic Pressure, Microwave Heating, and Boiling on Chemical Compositions, Antinutritional Factors, Fatty Acids, In Vitro Protein Digestibility, and Microstructure of Buckwheat / Yun Deng, Olga Padilla-Zakour, Yanyun Zhao, Shishi Tao // Food and Bioprocess Technology. – 2015. – Vol. 8. – Is. 11. – Pp. 2235–2245. DOI 10.1007/s11947-015-1578-9.

5. Formation of off-flavour components during storage of buckwheat / Przybylski R., Eskin N.A.M., Malcolmson L.M., Ryland D., Mazza G. // Proceedings of the 7th International Symposium on Buckwheat, 12–14 August 1998,Winnipeg, Canada. – Pp. 3–7.

6. Марьин, В.А. Влияние показателей качества зерна гречихи на изменение кислотного числа жира / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (125). – С. 147–152.

7. Регулирование цветности ядра гречневой крупы / В.А. Марьин, Е.А. Федотов, А.Л. Верещагин, К.С. Барабошкин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 5. – С. 39–41.

8. Марьин, В.А. Влияние термофилирования на прочностные характеристики оболочек зерна гречихи / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин, Н.В. Бычин // Хлебопродукты. – 2013. – № 1. – С. 54–55.

9. Mar'in V.A. Effects of humidity and the content of sprouted and spoiled buckwheat grains on the changes of acid number of fat and grain acidity / V.A. Mar'in, A.L. Vereshchagin // Foods and Raw Materials. – 2014. – Vol. 2. – № 1. – Pp. 31–35.

10. Марьин, В.А. Технологические свойства влажного и сырого зерна гречихи / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин, Н.В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 38. – № 3. – С. 35–40.

11. Марьин, ВА. Механические и физико-химические свойства крупы ядрицы гречневой из зерна, убранного из-под снега / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин, Н.В. Бычин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 6 (140). – С. 167–172.

References

1. Meleshkina E.P. Sovremennye aspekty kachestva zerna pshenitsy [Modern aspects of the quality of wheat]. *Agrarnyy vestnik Yugo-Vostoka* [Agricultural Gazette Southeast.], 2009, no. 3, pp. 4–7.

2. Vazhov V.M., Kozil V.N., Vazhov S.V. Agroekologicheskie voprosy vyrashchivaniya Fagopyrum esculentum moench na Altae [Agri-environment issues Fagopyrum esculentum moench growing in the Altai]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in Current Natural Sciences], 2016, no. 1, pp. 56–60.

3. Zhuravlev A.P., Zhuravleva L.A. *Posleuborochnaya obrabotka zerna s osnovami khraneniya zernoproduktov* [Postharvest processing of grain with bases of storage of grain products]. Samara: RICSG SHA Publ., 2012. 365 p.

4. Deng Yun, Padilla-Zakour Olga, Zhao Yanyun, Tao Shishi. Influences of High Hydrostatic Pressure, Microwave Heating, and Boiling on Chemical Compositions, Antinutritional Factors, Fatty Acids, In Vitro Protein Digestibility, and Microstructure of Buckwheat. *Food and Bioprocess Technology,* November 2015, vol. 8, iss. 11, pp. 2235–2245. DOI: 10.1007/s11947-015-1578-9.

5. Przybylski R., Eskin N.A.M., Malcolmson L.M., Ryland D., Mazza G. Formation of off-flavour components during storage of buckwheat. *Proceedings of the 7th International Symposium on Buckwheat*, 12–14 August 1998, Winnipeg, Canada, pp. 3–7.

6. Mar'in V.A., Vereshhagin A.L. Vliyanie pokazateley kachestva zerna grechikhi na izmenenie kislotnogo chisla zhira [The effect of buckwheat quality indices on the change of fat acidity value and acidity]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Technical University], 2015, no. 3 (125), pp. 147–152.

7. Mar'in V.A., Fedotov E.A., Vereshchagin A.L., Baraboshkin K.S. Regulirovanie tsvetnosti yadra grechnevoy krupy [Regulation of chromaticity of a kernel of buckwheat]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya* [Storage and processing of farm products], 2009, no. 5, pp. 39–41.

8. Mar'in V.A., Vereshhagin A.L., Bychin N.V. Vliyanie termofilirovaniya na prochnostnye kharakteristiki obolochek zerna grechikhi [Influence termofilirovaniya on the strength characteristics of shells of buckwheat grain]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2013, no. 1, pp. 54–55.

9. Mar'in V.A., Vereshchagin A.L. Effects of humidity and the content of sprouted and spoiled buckwheat grains on the changes of acid number of fat and grain acidity. *Foods and Raw Materials*, 2014, vol. 2, no. 1, pp. 31–35. DOI: 10.12737/4126

10. Mar'in V.A., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Tekhnologicheskie svoystva vlazhnogo i syrogo zerna grechikhi [Technological properties of wet and crude buckwheat]. *Tekhnika i tekhnologiia pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, vol. 38, no. 3, pp. 35–40.

11. Mar'in VA., Vereshhagin A.L., Bychin N.V. Mekhanicheskie i fiziko-khimicheskie svoystva krupy yadritsy grechnevoy iz zerna, ubrannogo iz-pod snega [Mechanical and physical and chemical properties of buckwheat groats unground grain, harvested from the snow]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2016, no. 6 (140), pp. 167–172.

Дополнительная информация / Additional Information

Марьин, В.А. Механические характеристики зерна гречихи, хранившегося под снегом / В.А. Марьин, А.Л. Верещагин, Н.В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 65–72.

Mar'in V.A., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Mechanical properties of buckwheat grain stored under snow. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 44, no. 1, pp. 65–72 (In Russ.).

Марьин Василий Александрович
канд. техн. наук, доцент кафедры общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, Алтайский край, г. Бийск, ул. Трофимова, 27,
тел.: +7 (3854) 31-24-75, e-mail: tehbiysk@mail.ru

Верещагин Александр Леонидович
д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (3852) 43-53-18, e-mail: val@bti.secna.ru

Бычин Николай Валерьевич
ведущий инженер кафедры общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (3852) 43-53-18

Vasily A. Mar'in
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of General Chemistry and Examination of the Goods, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (3854) 31-24-75,
e-mail: tehbiysk@mail.ru

Alexander L. Vereshchagin
Dr.Sci.(Chem.), Professor, Head of the Department of General Chemistry and Examination of Goods, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (3852) 43-53-18, e-mail: val@bti.secna.ru

Nicolay V. Bychin
Leading engineer of the Department of General Chemistry and Examination of Goods, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia,
phone: +7 (3852) 43-53-18

УДК62-97/-98

АНАЛИЗ РАБОТЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРНОГО ДИСПЕРГАТОРА

С.Д. Руднев, М.А. Козлов*, Р.В. Крюк

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**e-mail: m1tt@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 30.01.2017
Дата принятия в печать: 02.03.2017

Аннотация. Рассматриваются вопросы, связанные с использованием роторно-пульсационных аппаратов в качестве диспергаторов при обработке жидких дисперсных систем, содержащих пищевые волокна. Значительной интенсификации процесса измельчения можно достичь путем проведения процесса в среде жидкости, при этом эффективность процесса повышается за счет механоактивирующего действия воды в дисперсных системах, подвергаемых обработке. Предложен подход к определению составляющих энергетического баланса через физические величины, легко доступные для непосредственного измерения, без применения специализированных средств и способов, и связывающий затраты полезной мощности на диспергирование с характеристиками процесса – кратностью обработки и степенью измельчения. Объектом исследований являлась модельная смесь, представляющая собой суспензию мякоти моркови в воде массовой концентрацией 5 %. Продолжительность воздействия на обрабатываемый продукт характеризовали кратностью обработки, в зависимости от которой определяли величину потребляемой аппаратом мощности при работе на холостом ходу и при обработке модельной смеси. Экспериментально определены в зависимости от кратности обработки следующие величины, характеризующие процесс диспергирования: температура модельной смеси, КПД процесса измельчения, степень измельчения. Представленная в работе интегральная характеристика связывает между собой удельные энергозатраты на процесс диспергирования со степенью измельчения и позволяет проводить сравнительный анализ с другими конструкциями диспергаторов. Установлено, что процесс диспергирования эффективно протекает до определенного значения кратности обработки, при достижении которой количество полезно затрачиваемой мощности остается практически постоянным, что не приводит к росту степени измельчения, потребляемая аппаратом мощность затрачивается только на перемещение обрабатываемого продукта, а дальнейшего увеличения степени измельчения можно достичь путем повышения частоты вращения ротора. На основе анализа экспериментальных данных сформированы способы снижения затрат энергии на диспергирование.

Ключевые слова. Роторно-пульсационный аппарат, диспергирование, дисперсные системы с пищевыми волокнами, затраты энергии

ANALYSIS OF OPERATION AND RESEARCH OF THE ENERGY CHARACTERISTICS ROTARY DISPERSER

S.D. Rudnev, M.A. Kozlov*, R.V. Kryuk

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: m1tt@mail.ru*

Received: 30.01.2017
Accepted: 02.03.2017

Abstract. The article deals with issues related the use of rotary pulsating apparatus as dispersants, in the processing of liquid dispersions containing dietary fiber. Considerable intensification of the milling process can be achieved by conducting the process in a liquid medium, the process efficiency is improved due to the action of water due to mechanical activation disperse systems to be treated. An approach to determining the energy balance of the components in terms of physical size, easily accessible for direct measurements without the use of specialized tools and methods and binding costs of available capacity on the dispersion of the characteristics of the process - the multiplicity of processing and degree of grinding object of study is a model mixture is a suspension of the pulp of carrots water in a concentration of 5 mass%. The duration of exposure to the treated product is characterized by the multiplicity of treatment, depending on which determines the amount of power consumed by the device when idling and in the processing of model mixture. Determined experimentally, depending on the frequency of spraying, the following quantities characterizing the dispersion process: the temperature of the mixture model, the efficiency of the grinding process, the degree of crushing. Presented in the integral characteristic relates the specific energy consumption for the dispersion process with a degree of grinding and allows comparative analysis with other designs of dispersants. It is found that the dispersion process effectively proceeds up to a value of the multiplicity of processing, when reaching a number of useful consumed power remains practically constant, which does not lead to an increase of fineness, consumption unit power consumed only to move the product to be treated, and further increase the degree of crushing can be achieved by increase the speed of the rotor. On the basis of analysis of experimental data generated for ways to reduce dispersion of the expenditure of energy.

Keywords. The rotary-pulsation device, dispersion, dispersions with dietary fiber, energy costs

Введение

Одним из процессов, широко используемых в пищевой промышленности, является диспергирование – сокращение крупности исходного сырья до размеров частиц, соответствующих технологии переработки или до потребительских размеров. Процесс диспергирования растительного сырья характеризуется значительными затратами подводимой энергии, что обусловлено высокой структурной прочностью и анизотропией свойств. Высокая прочность растительного сырья связана с особенностями морфологического строения растительной ткани, обусловлена наличием твердой нерастворимой клеточной стенки, состоящей главным образом из целлюлозы, погруженной в полисахаридный матрикс из гемицеллюлоз и пектиновых веществ. Целлюлозный каркас обеспечивает прочностные свойства растительной ткани, а полисахаридный матрикс – ее упругие свойства.

Любой процесс разрушения (образования новой поверхности в твердом теле), независимо от перерабатываемого сырья, характеризуется очень низкой энергетической эффективностью. Согласно теории П.А. Ребиндера, в поверхностную энергию преобразуется только избыток энергии упругой деформации, накопленной материалом, отсюда КПД процесса составляет менее 1 % [1]. Одним из путей интенсификации разрушения твердых тел является осуществление процесса в среде жидкости, причем для пищевых материалов таковой в наилучшем случае является вода и ее растворы. При этом эффективность процесса повышается за счет механоактивирующего действия воды в дисперсных системах, подвергаемых обработке. Влияние концентрации влаги в растительных дисперсных системах велико. При насыщении водой снижается прочность адгезионного взаимодействия растительных структур. Вода повышает подвижность связей, снижает энергию поверхностных взаимодействий, замещая более прочные межмолекулярные связи в биополимерах водородными [2]. При таком понижении адгезионной прочности целесообразно получать пюреобразные стерилизованные продукты с заданной концентрацией сухих веществ, минуя стадию высушивания с целью консервации или же низкотемпературного хранения. Кроме того, измельчение растительной клетчатки является непростой технологической проблемой. Целлюлоза (клетчатка) и пектиновые вещества относят к классу веществ, которые в настоящее время принято назвать пищевыми волокнами, они должны обязательно входить в рацион питания человека в качестве компонента. Клетчатку также называют грубыми пищевыми волокнами, а пектиновые вещества – мягкими.

Перспективным оборудованием для диспергирования растительного сырья в жидкой среде являются аппараты роторно-пульсационного типа (РПА), которые позволяют проводить процесс в условиях интенсивной гидромеханической активации. Несмотря на распространенность РПА и их высокую эффективность, они обладают весьма существенным недостатком – большим энергопотреблением. Но вопросу энергетических затрат на процессы, протекающие в РПА, по настоящее время внимания уделялось недостаточно.

Большинство представленных в литературе подходов к определению мощности либо математически сложны, либо содержат значительное количество экспериментально определяемых параметров, зачастую требующих применения достаточно специализированных средств измерения входящих в них величин. Это делает затруднительным их использование при проведении инженерных расчетов [3]. В работе [4] автором предложена методика определения удельных затрат без значительного количества конструктивных и режимных параметров работы аппарата по заданным технической характеристикой значениям производительности и физико-механическим свойствам обрабатываемого материала – вязкостью и плотностью.

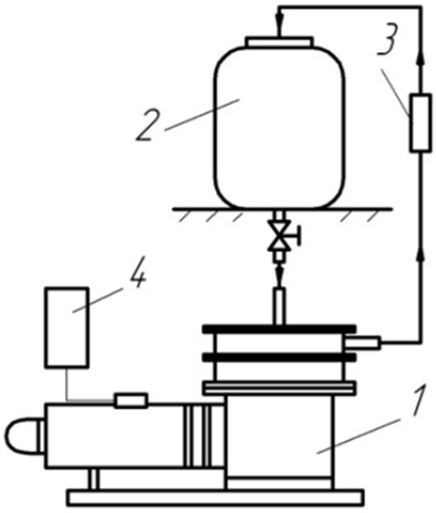
Во многих работах [5, 6, 7], в балансе энергетических затрат процессов, протекающих в РПА, включены затраты мощности на измельчение, но их относят к диссипативным потерям, а полезными считают затраты энергии на приведение материала в движение, создание напора, нагрев обрабатываемой среды. То есть РПА рассматривается главным образом как насос или нагнетатель. Процесс разрушения частиц дисперсной фазы в РПА весьма сложен, он может протекать в двух режимах: сдвиговом и кавитационном. Несмотря на то, что кавитация является фактором, значительно интенсифицирующим процесс диспергирования, для пищевой промышленности работа аппарата в таком режиме не может являться приемлемой из-за жестких требований к безопасности пищевых продуктов в отношении содержания металлических примесей. Поскольку при возникновении кавитационных явлений протекают процессы эрозийного разрушения рабочих органов [8], частицы материала рабочих органов попадают в конечный продукт. Исследователями отмечалось, что эффективная работа диспергатора возможна в режиме высоких сдвиговых деформаций [9] без кавитационных явлений. Для расчета оборудования для измельчения необходимо связывать затраты энергии с параметрами, характеризующими процесс измельчения, в первую очередь со степенью измельчения материала – главной количественной характеристикой процесса.

Целью исследования является изучение работы РПА с позиции распределения энергии, определение энергии, затраченной непосредственно на разрушение частиц дисперсной фазы в жидких дисперсных системах, содержащих пищевые волокна, изучение влияния параметров работы РПА на степень измельчения.

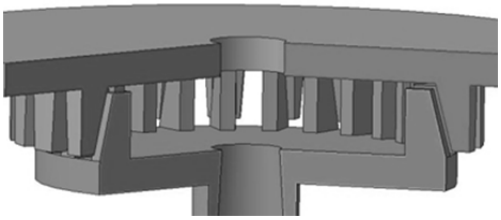
Объекты и методы исследований

Для исследования процессов измельчения дисперсных систем, содержащих в своем составе пищевые волокна, была спроектирована, изготовлена и смонтирована экспериментальная установка, принципиальная схема которой представлена на рис. 1. В состав установки входят: роторно-пульсационный аппарат, циркуляционная емкость, систе-

ма соединительных трубопроводов с запорной арматурой. На линии подачи продукта из РПА в циркуляционную емкость установлен ротаметр для контроля объемного расхода. Для пуска установки в работу и регулирования предназначен пульт управления, в состав которого входят: преобразователь напряжения, пусковая аппаратура, лабораторный автотрансформатор и измерительный комплект К-505 для измерения потребляемой установки мощности.



а



б

Рис. 1. Экспериментальная установка:
а – принципиальная схема установки: 1 – РПА,
2 – циркуляционная емкость,
3 – ротаметр, 4 – пульт управления;
б – рабочие органы аппарата

Исследование процесса измельчения проводили при обработке модельной смеси, представляющей собой дисперсную систему (суспензию), дисперсную фазу которой составляет мезга моркови со средним размером частиц 0,7 мм и массовой концентрацией 5 %. Зазор между ротором и статором при этом сохранялся постоянным и составлял 1 мм.

Полученной суспензией заполняли циркуляционный контур установки, необходимая частота вращения ротора устанавливалась при помощи лабораторного автотрансформатора. Отбор проб для микроскопического анализа размера частиц дисперсной фазы осуществляли при достижении требуемой кратности обработки.

Частота вращения вала электродвигателя определялась тахометром часового типа. Объемный расход определяли при помощи поплавкового ротаметра LZM-20G производства компании Yuyao Kingtai Instrument Co. Ltd. Размер частиц мезги моркови определяли микроскопированием с использованием цифрового оптического микроскопа Bresser LCD и обработкой полученных микрофотографий с помощью программного обеспечения J Micro Visionv 1.27. Мощность, потребляемая аппаратом, определялась при помощи ваттметра, входящего в состав измерительного комплекта К-505.

Результаты и их обсуждение

Выделим основные виды энергозатрат в РПА. При обработке жидких дисперсных систем с твердой фазой в РПА полезно затрачиваемой энергией является работа на разрушение частиц дисперсной фазы, так как он является диспергатором по своему технологическому предназначению. Кроме того, значительная энергия затрачивается на перемещение обрабатываемой среды через аппарат и нагрев обрабатываемого материала.

Энергию, затрачиваемую на разрушение частиц дисперсной фазы в РПА $W_Р$, Дж, можно представить в следующем виде

$$W_р = W_о - (W_П + W_К) - W_т, \quad (1)$$

где $W_О$ – полная энергия, Дж; $W_П$ – работа, затрачиваемая на создание напора, Дж; $W_К$ – работа, затрачиваемая на сообщение потоку среды скорости, Дж; $W_Т$ – комплексные затраты энергии, выраженные нагревом среды, Дж.

Энергия, затрачиваемая на создание напора $W_П$, Дж, определяется по формуле

$$W_П = ΔП = (P_{вых} - P_{вх}) / ρg, \quad (2)$$

где ΔП – изменение потенциальной энергии потока среды; $P_{вых}$ – давление в выходном патрубке аппарата, м; $P_{вх}$ – давление во входном патрубке аппарата, м.

Энергия, затрачиваемая на сообщение потоку обрабатываемой среды скорости $W_{К,}$ Дж, определяется по формуле

$$W_к = ΔК = H_{sc} - H_{sp}, \quad (3)$$

где ΔК – изменение кинетической энергии потока среды; H_{sc}– скоростной напор в зоне между статором и корпусом аппарата, H_{sp} – скоростной напор в полости ротора.

Энергетические затраты на нагрев среды представим в следующем виде

$$W_Т = cρVΔt, \quad (4)$$

где с – удельная теплоемкость среды, кДж/(кг·°С); ρ – плотность среды, кг/м^3; Δt – изменение температуры среды при обработке, °С.

Коэффициент полезного действия процесса разрушения η, %, определяется по формуле

$$\eta = \frac{W_р}{W_о} \cdot 100\%. \quad (5)$$

Приняв, что потери в электродвигателе, приводном механизме и внутренние потери будут одинаковы как при работе аппарата под нагрузкой при обработке дисперсной системы, так и при работе аппарата, заполненного водой, не содержащей каких-либо частиц, затраты мощности на разрушение дисперсной фазы представим в следующем виде

$$W_р = W_{пр}^{об} - W_в^{об}, \quad (6)$$

где $W_{пр}^{об}$ – общие затраты энергии при обработке дисперсной системы, Дж; $W_в^{об}$ – общие затраты энергии при работе аппарата, заполненного водой, Дж.

В качестве параметра, характеризующего продолжительность воздействия РПА на обрабатываемый материал, целесообразно использовать кратность обработки, представляющую собой количество циклов, которое проходит объем материала через аппарат за определенный промежуток времени при заданной производительности и времени обработки. Кратность обработки K_o определяется следующим выражением:

$$K_о = \frac{Q\tau}{V_с}, \quad (7)$$

где Q – объемный расход обрабатываемого продукта через аппарат, м^3/с; τ – время обработки, с; $V_с$ – объем обрабатываемого продукта, м^3.

Предварительные эксперименты показали, что экспериментальный РПА достигает кавитационного режима при 1800–1900 об/мин. В этой связи определение потребляемой мощности проводили при постоянной частоте вращения ротора аппарата n = 1560 об/мин. Снятие показаний ваттметра производили с интервалом 60 секунд. В дальнейшем показания времени были пересчитаны в кратность обработки в соответствии с формулой (7).

На рис. 2 представлены графики зависимости потребляемой аппаратом мощности при работе аппарата с водой, не содержащей посторонних включений – чистой жидкостью (кривая 2), с модельной смесью – суспензией с заданной концентрацией дисперсной фазы (кривая 1) и мощности, затрачиваемой на измельчение (кривая 3) в зависимости от кратности обработки при фиксированной частоте вращения ротора.

При работе аппарата с модельной смесью затраты мощности линейно убывают при кратности обработки в диапазоне от 0 до 100. При $K_о > 100$ затраты мощности остаются постоянными, при этом процесс измельчения частиц дисперсной фазы прекращается и дальнейшее увеличение степени измельчения возможно при увеличении частоты вращения ротора.

При работе аппарата с чистой водой стационарный режим работы аппарата достигается при кратности обработки более 40. Предположительно, чистая жидкость больше не поглощает внешнюю механическую энергию, и ее механоактивация при установленных параметрах работы РПА завершена. В дальнейшем потребляемая мощность затрачивается только на создание напора и перемещение обрабатываемой среды через аппарат. На рис. 3 представлены графики зависимости температуры обрабатываемой среды в циркуляционной емкости в зависимости от кратности обработки.

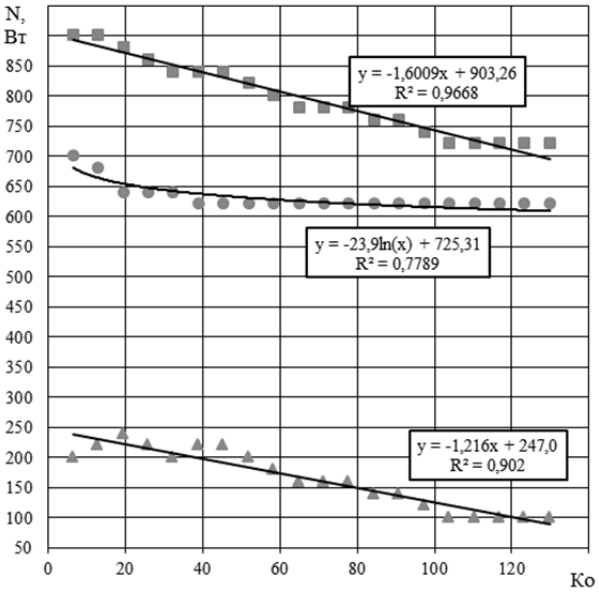


Рис. 2. Зависимость мощности, потребляемой РПА, от кратности обработки:
■, ●, ▲ – экспериментальные данные;
▬ аппроксимация; ■ – затраты мощности при работе аппарата с модельной смесью; ● – затраты мощности при работе аппарата с водой; ▲ – затраты мощности на измельчение дисперсной фазы

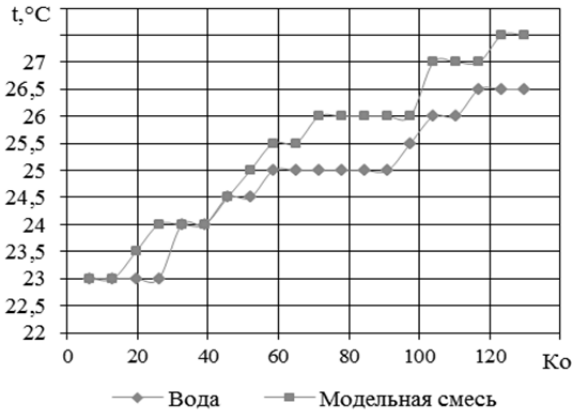


Рис. 3. Зависимость температуры обрабатываемой среды от кратности обработки

Из графиков на рис. 3 видно, что зависимость изменения температуры при работе с чистой водой и модельной смесью имеет одинаковый характер, что говорит о незначительном вкладе вязкости модельной смеси (при используемой массовой концентрации) на затраты энергии на процесс перемещения модельной смеси через аппарат. При обработке модельной смеси затрачиваемая мощность с увеличением кратности обработки снижается глав-

ным образом за счет уменьшения размеров частиц дисперсной фазы.

На рис. 4 представлена графическая зависимость КПД процесса диспергирования η, %, от кратности обработки модельной смеси в РПА.

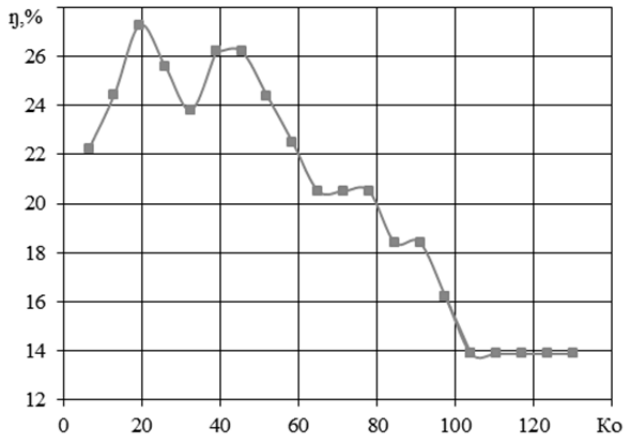


Рис. 4. Зависимость КПД процесса разрушения от кратности обработки модельной смеси в РПА

Анализ графика показывает, что до кратности 40 процесс протекает нестационарно, что может быть пояснено одновременностью механоактивации дисперсионной среды и диспергированием дисперсной фазы. В дальнейшем диспергирование продолжается, и одновременно формируется структура дисперсной системы на молекулярном уровне.

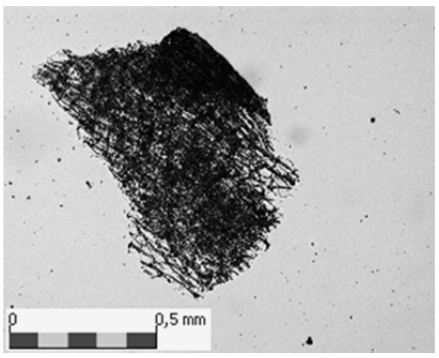
Главным технологическим параметром для оценки работы и расчета диспергаторов является степень измельчения *i*, представляющая собой отношение среднего характерного размера частиц до и после измельчения.

Для технологического расчета оборудования необходимо знать характер зависимости степени измельчения от продолжительности обработки.

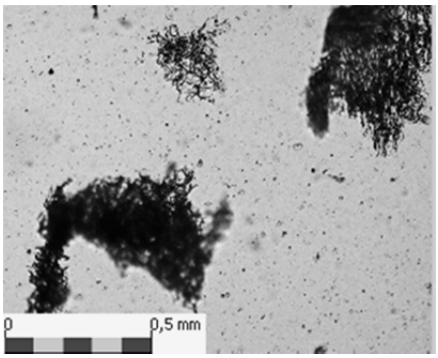
Определение размера частиц дисперсной фазы модельной смеси осуществляли с использованием программного обеспечения J Micro Vision 1.27. Частицы дисперсной фазы модельной жидкости представляют собой тонкие хлопья различной формы и длины, поэтому в качестве параметра, характеризующего размер частиц дисперсной фазы, использовался эквивалентный цилиндрический диаметр $d_{экв}$, мм, что позволит применять полученные данные при дальнейших технических расчетах.

Для проведения микроскопирования проводили отбор проб исследуемой модельной смеси до обработки и при обработке с кратностью 32,5; 65; 130. Микрофотографии получали при увеличении в 40 раз. Размер микрофотографий – 3264 × 2448 пикселей, разрешение – 72 пикселя/дюйм. Для перехода к физическим единицам измерения осуществлялась калибровка с использованием объекта-микрометра.

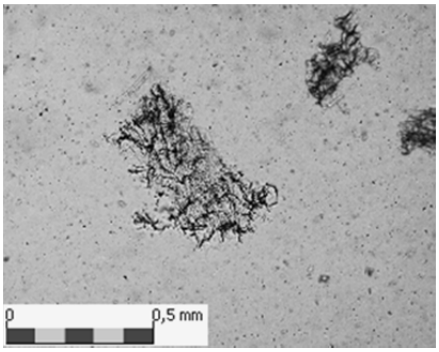
На рис. 5 представлены микрофотографии частиц дисперсной фазы модельной смеси при различной кратности обработки.



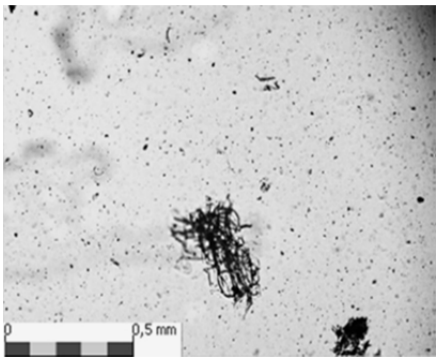
а



б



в



г

Рис. 5. Микрофотографии частиц дисперсной фазы при различной кратности обработки в РПА: а – до обработки; б – Ко = 32,5; в – Ко = 65; г – К = 130

В результате обработки данных анализа микрофотографий в среде MS Excel были построены гистограмы распеределения частиц дисперсной фазы по размерам, представленные на рис. 6.

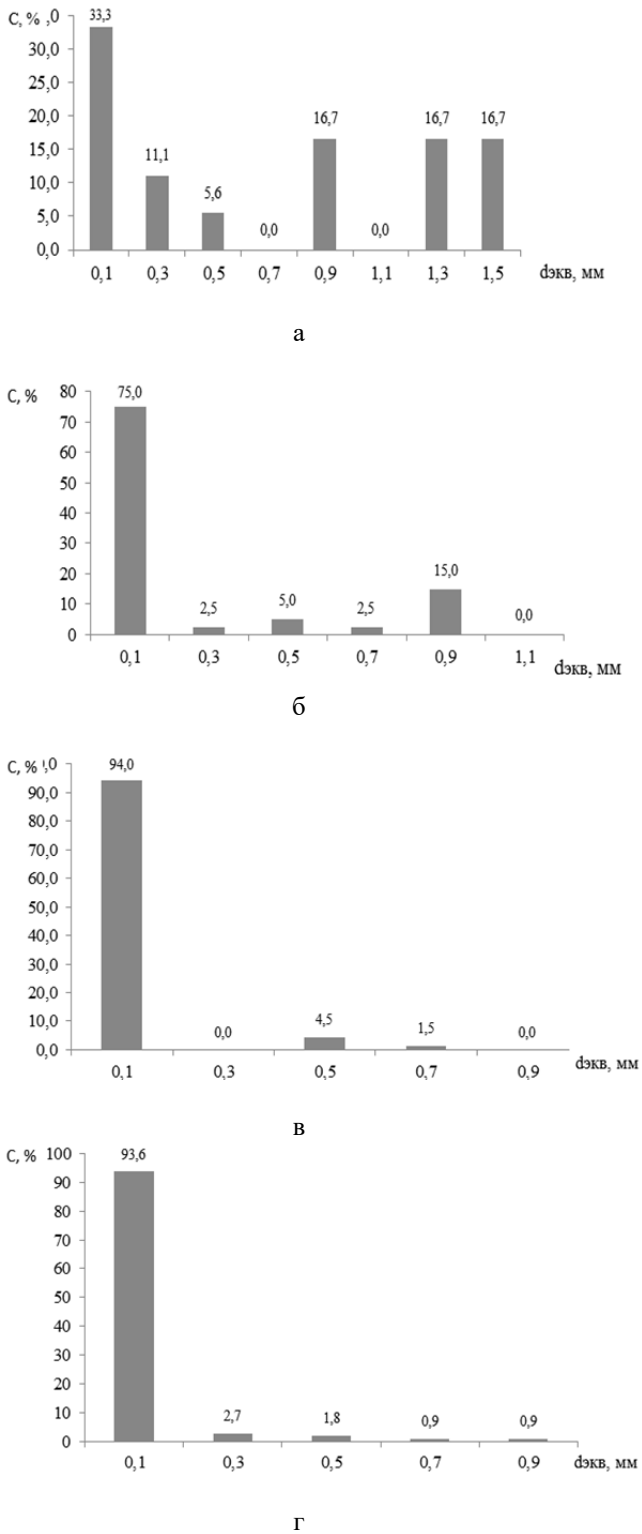


Рис. 6. Гистограммы дисперсной фазы при разной кратности обработки $К_о$:
а – до обработки; б – $К_о$ = 32,5; в – $К_о$ = 65; г – $К_о$ = 130

Модельная смесь до обработки в РПА представляет собой полидисперсную систему, в которой присутствует 33,4 % частиц с размером более 1,00 мм. Средний размер частиц составляет 0,71 мм. После 32,5 циклов обработки содержание частиц с размером до 0,10 мм увеличивается приблизительно в два раза и состаляет 75 %, средний размер частиц дисперсной фазы составляет 0,26 мм, степень измельчения – 2,70. После 65 циклов обработки модельная смесь становится более гомогенной, содержание частиц размером до 0,10 мм составляет 94 %, средний размер частиц – 0,13 мм, степень измельчения – 5,46. После 130 циклов средний размер частиц дисперсной фазы составляет 0,12 мм, степень измельчения – 5,90.

В диапазоне изменения кратности обработки с 65 до 130 не происходит значительного повышения гомогенности модельной смеси и уменьшения среднего размера частиц, и, учитывая результаты определения мощности затрачиваемой на измельчение, рационально прекратить процесс измельчения при Ко = 100, поскольку в дальнейшем процесс измельчения частиц дисперсной фазы не протекает, о чем говорит прямой участок на кривой 3 (рис. 2). Дальнейшего увеличения степени измельчения возможно достичь за счет увеличения градиента скоростей, которое достигается главным образом увеличением частоты вращения ротора.

Для определения рациональных режимов работы роторных диспергаторов необходимо иметь представление об удельных затратах энергии, затрачиваемой на измельчение единичного объема обрабатываемой дисперсной системы, в зависимости от степени измельчения и кратности обработки.

Энергоемкость процесса диспергирования Э, кВт · ч / кг, с учетом степени измельчения *i* определяют по формуле [10]

$$Э = \frac{N_д}{Q \cdot i}, \qquad (8)$$

где $N_д$ – затраты мощности на диспергирование, Вт; Q – производительность диспергатора, кг/ч.

В то же время полезная мощность затрачивается не только на измельчение дисперсной фазы, но и на изменение физико-механических свойств обрабатываемого продукта и структурообразование устойчивой дисперсной системы.

Выразив производительность РПА из формулы (7) и приняв, что $N_д = W_р = W_{пр}^{об} - W_в^{об}$, представим интегральные затраты энергии на диспергирование и образование устойчивой дисперсной системы N_u, кВт · ч/м^3 следующим образом:

$$N_u = \frac{(W_{пр}^{об} - W_в^{об}) \cdot \tau}{K_o \cdot V_c \cdot i}. \qquad (9)$$

После проведения расчета по формуле (9) для известных значений кратности обработки и соответствующей ей степени измельчения получено следующее аппроксимирующее выражение: $y = 1809{,}3x^{-1{,}064}$, с величиной достоверности $R^2 = 0{,}98$.

На рис. 7 представлена зависимость интегральных затрат энергии на диспергирование и формирование дисперсной системы от кратности обработки.

Наиболее эффективно процесс диспергирования протекает до определенного значения кратности

обработки, после которого дальнейшее увеличение времени работы аппарата при данной частоте вращения ротора не проводит к значительному приросту степени измельчения, поскольку количество полезно затрачиваемой мощности снижается, и процесс диспергирования практически прекращается.

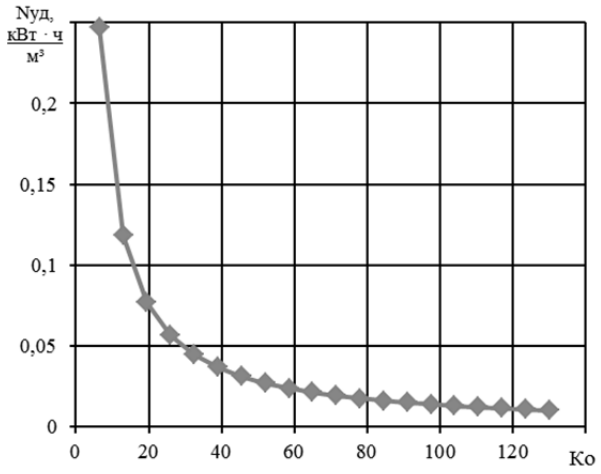


Рис. 7. Зависимость интегральных затрат энергии на диспергирование в РПА от кратности обработки

По результатам проведенных экспериментов и их анализа можно сделать следующие выводы:

- предлагаемый подход к определению удельных энергозатрат связывает затраты полезной мощности на диспергирование с характеристиками процесса – кратностью обработки и степенью измельчения;
- с целью сокращения непроизводительных затрат энергии на диспергирование гетерогенных систем рациональным будет проведение процесса в несколько этапов при различной частоте вращения ротора, необходимо для каждого материала определять время (либо кратность обработки), при котором процесс становится неэффективным по предложенной авторами методике;
- проведенные эксперименты показали, что в промышленных установках целесообразно использовать насосы, компенсирующие затраты энергии РПА на создание скоростного напора, что повысит эффективность РПА как диспергатора;
- предлагаемый подход к определению затрат мощности на измельчение частиц дисперсной фазы включает в себя параметры, легко доступные для непосредственного измерения и не требует применения специализированных средств и методов измерения физических величин.

Список литературы

1. Попов, А.М. О селективном измельчении, селективности измельчения и селективной функции / А.М. Попов, С.Д. Руднев, О.Е. Рыбина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2006. – №. 5. – С. 42–44.

2. Руднев, С.Д. Интенсификация и повышение качества селективной дезинтеграции адгезионным разупрочнением растительной ткани / С.Д. Руднев, Е.Ф. Вайман, А.И. Яремчук // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 2 (17). – С. 50–55.

3. Промтов, М.А. Методы расчета характеристик роторного импульсного аппарата: монография / М.А. Промтов, А.Ю. Степанов, А.В. Алешин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 148 с.

4. Червяков, В.М. Гидродинамические и кавитационные явления в роторных аппаратах: монография / В.М. Червяков, В.Ф. Юдаев. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 128 с.

5. Фесенко, А.В. Анализ энергетических характеристик роторных аппаратов для гидродинамической активации жидкостей / А.В. Фесенко // Вісник НТУ «ХПИ». – 2015. – № 4 (1113). – С. 190–193.

6. Фесенко, А.В. Особенности обработки жидкостей в роторных активаторах / А.В. Фесенко, Ю.Н. Любимый, М.И. Гасанов // Вісник НТУ «ХПИ». – 2012. – № 53 (959). – С. 19–30.

7. Иванец, В.Н. Интенсификация процессов гомогенизации и диспергирования при получении сухих, увлажненных и жидких комбинированных продуктов / В.Н. Иванец, И.А. Бакин, Г.Е. Иванец // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – №. 3 (26). – С. 34-45.

8. Волков, В.А. Эффективность современного оборудования для производства зерновой патоки / В.А. Волков // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 1 (38). – С. 351–354.

9. Scheibe, W. Formation and dispersion of agglomerates during dry fine grindings / W. Scheibe // ZKG International. – 1991. – no. 2. – Pp. 57–62.

10. Определение удельного расхода энергии на процесс дробления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kalxoz.ru/str/12drobilki2.htm. (дата обращения: 28.11.2016).

References

1. Popov A.M., Rudnev S.D., Rybina O.E. O selektivnom izmel'chenii, selektivnosti izmel'cheniya i selektivnoy funktsii [On the selective milling, grinding and selective selectivity function]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [News institutes of higher Education. Food technology], 2006, no. 5, pp. 42–44.

2. Rudnev S.D., Vayman E.F., Yaremchuk A.I. Intensifikatsiya i povyshenie kachestva selektivnoy de-zintegratsii adgezionnym razuprochneniem rastitel'noy tkani [Intensification and quality improvement of selective disintegration with adhesive softening of plant tissue]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2010, vol. 17, no. 2, pp. 50–55.

3. Promtov M.A., Stepanov A.Yu., Aleshin A.V. *Metody rascheta kharakteristik rotornogo impul'snogo apparata* [Methods for calculating the rotary pulse machine]. Tambov: TGTU Publ., 2015. 148 p.

4. Chervyakov V.M., Yudaev V.F. *Gidrodinamicheskie i kavitatsionnye yavleniya v rotornykh apparatakh* [Hydrodynamic cavitation phenomena and in rotary machines]. Moscow: Mashinostroenie-1 Publ., 2007. 128 p.

5. Fesenko A.V. Analiz energeticheskikh kharakteristik rotornykh apparatov dlya gidrodinamicheskoy aktivatsii zhidkostey [Analysis of energy characteristics of rotary devices for hydrodynamic activation of liquids]. *Visnik NTU «KhPI»* [The Bulletin of NTU «KhPI»], 2015, no. 4, pp. 190–193.

6. Fesenko A.V., Lyubimyy Yu.N., Gasanov M.I. Osobennosti obrabotki zhidkostey v rotornykh akti-vatorakh [Features in rotary fluid handling activators]. *Visnik NTU «KhPI»* [The Bulletin of NTU «KhPI»], 2012, no. 53, pp. 19–30.

7. Ivanets V.N., Bakin I.A., Ivanets G.E. Intensifikatsiya protsessov gomogenizatsii i dispergirovaniya pri poluchenii sukhikh, uvlazhnennykh i zhidkikh kombinirovannykh produktov [Intensification of homogenization and dispersion processes when obtaining dry, moistened and liquid composite foodstuffs] *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2012, vol. 26, no. 3, pp. 34–45.

8. Volkov V.A. Effektivnost' sovremennogo oborudovaniya dlya proizvodstva zernovoy patoki [Effectiveness of modern equipment for grain molasses]. *Mir nauki, kul"tury, obrazovaniya* [The world of science, culture and education], 2013, vol. 38, no.1, pp. 351–354.

9. Scheibe W. Formation and dispersion of agglomerates during dry fine grindings. *ZKG International*., 1991, no. 2, pp. 57–62.

10. *Opredelenie udel'nogo raskhoda energii na protsess drobleniya* [Determination of specific energy consumption in the process of crushing]. Available at: http://kalxoz.ru/str/12drobilki2.htm. (accessed 28 November 2016).

Дополнительная информация / Additional Information

Руднев, С.Д. Анализ работы и исследование энергетических характеристик роторного диспергатора / С.Д. Руднев, М.А. Козлов, Р.В. Крюк // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 73–80.

Rudnev S.D., Kozlov M.A., Kryuk R.V. Analysis of operation and research of the energy characteristics rotary disperser. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 73–80 (In Russ.).

Руднев Сергей Дмитриевич
д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

Козлов Марк Андреевич
аспирант кафедры машин и аппаратов пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47,
e-mail: m1tt@mail.ru

Крюк Роман Владимирович
магистрант кафедры машин и аппаратов пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

Sergey D. Rudnev
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of machines and apparatus for food production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

Mark A. Kozlov
Postgraduate Student of the Department of machines and apparatus for food production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: m1tt@mail.ru

Roman V. Kryuk
Master student of the Department of machines and apparatuses of food production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

УДК 664. 162.036/621.034

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА КИНЕТИКУ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГЛЮКОЗЫ

Л.С. Хворова*, Н.Р. Андреев, Д.Н. Лукин

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов», 140051, Россия, Московская обл., Люберецкий район, пос. Красково, ул. Некрасова, 11

**e-mail: Dekstrosa@rambler.ru*

Дата поступления в редакцию: 19.10.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. Глюкоза является важнейшим пищевым продуктом и лекарственным средством, производство которой в России отсутствует. Исследования проводились с целью интенсификации процесса кристаллизации глюкозы и организации ее производства в порядке импортозамещения. Технология производства глюкозы отличается сложностью и длительностью процессов кристаллизации. Стадия зародышеобразования кристаллов глюкозы мало изучена, а существующие способы ускорения зародышеобразования и роста кристаллов обладают рядом недостатков, приводящих к снижению качества глюкозы и производительности оборудования. Проведены исследования по определению влияния алифатических спиртов на поверхностное натяжение глюкозных растворов, зародышеобразование и рост кристаллов. Установлено снижение поверхностного натяжения глюкозных растворов в 2,5 раза под влиянием испытанных в качестве ПАВ алифатических спиртов пропанола, бутанола, изобутанола и изопропанола. В опытах по зародышеобразованию индукционный период для чистых глюкозных растворов составил 210 мин, с применением пропанола 120 мин, при добавлении затравочных кристаллов 0,01 % индукционный период составлял 15–20 мин, а в присутствии затравочных кристаллов и пропанола образование зародышей начиналось сразу, без индукционного периода. Ускорение кристаллизации под влиянием спиртов наблюдалось и на стадии роста кристаллов, что подтверждается более глубоким истощением глюкозного раствора до концентрации сухих веществ 60,2–60,3 % и высоким содержанием кристаллов в конце кристаллизации 11,64–11,88 %. Кристаллы ангидридной и гидратной глюкозы в среде абсолютных спиртов оставались стабильными по размеру и форме на протяжении 12 месяцев. Результаты исследований имеют важное значение для теории и практики глюкозного производства, позволяют получить затравочные суспензии кристаллов с длительным сроком хранения и интенсифицировать процесс кристаллизации глюкозы.

Ключевые слова. Глюкоза, утфель, зародышеобразование, кристаллизация, поверхностно-активные вещества, алифатические спирты, поверхностное натяжение

EFFECT OF SURFACTANTS ON KINETICS OF DEXTROSE CRYSTALLIZATION

L.S. Khvorova*, N.R. Andreev, D.N. Lukin

All-Russian Research Institute of Starch Products, 11, Nekrasova Str., Kraskovo, 140051, Russia

**e-mail: Dekstrosa@rambler.ru*

Received: 19.10.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. Dextrose (glucose) is a very important food and a medicinal product not produced in Russia. The aim of this investigation is to intensify crystallization of dextrose and its further production for import substitution. Dextrose production technology is characterized by complicacy and durability of crystallization. The stage of crystal nucleation is poorly studied, while common methods to accelerate nucleation and crystal growth have some drawbacks leading to lower dextrose quality and equipment capacity. The experiments to determine the influence of aliphatic alcohols on surface tension of dextrose solutions, nucleation and crystal growth have been carried out. Added surfactants (propanol, butanol, isobutanol, isopropanol) decrease surface tension of dextrose solutions in 2.5 times. For pure dextrose solutions the induction period of nucleation is 210 min but added propanol decreases this period up to 120 min. The induction period is 15–20 min when 0.01% of crystal seeds are addles. The induction period of nucleation is not observed when crystal seeds are added together with propanol. Acceleration of crystallization under the influence of alcohol is observed at the stage of crystal growth as the evidence of a more profound depletion of dextrose solution to DS 60.2–60.3% and a high content of crystal of 11.64–11.88 % at the end of crystallization. Crystal size and shape of anhydrous and hydrated dextrose remain stable in the medium of absolute alcohols throughout 12 months of storage. The obtained results are important for the theory and practice of dextrose production as they make it possible to accelerate dextrose crystallization and develop new types of crystal seeds having long storage life.

Key words. Dextrose, massecuite, nucleation, crystallization, surfactants, aliphatic alcohols, surface tension

Введение

Глюкоза является важнейшим пищевым продуктом и лекарственным средством. Ее широко применяют в медицинской практике при больших потерях крови, сердечной слабости, шоке и других болезнях, используют в качестве энергетического средства в спортивном питании, как наполнитель при изготовлении многих таблетированных лекарственных средств. Она применяется для получения сорбита, аскорбиновой и других кислот, а также для приготовления ветеринарных препаратов.

Сырьем для производства кристаллической глюкозы являются глюкозные сиропы, получаемые при гидролизе крахмала.

Наиболее сложной стадией производства кристаллической глюкозы является кристаллизация. В зависимости от температурных условий глюкоза кристаллизуется в гидратной α-форме и в ангидридной α- и β-формах. Кристаллы гидратной глюкозы образуются при температуре ниже 50 °С, ангидридной α-формы – в температурном интервале 50–110 °С, а кристаллы β-формы – при температуре выше 110 °С.

Процесс кристаллизации принято разделять на две стадии: зародышеобразование и рост кристаллов. При этом зародышеобразование является наименее изученным из этих двух процессов, определяющих результат кристаллизации, и наиболее сложной стадией для теоретического описания. При кристаллизации глюкозы также особые затруднения наблюдаются на стадии зародышеобразования, из-за чего применение готовых кристаллических затравок является необходимым условием проведения успешной кристаллизации. Скорость зародышеобразования оказывает существенное воздействие и на распределение частиц по размерам готового продукта.

Различают три основные разновидности процесса зародышеобразования: первичное гомогенное, первичное гетерогенное и вторичное гетерогенное. Для глюкозного производства характерными являются первичный и вторичный гетерогенный механизмы зародышеобразования.

При кристаллизации глюкозы в ангидридной форме в изотермических условиях (по методу уваривания утфелей в вакуум-аппарате) заводка кристаллов происходит быстро при расходе затравочных кристаллов около 20 г на тонну сиропа, однако по количеству образующихся кристаллов процесс является трудно контролируемым, что приводит к отклонению от оптимального режима кристаллизации и получению неоднородных утфелей [1]. При кристаллизации ангидридной глюкозы в политермических условиях (охлаждением утфелей в кристаллизаторе) образование зародышей происходит значительно медленнее и приводит не только к неоднородности кристаллов, но и к увеличению продолжительности процесса кристаллизации [2]. Из-за этого в условиях производственной кристаллизации потребность в количестве затравочных кристаллов возрастает.

При получении кристаллов гидратной глюкозы в промышленных условиях процесс кристаллизации наиболее затяжной, требует внесения затравочных кристаллов в количестве, удовлетворяющем полную потребность в центрах кристаллизации. В связи с этим широко распространенный способ применения затравки в виде 25–30 % утфеля (содержащего 10–15 % кристаллов) от предыдущего цикла работы кристаллизатора снижает полезный объем кристаллизатора на 35–40 %, способствует размножению нежелательной микрофлоры и ухудшению качества глюкозы [3].

Согласно теории кристаллизации, размер радиуса критического зародыша r_k находится в прямой зависимости от поверхностного натяжения σ и обратной зависимости от степени пересыщения раствора [4]. Зависимость радиуса критического зародыша от указанных параметров представлена в виде уравнения [5]:

$$r_k = 2\sigma / RT \ln(C_p / C_n), \qquad (1)$$

где R – газовая постоянная; T – абсолютная температура; C_p – концентрация пересыщенного раствора; C_n – концентрация насыщенного раствора.

Из уравнения следует, что чем выше поверхностное натяжение раствора и ниже его степень пересыщения, тем больше радиус критического зародыша и время его образования. Следовательно, изменяя поверхностное натяжение растворов, можно влиять на процесс кристаллизации различных веществ. Использование поверхностно-активных веществ – ацетилированных моноглицеридов дистиллированных (АМГД) – при кристаллизации сахарозы [6] позволяет понизить поверхностное натяжение и вязкость сахарных растворов, улучшить условия кристаллизации сахарозы и отделения маточного раствора от кристаллов при центрифугировании [7].

Целью экспериментальных исследований было определение влияния поверхностно-активных веществ (ПАВ) на поверхностное натяжение глюкозных растворов, кинетику кристаллизации глюкозы для создания новых видов и способов затравок для промышленного использования.

Объекты и методы исследований

Определение величины поверхностного натяжения растворов проводили по методу измерения максимального давления в газовом пузырьке [8]; концентрацию сухих веществ в сиропе и утфеле определяли на рефрактометре ИРФ-454; изменение формы и размера кристаллов контролировали с помощью микроскопа DMLN (фирмы Leica); процесс зародышеобразования контролировали по изменению прозрачности раствора на фотоколориметре КФК-2. В качестве установок для проведения опытов по кристаллизации использовали роторный испаритель EVELA N-1100 (фирмы «Tokai Togio») и лабораторную установку с горизонтальными кристаллизаторами объемом 1 и 5 л.

Результаты и их обсуждение

При проведении опытов по определению поверхностного натяжения глюкозных растворов после математической обработки результатов в программе Table Curve 3D представлена в виде уравнения эмпирическая зависимость поверхностного натяжения чистых глюкозных растворов σ от концентрации сухих веществ (CB) и температуры t:

$$\sigma = 80.49 \cdot e^{\frac{0.013 \cdot CB^2}{(100-CB)^2} - 0.00309 \cdot t} \quad (2)$$

Из уравнения следует, что поверхностное натяжение глюкозных растворов возрастает с повышением концентрации сухих веществ в растворах и с понижением их температуры.

Влияние алифатических спиртов на поверхностное натяжение глюкозных растворов. Результаты испытаний влияния ПАВ (пропанола, изопропанола, изобутанола и пропиленгликоля) на поверхностное натяжение глюкозных растворов представлены на рис. 1.

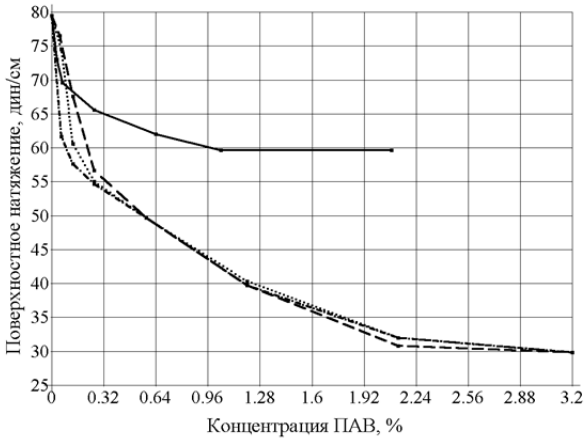


Рис. 1. Изотермы поверхностного натяжения глюкозных растворов (СВ растворов 64,5 %; t = 40 °С) в присутствии спиртов и их производных: —— пропиленгликоль; - - - изобутанол; — — — изопропанол; — . — . — пропанол

Испытанные спирты заметно понижают поверхностное натяжение глюкозных растворов. Быстрое понижение поверхностного натяжения почти в 1,5 раза наблюдается при концентрации ПАВ до 0,25 %, при повышении концентрации ПАВ (пропанола, изопропанола, изобутанола) до 2 % поверхностное натяжение сиропа понижается более чем в 2,5 раза. Поверхностное натяжение глюкозного раствора в присутствии пропиленгликоля снижается в 1,5 раза при концентрации 1%, и дальнейшее увеличение его концентрации не приводит к снижению поверхностного натяжения.

Испытания по определению поверхностного натяжения глюкозных растворов при дозировках ПАВ 1–5 % по массе растворов проведены и для других спиртов, результаты которых при дозировке ПАВ 2 % представлены в табл. 1.

Таблица 1

Поверхностное натяжение глюкозных растворов (дин/см) в зависимости от вида спиртов при их дозировке 2 % по массе растворов

Название ПАВ	Раствор с ПАВ
Раствор без ПАВ	79,5
Пропиленгликоль	60
Бутилацетат	42,74
Этанол	41,74
Этилацетат	35
Изобутанол	32
Пропанол	31,9
Изопропанол	30,8
Бутанол	27

Из таблицы видно, что наибольший понижающий эффект на поверхностное натяжение глюкозных растворов оказывают бутанол, пропанол, изобутанол, изопропанол. Поверхностно-активные свойства спиртов возрастают с увеличением размера углеводородного радикала и снижением растворимости в воде.

Влияние ПАВ на кинетику кристаллизации глюкозы на стадии зародышеобразования. Результаты опытов по определению влияния ПАВ (на примере пропанола) на зародышеобразование глюкозы с контролем по изменению прозрачности раствора с течением времени представлены на рис. 2.

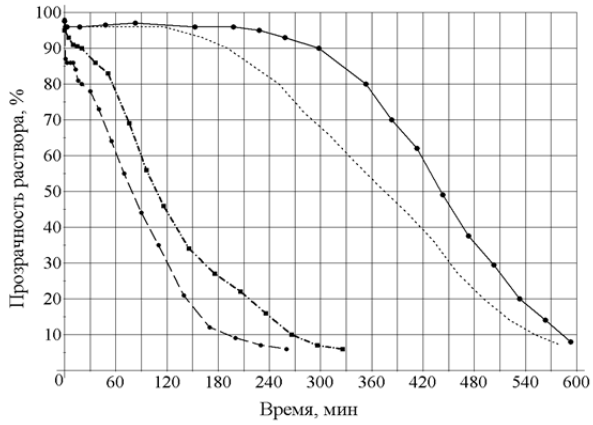


Рис. 2. Изменение прозрачности раствора глюкозы в период зародышеобразования при температуре 40 °С и коэффициенте пересыщения 1,25: —— чистый раствор глюкозы; с добавкой по массе раствора: - - - пропанола 1 %; — . — кристаллов глюкозы 0,01 %; — — пропанола 1 % + кристаллов глюкозы 0,01 %

Кривая прозрачности чистого раствора глюкозы была практически неизменной на протяжении 210 мин, что характеризует длительность индукционного периода.

По мере возникновения зародышей прозрачность раствора стала понижаться и резко падать через 300 мин, а через 600 мин от начала опыта при значениях прозрачности 6 % показания фотоколориметра оставались неизменными. Кривая прозрачности раствора глюкозы с добавкой пропанола имеет отрезок времени, соответствующий

индукционному периоду, около 120 мин, т.е. на 90 мин меньше по сравнению с чистым раствором, что указывает на ускорение процесса образования зародышей в присутствии пропанола. Кривая прозрачности раствора глюкозы с добавкой 0,01 % затравочных кристаллов глюкозы имеет иной характер, демонстрирующий более активное ускорение процесса зародышеобразования. Снижение длительности индукционного периода до 15–20 мин и времени достижения минимальной критической прозрачности с 600 до 300 мин указывает на значительное снижение затрат работы на образование новой фазы. При этом лишь часть работы расходуется на энергозатратное образование новых зародышей, другая часть расходуется на кинетическую составляющую образования новой фазы на готовых центрах кристаллизации, требующую меньших затрат энергии. Кривая прозрачности, относящаяся к раствору с добавкой затравочных кристаллов и пропанола, показывает самое интенсивное снижение прозрачности раствора. Образование новых зародышей начинается практически сразу (без индукционного периода) после смешивания раствора с пропанолом и затравкой, а время достижения минимальной прозрачности сокращается на 60–90 мин по сравнению с применением только затравочных кристаллов.

Влияние ПАВ на кинетику кристаллизации глюкозы на второй стадии – роста кристаллов. Исследования по определению влияния ПАВ на рост кристаллов при температуре 40 °С проводили с использованием роторного испарителя. В колбу с раствором глюкозы вносили спирты при дозировке от 1 до 5 % и готовые кристаллы глюкозы в количестве 5 % по массе раствора. Процесс кристаллизации проводили до состояния межкристального раствора, приближенного к насыщенному.

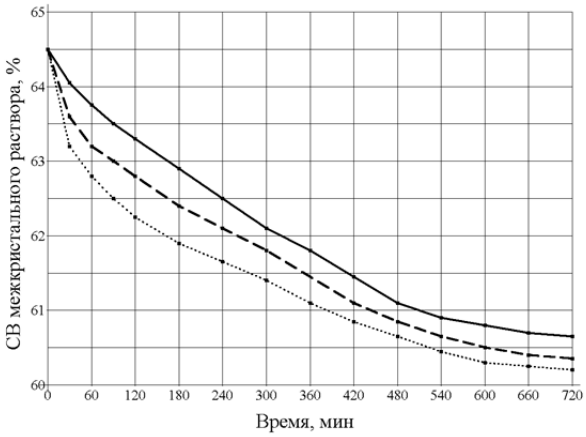


Рис. 3. Влияние концентрации пропанола на кинетику кристаллизации глюкозы (изменение концентрации СВ межкристального раствора):
—— чистый глюкозный раствор; с добавкой пропанола:
— — 3 % , - - - 5 %

На рис. 3 представлены кривые истощения глюкозного раствора в зависимости от добавки испытуемых ПАВ на примере пропанола.

Из рисунка следует, что глюкозные растворы с добавкой пропанола кристаллизуются быстрее, что подтверждается более глубоким истощением растворов от СВ 64,5 % до 60,2–60,3 % в сравнении с чистым раствором глюкозы, истощенным до 60,65 % СВ. С повышением концентрации пропанола интенсивность процесса кристаллизации возрастает. Подобные зависимости получены и при испытании других алифатических спиртов, сравнительные результаты которых представлены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние алифатических спиртов (при добавке 5 %) на процесс кристаллизации глюкозы на стадии роста кристаллов

ПАВ	СВ в растворе,%			% кристаллов в растворе через 720 мин
	исходный раствор глюкозы	через 540 мин кристаллизации	через 720 мин кристаллизации	
Глюкоза	64,5	60,8	60,65	10,98
Бутанол	64,5	60,6	60,3	11,64
Изобутанол	64,5	60,8	60,3	11,64
Пропанол	64,5	60,45	60,2	11,88
Изопропанол	64,5	60,5	60,5	11,14
Пропиленгликоль	64,5	61,1	60,8	10,38
Глицерин	64,5	61,3	61,2	9,35

Из табл. 2 следует, что наиболее глубокое истощение сиропа по сухим веществам достигнуто с применением бутанола, изобутанола, пропанола. Это подтверждается наиболее низким содержанием сухих веществ в межкристальном растворе (60,2–60,3 %) и высоким содержанием кристаллов в конце кристаллизации (11,64–11,88 %). Содержание кристаллов *К,* %, вычисляли по формуле:

$$K = \frac{(\text{СВ} - \text{СВ}_0)\cdot 100\cdot 100}{(100 - CB_0)\cdot 91}, \qquad (3)$$

где СВ в исходном растворе, %; СВ_0 в межкристальном растворе, %; 91 – СВ в кристаллах гидратной глюкозы, %.

Степень истощения раствора в присутствии пропиленгликоля и глицерина заметно ниже, о чем свидетельствуют повышенное содержание сухих веществ в межкристальном растворе (60,8 и 61,2 % соответственно) и пониженное содержание кристаллов (9,35 и 10,38 %).

В опытах по исследованию влияния ПАВ на рост кристаллов наряду с алифатическими спиртами, приведенными в табл. 2, испытывались также ацетилированные моноглицериды дистилированные (АМГД).

На рис. 4 представлены результаты истощения межкристального раствора в процессе кристаллизации глюкозы в зависимости от концентрации АМГД. Сплошная линия среди кривых относится к кристаллизации чистого раствора глюкозы. Остальные пунктирные кривые в зависимости от концентрации АМГД расположились выше

сплошной линии, что свидетельствует о повышенном содержании СВ в межкристальных растворах и указывает на тормозящее воздействие АМГД на процесс кристаллизации глюкозы.

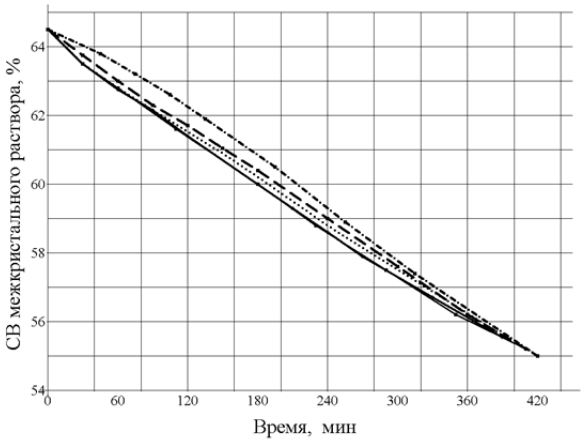


Рис. 4. Влияние АМГД на процесс кристаллизации глюкозы при температуре 40 °С:
—— чистый раствор глюкозы; с добавкой АМГД:
- - - 0,0005 %; — — — 0,0055 % ; —·—·—0,08 %

Исследование влияния ПАВ на стабильность кристаллов глюкозы при хранении. С целью создания новых видов кристаллических затравок испытаны образцы смесей кристаллов глюкозы со спиртами в соотношении 60:40 с определением воздействия спиртов на кристаллы при температуре 15–20 °С на протяжении 12 мес.

При хранении гидратной глюкозы в пропиленгликоле, глицерине имело место частичное растворение кристаллов, их распад на мелкие частицы; в разбавленных спиртах наблюдалась рекристаллизация с укрупнением кристаллов. При хранении кристаллов ангидридной глюкозы в 96%-ном этаноле или в других спиртах, разбавленных водой или насыщенными растворами глюкозы, происходит разрушение кристаллов ангидридной глюкозы с превращением ее в гидратную.

Кристаллы ангидридной и гидратной глюкозы в среде абсолютных спиртов (пропанола, изопропанола, бутанола, изобутанола) оставались стабильными по размерам и форме.

Результаты исследований послужили основой для создания затравочных суспензий кристаллов с длительным сроком хранения (заявка на изобретение № 2016139224 от 06.10.2016).

Заключение

Поверхностное натяжение чистых глюкозных растворов уменьшается с повышением температуры и с понижением концентрации сухих веществ. Испытанные в качестве поверхностно-активных веществ алифатические спирты понижают поверхностное натяжение глюкозных растворов, активируют зародышеобразование и ускоряют рост кристаллов.

Кристаллы ангидридной и гидратной глюкозы стабильны в среде абсолютных алифатических спиртов (пропанола, бутанола, изобутанола, изопропанола), что позволяет их хранить и эффективно применять в производстве кристаллической глюкозы.

Результаты исследований имеют важное теоретическое и практическое значение для глюкозного производства, позволяют усовершенствовать процесс кристаллизации глюкозы, снизить его продолжительность и увеличить полезный объем кристаллизаторов, снизить капитальные затраты на оборудование и производственные площади.

Список литературы

1. Хворова, Л.С. Научно-практические основы получения кристаллической глюкозы. – М: Россельхозакадемия, 2013. – 270 с.

2. Андреев, Н.Р. Кинетика зародышеобразования ангидридной глюкозы в изотермических условиях / Н.Р. Андреев, Л.С. Хворова, Н.И. Золотухина // Сахар. – 2010. – № 12. – С. 55–58.

3. Хворова, Л.С. Экономия затравки при кристаллизации глюкозы / Л.С. Хворова // Пищевая пром-сть. – Вып. 2. – 1990. – С. 29–31.

4. Фольмер, М. Кинетика образования новой фазы. – М.: Наука, 1986. – 208 с.

5. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон: пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 568 с.

6. Славянский, А.А. Пищевые ПАВ и их воздействие на кристаллизацию сахарозы и разделение утфеля в центробежном поле / А.А. Славянский, М.Б. Мойсеяк // Сахар. – 2007. – № 6. – С. 27–30.

7. Славянский, А.А. Поверхностно-активные вещества: применение в сахарном производстве / А.А. Славянский, М.Б. Мойсеяк // Сахар. – 2007. – № 3. – С. 32–35.

8. Волков, В.А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы / В.А. Волков. – СПб.: Лань, 2015. – 659 с.

9. Заявка на изобретение № 2016139224 Российская Федерация. МПК[7] С13К1/10, С13К 1/00. Способ получения затравочных суспензий для кристаллизации глюкозы / Хворова Л.С., Андреев Н.Р., Баранова Л.В., Гоменюк В.А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИ крахмалопродуктов: заявл. 06.10.2016.

References

1. Khvorova L.S. *Nauchno-prakticheskie osnovy polucheniya kristallicheskoy glyukozy* [Scientific-practical bases of crystalline dextrose production.]. Moscow: Rossel'khozakademiya Publ., 2013. 270 p.

2. Andreev N.R., Khvorova L.S., Zolotukhina N.I. Kinetika zarodysheobrazovaniya angidridnoy glyukozy v izotermicheskikh usloviyakh [The kinetics of anhydrous glucose nucleation in isothermal conditions]. *Sakhar* [Sugar], 2010, no. 12, pp. 55–58.

3. Khvorova L.S. Ekonomiya zatravki pri kristallizatsii glyukozy [Saving crystal seeds at crystallization of glucose]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food processing industry], 1990, no. 2, pp. 29–31.

4. Fol'mer M. *Kinetika obrazovaniya novoy fazy* [Kinetics of new phase nucleation]. Moscow: Nauka Publ., 1986. 208 p.

5. Adamson A. *Fizicheskaya khimiya poverkhnostey* [Physical chemistry of surfaces]. Moscow: Mir Publ., 1979. 568 p.

6. Slavyanskiy A.A., Moyseyak M.B., Pishchevye PAV i ikh vozdeystvie na kristallizatsiyu sakharozy i razdelenie utfelya v tsentrobezhnom pole [Food surfactants and their influence to sucrose crystallization conditions and separation of massecuite by centrifugation]. *Sakhar* [Sugar], 2007, no. 6, pp. 27–30.

7. Slavyanskiy A.A., Moyseyak M.B. Poverkhnostno-aktivnye veshchestva: primenenie v sakharnom proizvodstve [Surfactants are used at sugar production]. *Sakhar* [Sugar], 2007, no. 3, pp. 32–35.

8. Volkov V.A. *Kolloidnaya khimiya. Poverkhnostnye yavleniya i dispersnye sistemy* [Colloid chemistry. Surface phenomena and dispersed systems]. St. Petersburg: Lan' Publ., 2015. 659 p.

9. Khvorova L.S., Andreev N.R., Baranova L.V., Gomenyuk V.A. *Sposob polucheniya zatravochnykh suspenziy dlya kristallizatsii glyukozy* [A method for producing seed for crystallization of glucose suspensions]. The invention application no. 2016139224 Russian Federation.

Дополнительная информация / Additional Information

Хворова, Л.С. Влияние поверхностно-активных веществ на кинетику кристаллизации глюкозы / Л.С. Хворова, Н.Р. Андреев, Д.Н. Лукин // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 81–86.

Khvorova L.S., Andreev N.R., Lukin D.N. Effect of surfactants on kinetics of dextrose crystallization. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 81–86 (In Russ.).

Хворова Людмила Степановна
д-р техн. наук, заведующая лабораторией технологии глюкозы, ФГБНУ ВНИИ крахмалопродуктов, 140051, Россия, Московская область, п. Красково, ул. Некрасова, 11, тел.: +7 (495) 557-05-09, e-mail: Dekstrosa@rambler.ru

Андреев Николай Руфеевич
д-р техн. наук, член-корр. РАН, научный руководитель ФГБНУ ВНИИ крахмалопродуктов, 140051, Россия, Московская область, п. Красково, ул. Некрасова, 11,
тел.: +7 (495) 557-15-00, e-mail: andreev@arrisp.ru

Лукин Дмитрий Николаевич
канд. экон. наук, директор ФГБНУ ВНИИ крахмалопродуктов, 140051, Россия, Московская область, п. Красково, ул. Некрасова, 11, тел.: +7 (495) 557-15-00,
e-mail: dmitry.lukin@inbox.ru

Ludmila S. Khvorova
Dr.Sci.(Eng.), Head of the Glucose Lab, All-Russian Research Institute of Starch Products, 11, Nekrasova Str., Kraskovo, Moscow Region, 140051, Russia, phone.: +7 (495) 557-05-09,
e-mail: Dekstrosa@rambler.ru

Nikolay R. Andreev
Dr.Sci.(Eng.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Sciences Chief, All-Russian Research Institute of Starch Products, 11, Nekrasova Str., Kraskovo, Moscow Region, 140051, Russia, phone: +7 (495) 557-15-00,
e-mail: andreev@arrisp.ru

Dmitry N. Lukin
Dr.Sci.(Econ.), Director, All-Russian Institute for Starch Products, 11, Nekrasova Str., Kraskovo, Moscow region, 140051, Russia, phone: +7 (495) 557-15-00,
e-mail: dmitry.lukin@inbox.ru

УДК 338.439.62:641.56

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ К ИННОВАЦИОННЫМ НАПИТКАМ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА

О.И. Олиференко, Н.Т. Пехтерева*

АНО ВО «Белгородский университет кооперации, экономики и права», 308023, Россия, г. Белгород, ул. Садовая, д. 116А

**e-mail: kaf-tpt@bukep.ru*

Дата поступления в редакцию: 09.06.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. В России заболевание сахарным диабетом является серьезной проблемой в жизни человека и общества. Лица с диагнозом «сахарный диабет» и лица с наличием предрасположенности к этому заболеванию относятся к социально значимой группе людей, в связи с чем поддержание их здоровья и работоспособности является проблемой актуальной и своевременной. Целью работы является изучение потребительских предпочтений населения, страдающего сахарным диабетом, к инновационным напиткам, корректирующим углеводный обмен веществ. В статье приведены результаты социологического опроса лиц с нарушением углеводного обмена. Установлено, что большинство опрошенных респондентов страдают сахарным диабетом 2-го типа. Сахарный диабет преобладает у лиц в возрастном диапазоне 36–54 года (36 %), 26–35 лет (около 25 %) и более 55 лет (29 %). В каждой возрастной группе сахарный диабет в большей степени распространен среди женщин. По регулярности потребления напитков 25,3 % опрошенных употребляют их ежедневно, 51 % – один раз в неделю. По виду напитков опрошенные отдают предпочтение сокам и нектарам (28,7 %), чайным напиткам (21,7 %) и безалкогольным негазированным напиткам (17 %). Основными критериями при выборе напитков являются вкус и аромат, состав и стоимость. Большинство респондентов знают, что такое обогащенные напитки. Более 80 % опрошенных готовы употреблять обогащенные напитки на основе натурального сырья. Выявлено, что из плодового сырья с низким гликемическим индексом наибольшее количество респондентов предпочитают абрикосы (38 %) и вишню (29 %). Из растительного сырья более предпочтительным является цикорий, а также топинамбур, стевия и лопух. На основании проведенных исследований установлено, что создание инновационных напитков для коррекции углеводного обмена является перспективным.

Ключевые слова. Респонденты, напитки для диабетиков, сахарный диабет, анкета, потребительские предпочтения

STUDY OF CONSUMER PREFERENCES TO INNOVATIVE BEVERAGES FOR CARBOHYDRATE METABILISM IMPROVEMENT

O.I. Oliferenko, N.T. Pekhtereva*

Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 116A, Sadovaya Str., Belgorod, 308023, Russia

**e-mail: kaf-tpt@bukep.ru*

Received: 09.06.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. In Russia, diabetes is a serious problem for human life and society. Persons diagnosed with diabetes and persons with predisposition to this disease belong to a socially significant group of people; therefore the maintenance of their health and performance capability is a relevant and timely issue. The aim of this research is to study consumer preferences of diabetic patients to innovative beverages for carbohydrate metabolism improvement. The article presents the results of a sociological survey of persons with carbohydrate metabolism disorders. It is stated that the majority of respondents are type 2 diabetics. Diabetes is prevalent for individuals in the age range of 36-54 years old (36%), 26-35 years old (about 25%) and over 55 years old (29%). In each age group diabetes is increasingly common among females. By regularity of consumption of beverages 25.3% of the respondents consume them on a daily basis, 51 % – once a week. As far as beverages are concerned, respondents prefer juices and nectars (28.7%), tea beverages (21.7%) and non-carbonated soft drinks (17%). The main criteria for the selection of beverages are taste and aroma, composition and cost. The majority of respondents know what enriched beverages mean. More than 80% of respondents are willing to use enriched beverages based on natural raw materials. It has been revealed that of fruit raw material with a low glycemic index the largest number of respondents prefer apricots (38%) and cherry (29%). The most preferable plant materials are the chicory and Jerusalem artichoke, stevia and burdock. On the basis of the conducted research it is established that the creation of innovative beverages for carbohydrate metabolism improvement is promising.

Keywords. Respondents, beverages for diabetic patients, diabetes, questionnaire, consumer preferences

Введение

Сахарный диабет является одной из серьезнейших медико-социальных проблем на сегодняшний день, относящихся к приоритетным направлениям национальной системы здравоохранения Российской Федерации. Улучшение качества жизни людей с сахарным диабетом напрямую связано с деятельностью государственной политики в области здорового питания, целями которой являются сохранение и укрепление здоровья населения, профилактика заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием [1]. Концепцией государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2020 г. предусмотрено расширение отечественного производства диетических профилактических продуктов питания, а также усиление пропаганды здорового питания населения [2]. Однако, несмотря на положительные тенденции в питании населения, Россия считается лидером среди европейских стран по количеству больных людей. В настоящее время, по данным государственного регистра, в России зарегистрировано более 3,7 млн больных сахарным диабетом. По оценкам Международной диабетической федерации (IDF), реальное количество больных, с учетом не диагностированных случаев, достигает 12,7 млн человек. В Белгородской области сахарным диабетом страдает более 46 тыс. человек [3].

Сахарный диабет – это хроническое эндокринное заболевание. Главным метаболическим проявлением диабета является повышенный уровень глюкозы (сахара) в крови по причине недостаточного воздействия инсулина, что приводит к сильным нарушениям обмена углеводов, а также другим нарушениям обмена веществ. Одним из важных элементов лечения больных сахарным диабетом является диетотерапия, которая играет важную роль, являясь необходимым средством для достижения стойкой компенсации углеводного обмена. С целью повышения эффективности диетотерапии при сахарном диабете в рацион больных необходимо включать специальные диетические продукты, в том числе, обогащенные биологически активными веществами лекарственных растений [4]. Разработка таких продуктов является одним из приоритетных направлений в области реализации программы здорового питания населения Российской Федерации, а также развития пищевой и перерабатывающей промышленности [5].

Ассортиментные группы напитков, традиционно вырабатываемых промышленностью, включают газированные безалкогольные напитки (освежающие, тонизирующие, профилактические, специального назначения и др.); негазированные безалкогольные напитки, приготовляемые из концентрированных основ; сиропы; порошкообразные смеси для напитков. Для производства напитков повышенной пищевой ценности традиционно используются натуральные соки, местное пряно-ароматическое и богатое микронутриентами растительное сырье. Анализ химического состава плодов и ягод лекарственных растений свидетельствует, что их можно отнести к группе полифункциональных добавок, содержащих, наряду с витаминами, комплекс биофлавоноидов, минеральные вещества (железо, кальций, калий) и микроэлементы. Именно поэтому, по мнению многих специалистов по питанию, соки, а также безалкогольные напитки, особенно изготовленные на натуральной основе из фруктов, ягод, овощей считаются идеальным источником необходимых человеку витаминов, макро- и микроэлементов, других биологически активных компонентов пищи.

Учитывая популярность и доступность безалкогольных напитков среди населения, широкие перспективы имеет использование именно этой группы продуктов в рационе лиц с нарушением углеводного обмена с точки зрения его оптимизации. Правильный подбор функциональной основы позволит избежать внесения синтетических красителей, ароматизаторов, консервантов, что немаловажно, а также придать продукту определенную лечебно-профилактическую направленность [6]. Потребление таких напитков обеспечит адекватное поступление пищевых веществ, увеличит свободу образа жизни больного сахарным диабетом, позволит приблизиться к питанию здорового человека [7].

В связи с актуальностью проблемы целью исследований явилось изучение потребительских предпочтений населения, страдающего сахарным диабетом, к инновационным напиткам, оптимизирующим углеводный обмен.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования является сегмент рынка напитков для диабетиков.

Для изучения потребительских предпочтений был проведен социологический опрос посредством анкетирования по случайной выборке среди больных сахарным диабетом, находящихся на амбулаторном лечении в Областной поликлинике г. Белгород. Опрос респондентов проходил с 1 декабря 2015 года по 28 февраля 2016 года. Объем выборки составил 300 человек.

Результаты и их обсуждение

На основании сформулированной цели при составлении анкеты были поставлены следующие задачи:

- определение экономических и социальных характеристик потребителей напитков, оптимизирующих углеводный обмен;
- выявление критериев, определяющих выбор напитка;
- определение частоты покупок и объема тары обогащенных напитков;
- определение степени информированности потребителей о напитках, корректирующих углеводный обмен;
- изучение ценовых предпочтений в отношении обогащенных напитков для лиц с нарушением углеводного обмена;

- выявление вкусовых предпочтений потребителей в отношении обогащения напитков натуральным растительным лекарственным и плодовым сырьем.

На основании проведенных исследований установлено, что у подавляющего большинства опрошенных (88 %), сахарный диабет 2 типа, у 9,3 % – сахарный диабет 1 типа, а 2,7 % страдают гестационным сахарным диабетом (рис. 1).

Рис. 1. Распределение респондентов по типу заболевания

В ходе анкетирования среди лиц, страдающих сахарным диабетом, было опрошено женщин – 77,3 % и мужчин – 22,7 %. Половозрастная характеристика выборки приведена на рис. 2. Как видно из данных рисунка, сахарным диабетом страдают более 30 % женщин и 5,8 % мужчин в возрасте 36–54 года, что в совокупности составляет 36 %. Чуть меньшую нишу занимают лица в возрасте более 55 лет – 29 %, из них 18,7 % женщины, 10,3 % – мужчины. В свою очередь, 24,7 % составляет возрастной диапазон 26–35 лет, где доля женщин значительно превышает и составляет 20,3 %, тогда как доля мужчин – 4,3 %. В заметном меньшинстве представлена возрастная категория 19–25 лет – 10,3 %.

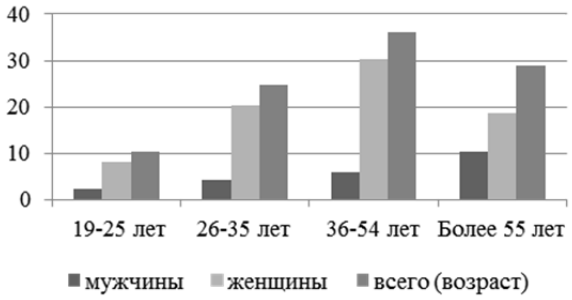


Рис. 2. Распределение респондентов по полу и возрасту

В зависимости от уровня образования респонденты распределены следующим образом: с высшим образованием – 22,7 %; с неоконченным высшим образованием – 8 %; со средним профессиональным образованием (техникум, колледж) – 30,3 %; с начальным профессиональным образованием (училище) – 19 %; со средним образованием (11 классов) – 15,3 %; неполное среднее (9 классов) – 4,7 %.

Если говорить о доходах, то у большей доли респондентов (68 %) уровень дохода на одного члена семьи в месяц составляет менее 15000 рублей, вторую позицию (24,7 %) занимают потребители с доходом от 15000 до 30000 рублей, далее следуют респонденты с доходом от 30000 рублей – 7,3 %.

При анализе данных опроса установлено, что основным источником приобретения напитков оказались супермаркеты и гипермаркеты – 47,7 %. 34 % опрошенных приобретают напитки в магазинах рядом с домом, 16,3% – в остановочном комплексе, 2 % респондентов указали другой вариант.

В результате проведенного исследования была выявлена частота потребления респондентами напитков. Как выяснилось, регулярно, а именно минимум раз в неделю, приобретают такие напитки 51 % респондентов, 25,3 % опрошенных покупают напитки каждый день, 19,7 % приобретают напитки в среднем один раз в месяц и 4 % раз в полгода.

При выборе объема тары большинство респондентов (69,3 %) остановили свой выбор на упаковке вместимостью 1 л (37,5 %) и 1,5 л (32 %). Однако 19 % опрошенных предпочитают покупать напитки в объеме 2-литровой упаковки, 9 % – в упаковке 0,5 л, а 2,7 % предпочитают утолять жажду напитками в таре 0,2 л.

В ходе опроса выяснено, какой вид безалкогольных напитков является наиболее предпочтительным для респондентов: 28,7 % опрошенных предпочитают соки и нектары, 21,7 % – чайные напитки, а 17 % употребляют безалкогольные негазированные напитки. Менее высокую популярность среди респондентов обрели безалкогольные газированные напитки – 14 % и кофейные напитки – 11,3 %. Среди незначительной доли респондентов имеют популярность сиропы – 6 %, а также другие варианты (компот, квас) – 1,3 % (рис. 3).

Одной из задач проводимого исследования являлось выявление критериев, определяющих выбор напитка: для 30 % респондентов основными факторами являются вкус и аромат; 28 % респондентов обращают свое внимание на состав; 24,3 % опрошенных определили для себя важным критерием стоимость напитка; для 10,7 % опрошенных имеет значение торговая марка, а 7 % выбирают напиток по цвету (рис. 4).

Рис. 3. Предпочтения потребителей при выборе напитков

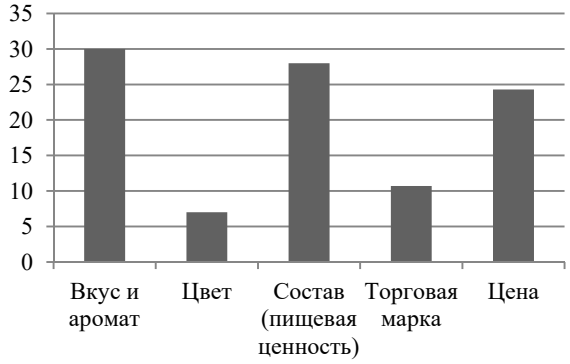
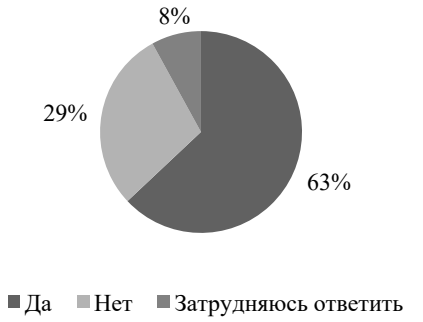


Рис. 4. Распределение респондентов по критериям выбора напитков

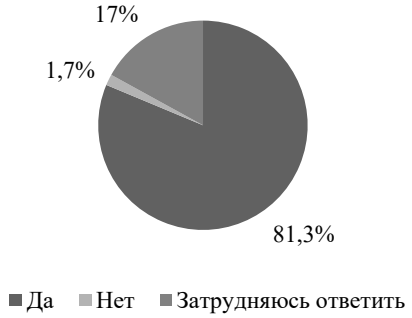
Так как в рационе лиц с нарушением углеводного обмена все большее значение приобретают напитки, необходимо отметить, что употребление обогащенных напитков, которые обеспечивают организм человека энергией и необходимыми нутриентами и способствует снижению риска развития заболеваний, связанных с питанием, а также сохраняют и улучшают здоровье за счет наличия в их составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов, является одним из основных путей коррекции питания лиц, страдающих сахарным диабетом. Сектор функциональных продуктов и напитков имеет первостепенное значение – это наиболее удобная, естественная форма внесения и обогащения организма человека микронутриентами (витаминами, минеральными веществами, микроэлементами и другими компонентами, источниками которых служат фрукты, овощи, ягоды и т.д.). Обогащенные напитки – оптимальная и наиболее технологическая форма пищевого продукта, которую можно использовать для коррекции пищевого статуса человека путем обогащения физиологически функциональными ингредиентами, оказывающими благоприятное влияние на обмен веществ и иммунитет организма.

Респондентам для определения степени осведомленности был задан вопрос: знают ли они, что такое обогащенные (с дополнительной пользой) напитки? Результаты опроса показали, что большинство респондентов (63 %) знают, что такое обогащенные напитки. Наряду с этим, достаточно высоким оказался процент опрошенных, давших отрицательный ответ – 29 %, а 8 % респондентов затруднились ответить на вопрос.

Однако на вопрос «Готовы ли Вы употреблять обогащенные напитки на основе натурального сырья?» 81,3 % опрашиваемых дали положительный ответ, тогда как 17 % затруднились ответить, а 1,7 % ответили отрицательно. Такие результаты свидетельствуют о том, что большинство респондентов с нарушениями углеводного обмена осведомлены о правилах питания, соответствующего данному заболеванию, а также показывают положительную динамику роста доверия потребителей к обогащенным напиткам (рис. 5).



а) Знаете ли Вы, что такое обогащенные (с дополнительной пользой) напитки?



б) Готовы ли Вы употреблять обогащенные напитки на основе натурального сырья?

Рис. 5. Осведомленность респондентов и готовность к употреблению напитков с дополнительной пользой

В ходе опроса также было определено, какая цена за 1 литр обогащенного напитка является оптимальной: 39 % опрошенных остановили свой выбор на ценовом диапазоне 25–35 рублей. Чуть меньше респондентов, а именно 34 %, определились с ценой за литр напитка 35–45 рублей. Низкой цене напитка (до 25 рублей) отдали предпочтение 15,7 %. За литр напитка стоимостью более 45 рублей готовы заплатить 11 % опрошенных.

Одной из основных задач проводимого исследования являлось выявление вкусовых предпочтений потребителей относительно содержания в составе обогащенных напитков растительного лекарственного сырья и плодового сырья с низким гликемическим индексом. Необходимо отметить, что гликемический индекс – это показатель влияния продуктов питания после их употребления на уровень глюкозы (сахара) в крови. Гликемический индекс является отражением сравнения реакции организма на продукт с реакцией организма на чистую глюкозу, у которой гликемический индекс равен 100. Гликемический индекс всех остальных продуктов сравнивается с гликемическим индексом глюкозы в зависимости от того, как быстро они усваиваются. Чем больше гликемический индекс, тем быстрее поднимается уровень сахара в крови после употребления продукта и тем выше будет одномоментный уровень сахара в крови после употребления пищи. Низкий гликемический индекс продуктов (5–35 единиц) означает, что при их употреблении уровень сахара в крови поднимается медленно. Медленное усвоение еды, постепенные подъем и снижение уровня сахара в крови при низком гликемическом индексе помогают людям с диабетом контролировать концентрацию глюкозы в крови. Предложенное в анкете плодовое сырье имеет низкий гликемический индекс – не выше 25 единиц [8].

На вопрос «На основе какого плодового сырья (с низким гликемическим индексом) обогащенный напиток Вы готовы приобретать?» мнения респондентов среди предложенных вариантов распределились следующим образом: 38 % опрошенных остановили свой выбор на абрикосе; чуть меньше респондентов – 29 % – выбрали вишню; рябину черноплодную и шелковицу предпочли 16,3 и 12 % опрошенных соответственно; а 4,7 % указали другие варианты, такие как черная смородина и слива (рис. 6).

В ходе опроса выяснено, содержание какого растительного сырья в составе обогащенного напитка является предпочтительным. 20,3 % опрошенных остановили свой выбор на цикории. Топинамбур, стевию и лопух хотели бы видеть в составе напитка 18, 16 и 14 % респондентов соответственно, одуванчик – 10,7 %, створки фасоли и девясил – 8 и 7 % опрошенных соответственно. 4,7 % респондентов предпочли галегу лекарственную (козлятник), 1,3 % – выбрали другой вариант, в частности крапиву.

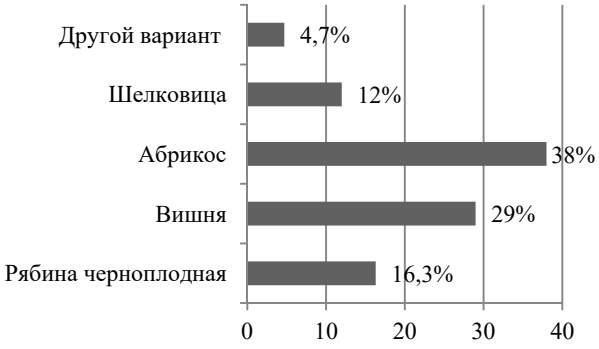


Рис. 6. Предпочтения респондентов в отношении плодовой основы (с низким гликемическим индексом) обогащенного напитка

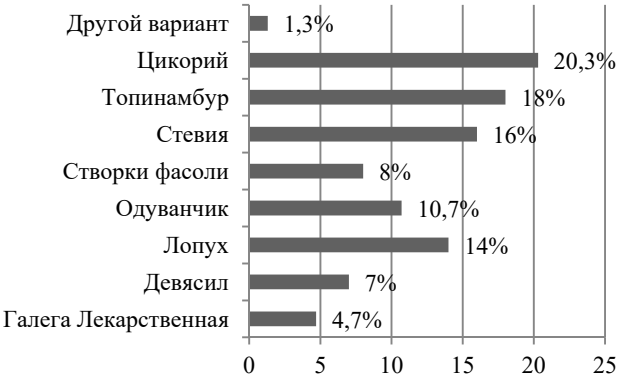


Рис. 7. Предпочтения респондентов относительно растительного сырья в составе обогащенного напитка

Таким образом, проанализировав данные опроса, можно сделать вывод о том, что потенциальные потребители напитков, корректирующих углеводный обмен – покупатели с заболеванием «сахарный диабет 2-го типа» в возрастном диапазоне 36–54 года. Из напитков потребители отдают большее предпочтение сокам, нектарам, чайным и негазированным напиткам. Основными критериями при выборе напитков являются вкус и аромат (30 %), состав (28 %) и цена (24,3 %). Большинство респондентов (63 %) знают, что такое обогащенные напитки и более 80 % готовы их приобретать. При выявлении вкусовых предпочтений лиц с нарушением углеводного обмена показано, что из плодового сырья с низким гликемическим индексом наибольшее количество респондентов отдали предпочтения абрикосам и вишне, из растительного сырья – цикорию, а также топинамбуру, стевии и лопуху. Проведенные исследования показали перспективность и целесообразность создания напитков для лиц с нарушением углеводного обмена.

Список литературы

1. Bigliardi, B. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods / B. Bigliardi, F. Galati // Trends in Food Science & Technology. – 2013. – V. 31. – No 2. – P. 118–129.

2. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 25 октября 2010 г. № 1873-р.

3. Российский статистический ежегодник 2013 (данные за 2012 год): стат. сб. / Росстат. – М., 2013. – 718 с.

4. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review / I. Siro, E. 3. Kapolna, B. Kapolna, A. Lugasi // Appetite. – 2008. – V. 51. – No 3. – P. 456–467.

5. Белецкая, Н.М. Состояние и пути развития производства безалкогольных напитков в потребительской кооперации / Н.М. Белецкая, А.А. Фирсова, Н.Т Пехтерева // Вестник БУПК. – 2006. – № 2(16). – С. 131–137.

6. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания: Технический регламент Таможенного союза от 15.06.2012 г. – № 34.

7. Казаков, И.О. Исследование потребительских предпочтений на рынке пива г. Кемерово / И.О. Казаков, Т.Ф. Киселева, Е.В.Цветков // Пищевая промышленность: методы и технологии. – 2014. – № 3. – С. 158–162.

8. Атлас Диабета IDF / Международная Федерация Диабета, 2013. – № 6. – 160 с.

References

1. Bigliardi B., Galati F. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 2013, vol. 31, no. 2, pp. 118–129. DOI: 10.1016/j.tifs.2013.03.006.

2. *Osnovy gosudarstvennoy politiki Rossiyskoy Federatsii v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya na period do 2020 goda. Utv. rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 25 oktyabrya 2010 g. N 1873-r* [Fundamentals of the Russian Federation's state policy in the field of healthy nutrition for the period up to 2020. Approved by the Resolution of the Russian Government dated 25 October 2010 no. 1873 p.].

3. *Rossiyskiy statisticheskiy ezhegodnik 2013* [Russian statistics yearbook 2013]. Moscow: Rosstat Publ., 2013. 718 p.

4. Siro I., Kapolna E., Kapolna B., Lugasi A. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance–a review. *Appetite*, 2008, vol. 51, no. 3, pp. 456–467. DOI: 10.12691/ijcd-2-1-4.

5. Beletskaya N.M., Firsova A.A., Pekhtereva N.T. Sostoyanie i puti razvitiya proizvodstva bezalkogol'nykh napitkov v potrebitel'skoy kooperatsii [The state and the development of production of soft drinks in the consumer cooperation]. *Vestnik BUPK* [Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law], 2006, vol. 16, no. 2, pp. 131–137.

6. *O bezopasnosti otdel'nykh vidov spetsializirovannoy pishchevoy produktsii, v tom chisle dieticheskogo lechebnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniya: Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza ot 15.06.2012g., № 34* [On the safety of certain types of specialized food products, including dietary therapeutic and dietary preventive nutrition: Technical Regulations of the Customs Union from 15.06.2012g. no. 34].

7. Kazakov I.O., Kiseleva T.F., Tsvetkov E.V. Issledovanie potrebitel'skikh predpochteniy na rynke piva g. Kemerovo [The study of consumer preferences on the beer market in Kemerovo]. *Pishchevaya promyshlennost': metody i tekhnologii* [Food industry: methods and technologies], 2014, no. 3, pp. 158–162.

8. Atlas Diabeta IDF [The IDF Diabetes Atlas]. *Mezhdunarodnaya Federatsiya Diabeta* [International Diabetes Federation], 2013, no. 6, 160 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Олиференко, О.И. Исследование потребительских предпочтений к инновационным напиткам для коррекции углеводного обмена / О.И. Олиференко, Н.Т. Пехтерева // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 87–92.

Oliferenko O.I., Pekhtereva N.T. Study of consumer preferences to innovative beverages for carbohydrate metabilism improvement. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 87–92 (In Russ.).

Пехтерева Наталья Тихоновна
канд. техн. наук, доцент, заведующая кафедрой товароведения продовольственных товаров и таможенной экспертизы, АНО ВО «Белгородский университет кооперации, экономики и права», 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116А, тел.: +7 (4722) 23-52-65, e-mail: bukep-kaf-fin@yandex.ru

Олиференко Ольга Ильинична
аспирант кафедры товароведения продовольственных товаров и таможенной экспертизы, АНО ВО «Белгородский университет кооперации, экономики и права», 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116А

Natalia T. Pekhtereva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Non-Foodstuffs Expertise and Customs Expertise, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 116A, Sadovaya Str., Belgorod, 308023, Russia,
phone: +7 (4722) 23-52-65, e-mail: bukep-kaf-fin@yandex.ru

Olga I. Oliferenko
Postgraduate Student of the Department of Non-Foodstuffs Expertise and Customs Expertise, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 116A, Sadovaya Str., Belgorod, 308023, Russia

УДК 613.287.54

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЛИННОСТИ СУХОГО МОЛОКА МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Л.Н. Буданина, А.Л. Верещагин*, Н.В. Бычин

Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»,
659305, Россия, Алтайский край, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

**e-mail: val@bti.secna.ru*

Дата поступления в редакцию: 16.01.2016
Дата принятия в печать: 02.02.2017

Аннотация. Изучена возможность применения методов сканирующей электронной микроскопии и комбинированного метода термического анализа – совместного дифференциально-термического анализа и термогравиаметрии для идентификации подлинности сухого цельного и обезжиренного молока. В качестве объекта исследования были использованы три образца сухого цельного молока и два образца сухого обезжиренного молока. Методом сканирующей электронной микроскопии у трех образцов были обнаружены частицы вытянутой формы размером от 100 до 400 мкм. В этих образцах по реакции с реактивом Люголя было обнаружено наличие крахмала. Идентификационным признаком сухого молока при использовании метода дифференциального термического анализа является эндоэффект в области 200 °С, связанный с термораспадом лактозы. Определить массовую долю крахмала в образце сухого молока можно из сопоставления величины эндоэффекта термораспада обезвоженных амилозы и амилопектина для опытного образца и крахмала. В результате проведенных исследований установлена фальсификация добавлением крахмала у 60 % образцов сухого обезжиренного и цельного молока.

Ключевые слова. Фальсификация, сухое молоко, крахмал, термогравиаметрический анализ, сканирующая электронная микроскопия

IDENTIFICATION OF AUTHENTICITY OF MILK POWDER USING THERMAL ANALYSIS AND ELECTRON MICROSCOPY

L.N. Budanina, A.L. Vereshchagin*, N.V. Bychin

Biysk Technological Institute (branch),
Altai State Technical University named after I.I. Polzunova,
27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia

**e-mail: val@bti.secna.ru*

Received: 16.01.2016
Accepted: 02.02.2017

Abstract. Possibility of application of methods of scanning electron microscopy and the combined method of thermal analysis including differential thermal analysis and thermogravimetry to identify the authenticity of dried whole and nonfat milk has been studied. Three samples of dried whole milk and two samples of skimmed milk powder were used as the objects of study. When using scanning electron microscopy particles of elongated shape with a size from 100 to 400 microns have been detected in three samples. Using the reaction with Lugol's reagent the presence of starch has been revealed in these samples. When using the method of differential thermal analysis an identification index of milk powder is an endoeffect at 200 °C associated with thermal decomposition of lactose. It is possible to determine a mass fraction of starch in the sample of milk powder when comparing the value of endoeffect of thermal decomposition of dehydrated amylose and amylopectin for a sample and starch. The studies have found adulteration caused by adding starch in 60% of samples of skim and whole milk powder.

Keywords. Adulteration, milk powder, starch, thermogravimetric analysis, scanning electron microscopy

Введение

Производство порошкообразного молока – это процесс, который включает в себя удаление воды из концентрированного молока главным образом путем распылительной сушки в потоке горячего воздуха с низкой относительной влажностью. Сухое молоко – удобный и простой в использовании молочный продукт благодаря низкой стоимости транспортировки и возможности длительного хранения при комнатной температуре.

Сложившийся дефицит цельномолочной продукции в РФ привел к изготовлению широкого ассортимента молочных товаров из сухого молока и растительных масел. Сухое молоко используют для получения восстановленного молока, а также для получения сметаны, сгущенного молока, сыров.

Но и сухое молоко становится объектом фальсификации путем добавления сухой сыворотки, а также муки, мела, крахмала, извести, гипса. По внешнему виду отличить фальсифицированное сухое молоко практически невозможно. Молоко, фальсифицированное сывороткой, имеет, как правило, более низкую титруемую кислотность, 14–17 °Т, но такие результаты не вполне достоверны и, следовательно, не могут являться доказательством фальсификации [1]. Распознать фальсификацию сухого обезжиренного молока сывороткой возможно путем исследования белковой фракции молока [1]. Для подтверждения подлинности молочных продуктов применяют такие методы, как ИК-спектроскопия с Фурье-преобразованием [2], лазерная времяпролетная масс-спектрометрия [3]. Спектроскопия в ближней инфракрасной области позволяет определять в сухом молоке сухую сыворотку, крахмал и мальтодекстрин [4]. Классические методы идентификации подлинности молока описаны в работе [5]. По некоторым оценкам, доля фальсифицированного сухого молока на рынке Западной Сибири доходит до 80 %. Фальсифицированный продукт невозможно использовать для выращивания бифидокультур, возможно, из-за ингибирующего действия добавок. Отмечается также низкое содержание белка в сухом молоке [6], что в ряде случаев в КНР компенсировалось введением меламина [7].

Состав сухого цельного и обезжиренного молока представлен в табл. 1.

Таблица 1

Состав сухого молока [8]

Компонент	Массовая доля, % для сухого	
	цельного молока (СЦМ) 25 % жирности	обезжиренного молока (СОМ)
Лактоза	36,5	52,0
Белки	25,5	36,0
Жиры	25,0	1,0
Минеральные вещества	9,0	6,0
Вода	4,0	5,0

Благодаря температурным режимам сушки основные компоненты молока могут быть подвержены различным превращениям, например, химическим изменениям (реакции Майяра, дегидратации α-лактозы, денатурации белка, агрегации белков, взаимодействия белков и жиров, белков и углеводов) или физическим (кристаллизации лактозы, агрегации частиц, деструкции, адсорбции летучих веществ – удержанию аромата) [9, 10]. Характер и степень этих изменений может зависеть от многих факторов, таких как состав, условия обработки и хранения [11].

Применение метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) для определения изменений сухого молока базируется на изучении поведения компонентов молока при нагревании. Лактоза, самый распространенный компонент сухого молока, участвует в основных термических реакциях в аморфной или кристаллической форме [12].

Кристаллизация аморфной формы лактозы в процессе хранения молочных порошков является одной из основных причин потери качества; присутствие других компонентов, таких как белки и жиры, в значительной степени влияет на физико-химические свойства всей смеси, включая водопоглощение, стеклование и кристаллизацию [12]. По данным Jouppila и Roos [13], функции белков сводятся к торможению и задержке кристаллизации лактозы в молочных порошках по сравнению с чистой лактозой. Кроме того, денатурация белков [14] и их агрегация [10] сопровождаются эндотермическими и экзотермические эффектами, которые регистрируются методом ДСК. И, наконец, молочный жир характеризуется большим количеством фазовых переходов триглицеридов, которые регистрируются как эндотермические эффекты в диапазоне температур от 233 до 313 K [15, 16]. Таким образом, взаимодействие компонентов молока в процессе высушивания не позволяет однозначно относить регистрируемые методом ДСК эффекты к тому или иному компоненту и требует использования не только индивидуальных веществ, но и их смесей [17].

Для идентификации морфологии сухого молока пригодны и методы микроскопии [18].

Целью данной работы является изучение возможности идентификации подлинности сухого молока, представленного на рынке Алтайского края, методами электронной сканирующей микроскопии и термического анализа.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования были образцы сухого цельного и обезжиренного молока отечественного и импортного производства:

I. Молоко сухое цельное, ООО «Холод», ГОСТ Р 52791-2007, цена 300 руб./кг.

II. Молоко сухое цельное, ООО «Лидер», ГОСТ Р 52791-2007, цена 450 руб./кг.

III. Молоко сухое обезжиренное, производство Беларусь, ГОСТ Р 52791-2007, цена 350 руб./кг.

IV. Сухое обезжиренное молоко Премиум «Cereal», производство Россия, ГОСТ Р 52791-2007, цена 500 руб./кг.

V. Молоко сухое цельное 26 % жирности, ООО «Уральский маслозавод», ГОСТ Р 52791-2007, цена 200 руб./кг.

Методы исследования

Одновременное исследование фазовых переходов и потери массы образцов производилось методом ДТА–ТГА на приборе модели Shimadzu-60 фирмы Shimadzu (Япония) при следующих условиях. Определение проводилось в неокислительной среде, для чего использовался азот 99,999 % степени чистоты, который пропускался со скоростью ~40 см^3/мин. Масса навески составляла 10,0 ± 0,5 мг. Опыты проводили в температурном диапазоне от 20 до 500 ºС при скорости нагревания 10 ºС/мин. Калибровка прибора была проведена по индию ($T_{пл.}$ = 156,6 ºС, ΔH_f = 28,71 Дж/г). Расчетные дан-

ные были получены с использованием программного обеспечения Shimadzu-60.

Исследование морфологии частиц проводилось методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Образцы сухого молока наносились на медную решетку, покрывались тонким слоем золота в вакуумном испарителе и анализировались на сканирующем электронном микроскопе JSM-840 (Jeol, Япония) при комнатной температуре.

Исследование кислотности сухого молока проводилось по ГОСТ 3624-92. Пробоподготовка заключалась в восстановлении образца сухого молока. К 20 г сухого молока добавляли 180 г воды и подвергали ультразвуковой обработке на аппарате УТА-1000 при 50 % мощности в течение 5 минут в безкавитационном режиме.

Результаты и их обсуждение

1. Определение кислотности образцов сухого молока. Кислотность полученных образцов восстановленного молока представлена в табл. 2.

Таблица 2

Кислотность образцов восстановленного молока

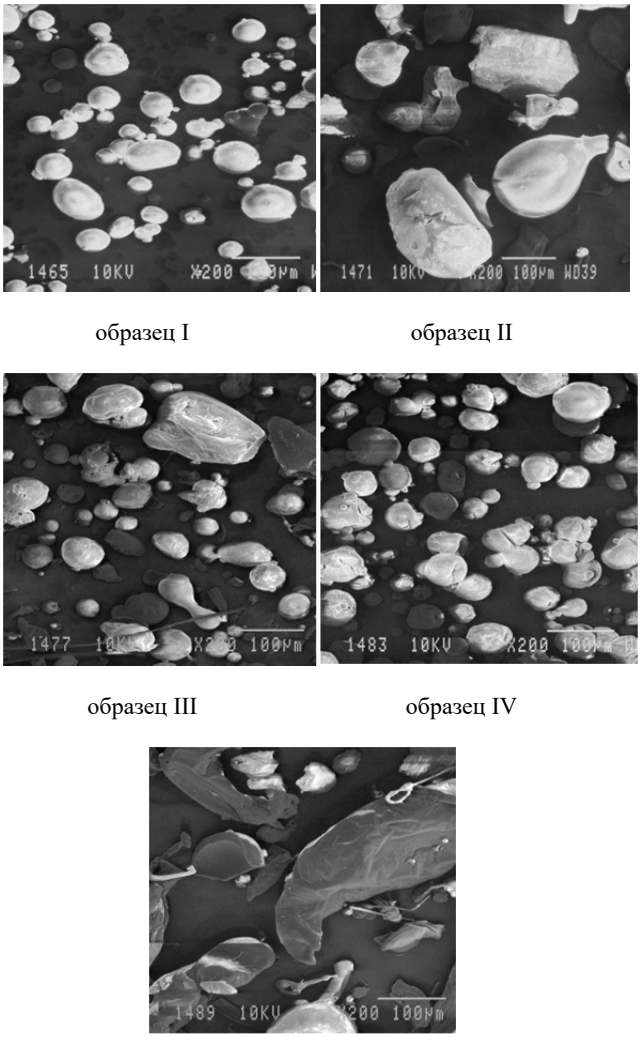
Образец		Кислотность, °Т
I	Молоко сухое цельное (ООО «Холод»)	11
II	Молоко сухое цельное (ООО «Лидер»)	2
III	Молоко сухое обезжиренное (Республика Беларусь)	7
IV	Молоко сухое обезжиренное (Премиум, РФ)	16

Для молока утверждены пределы кислотности 16–20 °Т. Изучая полученные данные кислотности восстановленного молока, можно предположить, что молоко сухое цельное (ООО «Лидер») и молоко сухое обезжиренное (производство Республики Беларусь) выделяются низкой титруемой кислотностью при их восстановлении. Разброс показателей можно связать как с различным составом сырья, так и особенностями технологического процесса (например, нейтрализацией содой или мелом). Для проверки качества было проведено исследование однородности состава образцов методом сканирующей электронной микроскопии.

Электронная микроскопия образцов сухого молока. Обычно сухое молоко получают методом распылительной сушки, и полученный продукт представляет собой сферические частицы или их агломераты размером от 1 до 100–500 мкм [18]. Размеры этих частиц зависят от их структуры и места накопления – частицы циклонной фракции имеют размеры в среднем 20 мкм, камерной – 50, агломерированные – от 100 до 250 мкм и более.

Результаты исследования морфологии частиц образцов сухого молока методом сканирующей электронной микроскопии представлены на рис. 1.

Из анализа изображений следует, что в образцах 1 и 4 присутствуют полые сферические частицы размером от 10 до 100 мкм, что совпадает с морфологией образцов сухого молока, полученного распылительной сушкой [18]. В тоже время в изображениях образцов 2, 3 и 5 обнаружены частицы вытянутой формы размером от 100 до 400 мкм. Можно предположить, что такие частицы могли образоваться при распылительной сушке более высоковязких жидкостей. В результате проведенных дополнительных исследований образцы 2, 3 и 5 дали положительную пробу на крахмал по реакции с раствором йода в йодиде калия (реактивом Люголя).



образец I образец II

образец III образец IV

образец V

Рис. 1. Морфология образцов сухого молока

Дополнительно был проведен термический анализ образцов.

Крахмал в сухом молоке является шестым компонентом, что усложнит анализ кривых нагревания образцов. Когда крахмал нагревается в присутствии достаточного количества воды, его кристаллическая форма трансформируется в аморфную [19]. Это молекулярное разупорядочение называется желатинизацией и регистрируется как эндотермический эффект методом дифференциальной сканирующей калориметрии [20]. Термогравиаметрию (ТГА) применяют при рассмотрении процесса де-

полимеризации крахмала [21]. Так, по данным Фуджита [22], в процессе нагревания образцы нативного крахмала претерпевают желатинизацию с максимумом в диапазоне от 57 до 80 °С с величиной энтальпии процесса от 6,4 до 15,6 Дж/г.

Термический анализ образцов методом ДТА–ТГА. Сравнение кривых ДТА для образцов I (без крахмала) и II, III (с крахмалом) представлено на рис. 2.

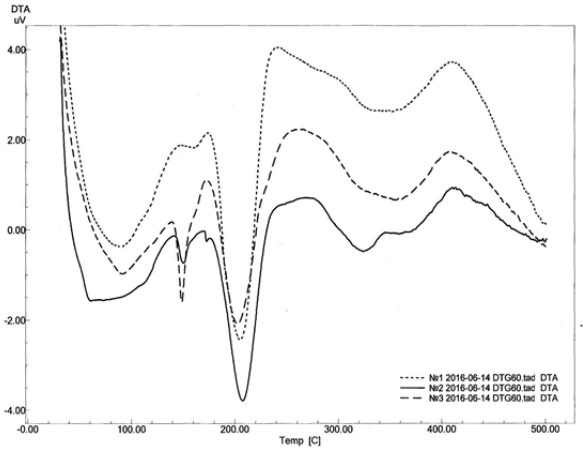


Рис. 2. Кривые ДТА образцов:
I ·(без крахмала); II -- и III – (с крахмалом)

Из сравнения кривых ДТА образцов следует, что добавление крахмала приводит к появлению дополнительных эндоэффектов в области 150 и 320 °С. Обобщая данные по кривым ДТА пяти изученных образцов (рис. 3), можно отметить, что у всех образцов обнаружено по шесть эндоэффектов.

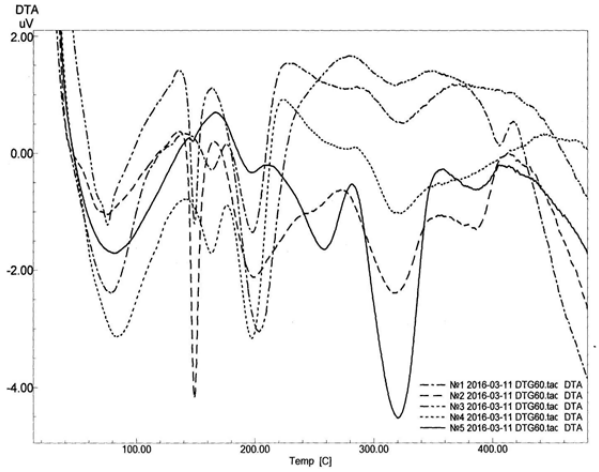


Рис. 3. Кривые ДТА образцов:
I– –; II --; III –···; IV ···; V –

При сопоставлении пяти кривых ДТА не обнаруживается двух одинаковых, хотя во всех образцах наблюдается по шесть эндоэффектов разной интенсивности. При этом можно выделить пик в области 200 °С, который встречается у всех образцов и связан, вероятнее всего, с плавлением лактозы. Кривые качественно отличаются друг от друга, что предполагает различие состава образцов. Основываясь на предполагаемом их составе, можно предположить, что первой стадией является удаление адсорбированной воды, определяющую влажность образцов, за которой следуют фазовые превращения (плавление и разложение компонентов молочного белка, жира и лактозы). Причем положение максимумов соответствующих процессов смещается, возможно, вследствие взаимодействия между компонентами смеси. Что же касается природы этих процессов, то некоторую информацию дает сравнение кривых потери массы по кривым ТГА (рис. 4).

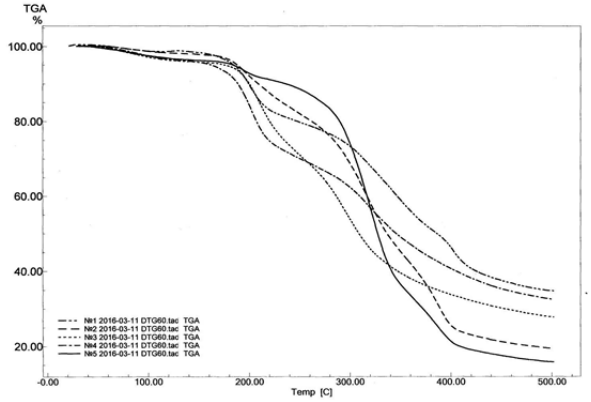


Рис. 4. Кривые потери массы образцов:
I -···; II - -; III ••; IV –• –;V —

Анализируя эти процессы по числу точек перегиба, можно выделить четыре стадии потери массы: первая – примерно до 100 °С, вторая – в диапазоне от 100 до 200 °С, третья – от 200 до 350 °С и четвертая – от 350 до 500 °С. Принимая во внимание, что на кривых ДТА было зарегистрировано по шесть эндоэффектов, то можно предположить что два из этих эндоэффектов были связаны не с потерей массы, а с перестройкой кристаллической структуры.

Количественное сравнение кривых ДТА и ТГА образцов представлено в табл. 1.

Таблица 1

Параметры кривых ДТА/ТГА образцов сухого молока

Образец	I	II*	III*	IV	V*
Параметры кривых ДТА					
Температура I максимума (испарение воды), ˚С	78,5 ±0,5	76,7 ±0,5	76,0 ±0,5	84,0 ±0,5	82,0 ±0,5
Энтальпия испарения воды, Дж/г	-343 ±30	-137 ±15	-424 ±40	298 ±30	-464 ±45
Температура II максимума плавления, ˚С	323 ±2	318 ±2	318 ±2	322 ±2	320 ±2
Энтальпия II плавления, Дж/г	-54 ±5	-142 ±10	-31 ±3	-59 ±6	-350 ±35
Параметры кривых ТГА					
Потеря массы в диапазоне 0–280 ˚С, (испарение воды) %	18,5 ±0,5	22,3 ±0,5	35,2 ±0,5	32,3 ±0,5	17,2 ±0,5
Потеря массы в диапазоне 280–500 ˚С, (термолиз бразца), %	81 ±4,0	77 ±5	64 ±5	68 ±5	83 ±5

Примечание. * – образцы, содержащие крахмал.

Из анализа представленных данных следует отметить, что образцы существенно отличаются по влажности, что также создает возможности для количественной фальсификации сухого молока.

Для оценки методом ДТА массовой доли крахмала содержащегося в образцах, были сопоставлены кривые ДТА для образца № 5 (где был идентифицирован крахмал) с образцом картофельного крахмала по (ГОСТ Р 53876-2010) (рис. 5).

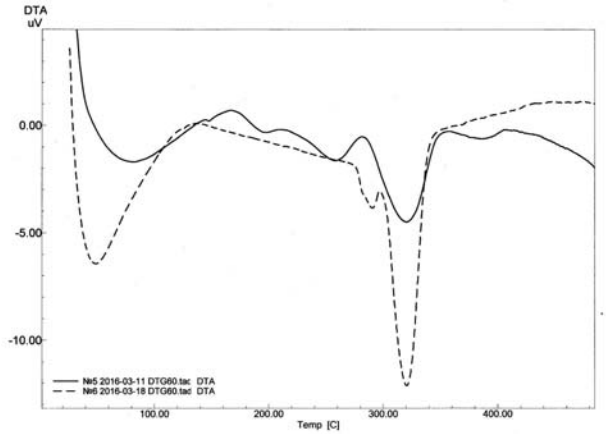


Рис. 5. кривые ДТА образцов:
V — и картофельного крахмала ---

Из представленных данных следует, что наличие крахмала в образце сухого молока можно определять по наличию эндоэффекта с максимумом в области 320 °С, где происходит разложение обезвоженных амилозы и амилопектина [23]. Приняв одинаковую влажность у образца V и крахмала, можно оценить массовую долю крахмала в образце V, как отношение площадей эндоэффектов с максимумом в области 320 °С (приняв площадь образца крахмала за 100 %). После соответствующего пересчета получим, что в образце V находится 50 ± 5% крахмала.

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований можно отметить следующее.

1. Фальсификацию сухого цельного и обезжиренного сухого молока осуществляют добавлением крахмала в количестве до 50 %.

2. Присутствие крахмала в сухом цельном и обезжиренном молоке определяет методом сканирующей электронной микроскопии по наличию в образце частиц вытянутой формы размером от 100 до 400 мкм.

3. Оценить массовую долю добавленного крахмала в сухое молоко можно при сопоставлении эндоэффекта образца с максимумом при 320 °С с эталоном (чистым крахмалом).

Список литературы

1. Илларионова, Е.Е. К вопросу фальсификации сухого обезжиренного молока сывороткой / Е.Е.Илларионова, Д.Д. Билал // Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ – 75 лет): сб. науч. трудов / Всерос. науч-исслед. ин-т молоч. пром-сти. – М., 2004. – С. 141–145.

2. Vieira, S.M. FTMIR-PLS as a promising method for rapid detection of adulteration by waste whey in raw milk/ Simone Melo Vieira, Letícia Maria de Souza, Adriana Silva França, Leandro Soares Oliveira, Waldomiro Borges Neto // Dairy Science & Technology. – 2016. – Vol. 96. – No. 1. – P. 123–131. DOI:10.1007/s13594-015-0247-0.

3. Cosima, D. MALDI-TOF mass spectrometric determination of intact phospholipids as markers of illegal bovine milk adulteration of high-quality milk / Cosima D. Calvano, Cristina De Ceglie, Antonella Aresta, Laura A. Facchini, Carlo G. Zambonin // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2013. – Vol. 405. – No. 5. – P. 1641–1649.

4. Capuano, E. Targeted and Untargeted Detection of Skim Milk Powder Adulteration by Near-Infrared Spectroscopy / Edoardo Capuano, Rita Boerrigter-Eenling, Alex Koot, Saskia M. van Ruth // Food Analytical Methods. – 2015. – Vol. 8. – No. 8. – P. 2125-2134. DOI:10.1007/s12161-015-0100-3.

5. Harding, F. Milk Quality. – New York: Springer, 1995. – 166 p. DOI:10.1007/978-1-4615-2195-2.

6. Черкашина, Н.А. Основные свойства сухого молока и возможность его замены при производстве колбасных изделий / Н.А. Черкашина // Все о мясе. – 2011. – № 4.– С. 36–37.

7. Пуля, О. Молоко + Меламин / О. Пуля // Аграрный эксперт. – 2009. – № 2. – С. 50–51.

8. ГОСТ Р 52791-2007. Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2008. – 14 с.

9. Morgan, F. Lactose crystallisation and early Maillard reaction in skim milk powder and whey protein concentrates / F. Morgan, C. Nouzille Appolonia, R. Baechler, G. Vuataz, A. Raemy // Lait. – 2005. – Vol. 85. – No. 4–5. – P. 315–323.

10. Fitzsimons, S.M. Denaturation and aggregation processes in thermal gelation of whey proteins resolved by differential scanning calorimetry / S.M. Fitzsimons, D.M. Mulvihill, E.R. Morris // Food Hydrocoll. – 2007– Vol. 21. – No. 4. – P. 638–644.

11. Tsourouflis, S. Loss of structure in freezedried carbohydrates solutions: effect of temperature, moisture content and composition / S. Tsourouflis, J.M. Flink, M. Karel // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1976. – Vol. 27. – P. 509–519.

12. Shrestha, A.K. Water sorption and glass transition properties of spray dried lactose hydrolysed skim milk powder / A.K. Shrestha, T. Howes, B.P. Adhikari, B.R. Bhandari // LWT - Food Science and Technology. – 2007. – Vol. 40. – No 9. – P. 1593–1600. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2006.11.003.

13. Jouppila, K. Glass transitions and crystallization in milk powders / K. Jouppila, Y.H. Roos // Journal of Dairy Science. – 1994. – V. 77. – №10. – P. 2907–2915. doi: http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77231-3.

14. Thomas, M. Study of lactose/a-lactoglobulin interactions during storage / M. Thomas, J. Scher, S. Desobry // Lait. – 2005. – V. 85. – №4-5. – P. 325–333.

15. Kim, E.H.J. Melting characteristics of fat present on the surface of industrial spray-dried dairy powders / E.H.J. Kim, X.D. Chen, D. Pearce // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – 2005. – Vol. 42. – No. 1. – P. 1–8.

16. Grotenhuis, E. Polymorphism of milk fat studied by differential scanning calorimetry and real-time X-ray powder diffraction / E. Grotenhuis, G.A. Van Aken, K.F. Van Malssen, H. Schenk // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1999. – Vol. 76. – No. 9. – P. 1031–1039. DOI:10.1007/s11746-999-0201-5.

17. Pugliese, A. Characterization of commercial dried milk and some of its derivatives by differential scanning calorimetry / Alessandro Pugliese, Maria Paciulli, Emma Chiavaro, Germano Mucchetti // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2016. – Vol. 123. – No. 3. – P. 2583–2590. DOI: 10.1007/s10973-016-5243-y.

18. Tamime, A. Microstructure of Dairy Products / Adnan Tamime // Structure of Dairy Products. – 2007. – Ch. 4. – P. 72–103

19. Atwell, W.A. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena / W.A. Atwell, L.F. Hood, D.R. Lineback, E. Varriano-Marston and H.F. Zobel // Cereal Foods World. – 1988. – Vol. 33. – P. 306–311.

20. Biliaderis, C. G. The structure and interactions of starch with food constituents / C. G. Biliaderis // Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. – 1991. – Vol. 69. – P. 60–78.

21. Rudnik, E. Thermal stability and degradation of starch derivatives / E. Rudnik, G. Matuschek, N. Milanov, A. Kettrup // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2006. – Vol. 85. – No. 2. – P. 267–270. doi:10.1007/s10973-005-7274-7.

22. Fujita, S. The Study of Melting Temperature and Enthalpy of Starch from Rice, Barley, Wheat, Foxtail- and Proso-millets / S. Fujita, G. Fujiyama // Journal Starch. – 1993. – Vol. 45. – No. 12. – P. 436–441.

23. Beninca, C. Thermal behavior of corn starch granules modified by acid treatment at 30 and 50°C / C. Beninca, I.M. Demiate, L.G. Lacerda, M.A.S. Carvalho Filho, M. Ionashiro, E. Schnitzler // Ecletica Química. – São Paulo. – 2008. – Vol. 33. – No. 3. – P. 13–18. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0100-46702008000300002.

References

1. Illarionova E.E., Bilal D.D. K voprosu fal'sifikatsii sukhogo obezzhirennogo moloka syvorotkoy [On the issue of falsification of skimmed milk serum]. *Sbornik nauchnykh trudov "Nauchnoe obespechenie molochnoy promyshlennosti (VNIMI-75 let)"* [Collection of scientific papers "Scientific support for the dairy industry"]. Moscow, 2004, pp. 141–145.

2. Vieira S.M., de Souza L.M., França A.S. et al. FTMIR-PLS as a promising method for rapid detection of adulteration by waste whey in raw milk. *Dairy Science & Technology*, 2016, vol. 96, no. 1, pp. 123–131. doi: 10.1007/s13594-015-0247-0.

3. Calvano C.D., de Ceglie C., Aresta A. et al. MALDI-TOF mass spectrometric determination of intact phospholipids as markers of illegal bovine milk adulteration of high-quality milk. *Analytical and Bioanalytical Chemistry,* 2013, vol. 405, no. 5, pp. 1641–1649. doi: 10.1007/s00216-012-6597-z.

4. Capuano E., Boerrigter-Eenling R., Koot A. et al. Targeted and Untargeted Detection of Skim Milk Powder Adulteration by Near-Infrared Spectroscopy. *Food Analytical Methods*, 2015, vol. 8, no. 8, pp. 2125–2134. doi: 10.1007/s12161-015-0100-3.

5. Harding F. *Milk Quality*. New York: Springer, 1995. 166 p. 10.1007/978-1-4615-2195-2.

6. Cherkashina N.A. Osnovnye svoystva sukhogo moloka i vozmozhnost' ego zameny pri proizvodstve kolbasnykh izdeliy [Basic properties of milk powder and possibilities of its replacement during manufacture of sausage products]. *Vse o myase* [All about the meat], 2011, no. 4, pp. 36–37.

7. Pulya O. Moloko + Melamin [Milk + Melamine]. *Agrarnyy ekspert* [The agricultural expert], 2009, no. 2, pp. 50–51.

8. *GOST R* 52791-2007. *Konservy molochnye. Moloko sukhoe. Tekhnicheskie usloviya* [Canned milk. Dry milk. Specifications]. Moscow: Standartinform Publ., 2008. 14 p.

9. Morgan F., Nouzille Appolonia C., Baechler R., Vuataz G., Raemy A. Lactose crystallisation and early Maillard reaction in skim milk powder and whey protein concentrates. *Lait*, 2005, vol. 85, no. 4–5, pp. 315–323.

10. Fitzsimons S.M., Mulvihill D.M., Morris E.R. Denaturation and aggregation processes in thermal gelation of whey proteins resolved by differential scanning calorimetry. *Food Hydrocolloids*, 2007, vol. 21, no. 4, pp. 638–644. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.07.007.

11. Tsourouflis S., Flink J.M., Karel M. Loss of structure in freezedried carbohydrates solutions: effect of temperature, moisture content and composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1976, vol. 27, pp. 509–519.

12. Shrestha A.K., Howes T., Adhikari B.P., Bhandari B.R. Water sorption and glass transition properties of spray dried lactose hydrolysed skim milk powder. *LWT - Food Science and Technology*, 2007, vol. 40, no. 9, pp. 1593–1600. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2006.11.003.

13. Jouppila K., Roos Y.H. Glass transitions and crystallization in milk powders. *Journal of Dairy Science*, 1994, vol. 77, no. 10, pp. 2907–2915. doi: http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77231-3.

14. Thomas M., Scher J., Desobry S. Study of lactose/a-lactoglobulin interactions during storage. *Lait*, 2005, vol. 85, no. 4–5, pp. 325–333.

15. Kim E.H.J., Chen X.D., Pearce D. Melting characteristics of fat present on the surface of industrial spray-dried dairy powders. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2005, vol. 42, no. 1, pp. 1–8. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2005.01.004.

16. ten Grotenhuis E., van Aken G.A., van Malssen K.F. et al. Polymorphism of milk fat studied by differential scanning calorimetry and real-time X-ray powder diffraction. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1999, vol. 76, no. 9, pp. 1031–1039. doi:10.1007/s11746-999-0201-5.

17. Pugliese A., Paciulli M., Chiavaro E. et al. Characterization of commercial dried milk and some of its derivatives by differential scanning calorimetry. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2016, vol. 123, no. 3, pp. 2583–2590. doi: 10.1007/s10973-016-5243-y.

18. Tamime A. Microstructure of Dairy Products. *Structure of Dairy Products*, 2007, Ch. 4, pp. 72–103.

19. Atwell W.A., Hood L.F., Lineback D.R., Varriano-Marston E., Zobel H.F. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. *Cereal Foods World*, 1988, vol. 33, pp. 306–311.

20. Biliaderis C.G. The structure and interactions of starch with food constituents. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 1991, vol. 69, pp. 60–78.

21. Rudnik E., Matuschek G., Milanov N., Kettrup A. Thermal stability and degradation of starch derivatives. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2006, vol. 85, no. 2, pp. 267–270. doi: 10.1007/s10973-005-7274-7.

22. Fujita S., Fujiyama G. The Study of Melting Temperature and Enthalpy of Starch from Rice, Barley, Wheat, Foxtail- and Proso-millets. *Journal Starch*, 1993, vol. 45, no. 12, pp. 436–441.

23. Beninca C., Demiate I.M., Lacerda L.G., Carvalho Filho M.A.S., Ionashiro M., Schnitzler E. Thermal behavior of corn starch granules modified by acid treatment at 30 and 50°C. *Ecletica Química*, 2008, vol. 33, no. 3, pp. 13–18. doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0100-46702008000300002.

Дополнительная информация / Additional Information

Буданина, Л.Н. Исследование подлинности сухого молока методами термического анализа и электронной микроскопии / Л.Н. Буданина, А.Л. Верещагин, Н.В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 93–99.

Budanina L.N., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Identification of authenticity of milk powder using thermal analysis and electron microscopy. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 44, no. 1, pp. 93–99 (In Russ.).

Буданина Лариса Николаевна
аспирант кафедры общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (3852) 43-53-18

Верещагин Александр Леонидович
д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (3852) 43-53-18, e-mail: val@bti.secna.ru

Бычин Николай Валерьевич
ведущий инженер кафедры общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (3852) 43-53-18

Larisa N. Budanina
Postgraduate Student of the Department of General Chemistry and Examination of Goods, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (3852) 43-53-18

Alexander L. Vereshchagin
Dr.Sci.(Chem.), Professor, Head of the Department of General Chemistry and Examination of Goods, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (3852) 43-53-18, e-mail: val@bti.secna.ru

Nikolay V. Bychin
Leading Engineer of the Department of General Chemistry and Examination of Goods, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (3852) 43-53-18

УДК 633.426

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СВЕЖЕЙ БРЮКВЫ

С.Ю. Глебова, О.В. Голуб*

*Частное образовательное учреждение высшего образования
Центросоюза Российской Федерации
«Сибирский университет потребительской кооперации» (СибУПК),
630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 26*

**e-mail: golubiza@rambler.ru*

Дата поступления в редакцию: 04.10.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. В рацион современного человека должны входить плоды и овощи как поставщики физиологически активных веществ. Однако в ассортименте данной группы продукции незаслуженно забыта исконно русская культура – брюква. Этот корнеплод в настоящее время используется в основном в кормовом производстве. Цель работы – оценка качества свежей столовой вызревшей брюквы, выращиваемой в домохозяйствах Новосибирской области. Цель достигается путем решения следующих задач: определение соответствия продукции требованиям нормативной документации (по внешнему виду; внутреннему строению; размеру корнеплодов по наибольшему поперечному диаметру; содержанию корнеплодов с незначительными механическими повреждениями мякоти или кожицы, с незначительными зарубцевавшимися трещинами, с поверхностными повреждениями кожицы вредителями (повреждения грызунами не допускаются), с черешками листьев длиной свыше установленных размеров, с отклонениями по размеру; наличию земли, прилипшей к корнеплодам; наличию подмороженных, загнивших корнеплодов); определение основных органолептических (размер, правильность формы, внешняя привлекательность, интенсивность и равномерность окраски, консистенция покровных тканей и мякоти, аромат и вкус) показателей, а также химического состава. В работе использовались общепринятые методы исследований (органолептические и физико-химические), результаты которых обрабатывались с использованием программных продуктов. Установлено, что исследуемая на протяжении трех лет брюква соответствует требованиям нормативной документации по регламентируемым показателям, а ее органолептическая оценка доказывает ее отличное качество. Выявлено, что химический состав брюквы соответствует средним литературным данным. Исследуемая брюква может быть использована в питании современного человека, в том числе при возрождении блюд русской кухни.

Ключевые слова. Брюква, показатели качества, химический состав

QUALITY EVALUATION OF FRESH RUTABAGA

S.Yu. Glebova, O.V. Golub*

*Siberian University of Consumer Cooperation,
26, Pr. K. Marx, Novosibirsk, 630087, Russia*

**e-mail: golubiza@rambler.ru*

Received: 04.10.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. The diet of a modern man should contain fruits and vegetables as producers of physiologically active substances. However, rutabaga - primordial Russian vegetable - has been unfairly forgotten in the range of this product group. At present this root crop is mainly used in fodder production. The purpose of the research is quality evaluation of fresh ripened rutabaga grown in the households of the Novosibirsk region. The aim is achieved by fulfilling the following tasks: determination of conformity of products to the requirements of normative documentation (in appearance; internal structure; the size of roots in the greatest transverse diameter; the amount of roots with minor mechanical damage of the pulp or the skin, slight healed cracks, surface damage of skin with pests (rodent damage is not permitted), with petioles longer than the established size, with deviations in size; the presence of the soil adhered to the roots; the presence of frozen, decaying roots; determination of the main organoleptic parameters (size, correct shape, visual appeal, the intensity and uniformity of color, consistency of epithelial tissues and pulp, aroma and taste), as well as chemical composition. We have used common research methods (organoleptic and physical-chemical ones), the results being processed with software products. It has been established that rutabaga tested for three years meets the regulatory requirements in terms of regulated indices and its organoleptic evaluation proves its excellent quality. It has been revealed that the chemical composition of rutabaga is consistent with the average literature data. Studied rutabaga can be used as food when reviving Russian cuisine.

Keywords. Rutabaga, quality indices, chemical composition

Введение

Брюква в России занимает сравнительно небольшие площади посева и используется в основном как кормовая культура. В современных условиях брюква в питании практически не применяется, хотя до ввоза в Россию картофеля именно эта культура была основным продуктом питания. Также в отношении этой культуры в последние годы мало проводится исследований [1, 2].

Брю́ква (*Brassica napus L*) – двулетнее овощное и кормовое растение из семейства крестоцветных (капустных). По своим питательным свойствам брюква принадлежит к числу ценных овощных культур. Брюква содержит белки, сахара, пектиновые вещества, витамины (аскорбиновую кислоту, витамины группы В и пр.), минеральные вещества (калий, магний, железо, серу и др.) и т.д. Химический состав брюквы обусловливает ее бактерицидные, мочегонные, противовоспалительные и ранозаживляющие свойства.

В пищу брюкву используют в сыром виде (салаты), а также после тепловой обработки (в тушеном, жареном, вареном и запеченном виде). Брюква – популярный продукт кухонь многих народов. Хаггис с пюре из брюквы и картофеля является кулинарным символом Шотландии. Каша брюквенная, или кааликапудер, – национальное эстонское блюдо. Традиционное британское блюдо – пастушья запеканка (мясная с брюквой). В удмуртской кухне брюква используется для приготовления пирогов с начинкой из брюквы (сяртчынянь), также тушится в кастрюле в печи (паронка). Брюквенная запеканка – это национальное финское блюдо, которое готовится на Рождество. Широко распространена брюква в кухнях Швеции и Германии. На Руси традиционными блюдами были похлебки и щи из брюквы, а также брюква тушеная.

Для Новосибирской области, относящейся к 10 региону допуска, в государственный реестр включены 6 сортов брюквы: Красносельская (год включения в реестр 1950), Новгородская (2007), Детская любовь (2009), Гера (2010), Верейская (2010), Светлая мечта (2015) [3]. Сорта различаются сроком созревания, окраской, формой клубня и массой.

На наш взгляд, в связи с возрождением русской кухни необходимо проводить исследования по разработке продукции, в том числе общественного питания, с использованием данной культуры. Все вышесказанное обусловливает цель работы – провести оценку качества свежей столовой вызревшей брюквы, выращиваемой в домохозяйствах Новосибирской области.

Объекты и методы исследований

Объект исследований – свежая столовая вызревшая брюква. Предмет исследований – качественные характеристики свежей столовой вызревшей брюквы. Материалы – продукция, выращенная в Новосибирской области.

Исследования показателей качества свежей столовой вызревшей брюквы осуществляли на соответствие требованиям РСТ РСФСР 745-88 «Брюква столовая свежая» [4]. При выполнении исследований свежих овощей использовались общепринятые органолептические и физико-химические методы. Согласно РСТ РСФСР 745, брюкву каждой фракции взвешивали и вычисляли в процентах от массы объединенной пробы [4]. Органолептическую оценку осуществляли по 5-балльной системе с учетом коэффициентов значимости показателей качества [5, 6]. Размер определяли путем измерения, массу – взвешиванием. Использовался метод определения земли и примеси по ГОСТ 7194-81 «Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества». Определение основных показателей химического состава осуществляли согласно методам, представленным в соответствующих стандартах – ГОСТ 24556-1989 (ИСО 6557-1-86, ИСО 6557-2-84) «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С», ГОСТ 25555.4-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы», ГОСТ 28561-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги», ГОСТ 29059-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ», ГОСТ 8756.13-87 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров», ГОСТ 8756.22-80 «Метод определения каротина», ГОСТ ISO 750-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности». Содержание калия, натрия и кальция устанавливали методом пламенной фотометрии, магния – объемным, фосфора – колориметрическим методом [7]. Сахарокислотный индекс продукции определяется путем расчета соотношения количественного содержания сахаров к органическим кислотам. Энергетическую ценность продукции определяли расчетным методом [8].

Исследования, представленные в работе, проводились в 3–9-кратной повторности, обрабатывались статистически с использованием стандартных методов.

Результаты и их обсуждение

В условиях влажного летне-осеннего периода (2014–2016 гг.) наблюдались высокие урожаи брюквы всех исследуемых образцов. Для объективной оценки использовали сортосмесь свежей столовой вызревшей брюквы (далее – брюква).

Результаты исследования показателей качества (сортосмесь) представлены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, исследуемая брюква по показателям качества соответствует требованиям нормативного документа по всем показателям качества. Общее число допускаемых отклонений без учета допуска по размеру равняется 7,18 % от массы, что не превышает регламентируемых 15 % от массы.

Представленные на рис. 1 результаты органолептической оценки подтверждают сделанный ранее вывод, а также констатируют, что исследуемая брюква отличается оригинальной окраской (от желтой до темно-антоциановой), создаваемой содержащимися каротином и ликопином; специфическим запахом, обусловленным наличием эфирных масел; оригинальным сладковато-острым вкусом, обусловленным наличием гликозида синигриома, состоящего из остатков молекул глюкозы и кретанового горчичного масла. Суммарная балловая оценка (9,46±0,33) свидетельствует о том, что брюква относится к отличной категории качества.

Таблица 1

Показатели качества исследуемой свежей столовой вызревшей брюквы, произрастающей в Новосибирской области (средние данные за 2014–2016 гг.)

Показатель	Требования согласно РСТ РСФСР 745-88	Фактическая характеристика
Внешний вид	Корнеплоды свежие, целые, здоровые, незагрязненные, незастрелковавшиеся, типичной для ботанического сорта формы и окраски, с черешками листьев не более 20 мм, без боковых корешков (обрезаются вплотную к корнеплоду)	Корнеплоды свежие, целые, здоровые, незагрязненные, незастрелковавшиеся, округлой формы, с окраской кожуры от желтой до темно-антоциановой, с черешками листьев не более 20 мм, без боковых корешков (обрезаны вплотную к корнеплоду)
Внутреннее строение	Мякоть сочная, плотная, неогрубевшая, без пустот	Мякоть сочная, плотная, неогрубевшая, без пустот
Размер корнеплодов по наибольшему поперечному диаметру, мм	50–150	71,11±2,64
Содержание корнеплодов в % от массы:		
- с незначительными механическими повреждениями мякоти или кожицы	Не более 5	2,03±0,55
- с незначительными зарубцевавшимися трещинами	Не более 5	1,42±0,35
- с поверхностными повреждениями кожицы вредителями (повреждения грызунами не допускаются)	Не более 5	1,42±0,22
- с черешками листьев длиной свыше установленных размеров	Не более 5	1,26±0,36
- с отклонениями по размеру	Не более 10	0,74±0,17
Наличие земли, прилипшей к корнеплодам, в % от массы	Не более 1	0,30±0,06
Подмороженные, загнившие корнеплоды	Не допускаются	Отсутствуют

Рис. 1. Органолептическая оценка качества исследуемой свежей столовой вызревшей брюквы, произрастающей в Новосибирской области (2016 г., n = 7)

При создании продуктов здорового питания в последние годы уделяют значительное внимание химическому составу изначального сырья. Это послужило поводом по исследованию данного критерия у брюквы (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав исследуемой свежей столовой вызревшей брюквы, произрастающей в Новосибирской области (средние данные за 2014–2016 гг.)

Показатель	Литературные данные [8]	Фактические результаты
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	12,2	13,21±0,46
Массовая доля углеводов, %	7,7	7,14±0,33
Массовая доля титруемых кислот (по яблочной), %	0,2	0,25±0,01
Массовая доля белков, %	1,2	1,37±0,09
Сахарокислотный индекс	-	28,66±1,71
Массовая доля пектиновых веществ, %	2,2	2,65±0,14
Массовая доля золы, %	0,8	0,93±0,06

Как видно из данных табл. 2, химический состав исследуемой брюквы сопоставим с литературными данными. Отмечается незначительное превышение по содержанию белков, титруемых кислот, пектиновых и минеральных веществ при одновременном снижении углеводов, что, скорее всего, объясняется условиями произрастания и сортовыми особенностями. При этом можно отметить, что по содержанию углеводов среди других корнеплодов брюква

уступает только свекле (8,8 %); органических кислот – превосходит редис, репу, редьку черную, свеклу (по 0,1 %), но уступает моркови (0,3 %); белков – уступает редьке черной (1,9 %) и свекле с репой (по 1,5 %), но сопоставима с морковью (1,3 %), превосходя редис (1,2 %); пектиновых веществ – превосходит другие корнеплоды (свекла 2,5 %, морковь 2,4 %, редька черная 2,1 %, репа 1,9 %, редис 1,6 %) [8].

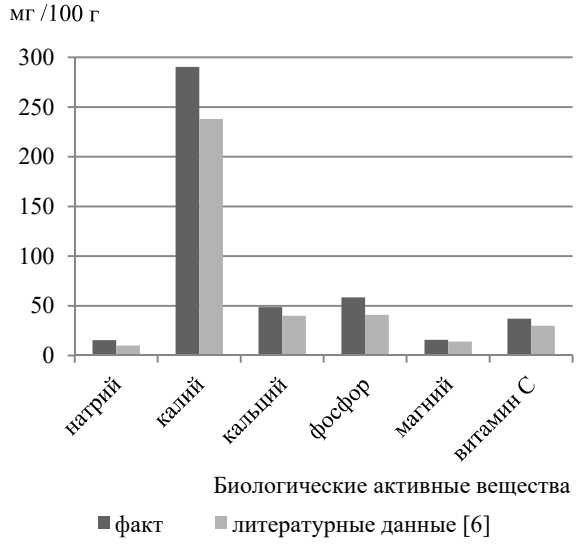


Рис. 2. Биологически активные вещества свежей столовой вызревшей брюквы, произрастающей в Новосибирской области (средние данные за 2014–2016 гг.)

Из данных табл. 2 видно, что по содержанию минеральных веществ брюква уступает моркови, редьке черной и свекле (по 1,0 %), превосходя репу и редис (соответственно 0,7 и 0,6 %) [6]. При этом результаты исследований минерального состава брюквы (рис. 2) свидетельствуют, что по содержанию магния, фосфора, кальция, калия и натрия она превосходит литературные данные.

Как видно из данных рис. 2, брюкву можно рассматривать как хороший источник антиоксидантных веществ, к которым относится витамин С. Со 100 г свежей продукции можно употребить 61,7 % суточной потребности в данном биологически активном веществе (средняя суточная потребность – 60 мг [9]).

Брюкву нельзя рассматривать как источник β-каротина (54,78 мкг/100 г), но последний обусловливает привлекательную окраску продукции.

Наличие низкокалорийных, но физиологически полноценных продуктов в рационе питания является необходимым. К данным продуктам можно отнести брюкву, поскольку ее энергетическая ценность низкая (42,45 ккал /100 г), что является достоинством данного корнеплода.

Выводы

Проведенные исследования по оценке качества свежей столовой вызревшей брюквы, произрастающей в домохозяйствах Новосибирской области, свидетельствуют о том, что корнеплоды могут быть использованы без ограничений при употреблении как в свежем виде, так и для переработки (в домашних условиях и промышленном масштабе), в том числе при создании продукции, способствующей возрождению русской кухни.

Список литературы

1. Zhu M. Predicting oxygen and carbon dioxide partial pressures within modified atmosphere packages of cut rutabaga / M. Zhu et al. // Journal of food science. – 2002. – Vol. 67. – №. 2. – P. 714–720.

2. Mullin, W.J. Hydrolysis products from glucosinolates in rutabaga (Brassica napobrassica, Mill.) / W.J. Mullin // International Journal of Food Science & Technology. – 1980. – Vol. 15. – №. 2. – P. 163–168.

3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (сорта растений) на 2 марта 2016 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gossort.com/reestr-1.html (дата обращения: 15.03.2016).

4. РСТ РСФСР 745-88. Брюква столовая свежая. – М.: ГОСПЛАН РСФСР, 1988. – 6 с.

5. Широков, Е.П. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. Часть 1. Картофель. Плоды, овощи / В.П. Широков. – М.: Колос, 1999. – 254 с.

6. Заворохина, Н.В. Сенсорный анализ продовольственных товаров на предприятиях пищевой промышленности, торговли и общественного питания / Н.В. Заворохина, О.В. Голуб, В.М. Позняковский. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 144 с.

7. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош [и др.]; под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1987. – 430 с.

8. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / Под ред. член-корр. МАИ проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛиПринт, 2002. – 236 с.

9. Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 881 «О принятии технического регламента Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» (вместе с «ТР ТС 022/2011. Технический регламент Таможенного союза. Пищевая продукция в части ее маркировки»).

References

1. Zhu M., Chu C.L., Wang S.L., Lencki R.W. Predicting ohygen and carbon diohide partial pressures shhithin modified atmosphere packages of cut rutabaga. *Journal of food science*, 2002, vol. 67, no 2, pp. 714–720.

2. Mullin W.J. Hydrolysis products from glucosinolates in rutabaga (*Brassica napobrassica, Mill.*). *International Journal of Food Science & Technology*, 1980, vol. 15. no 2, pp. 163–168. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1980.tb00928.x.

3. *Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispol'zova-niyu (sorta rasteniy) na 2 marta 2016 goda* [State Register of Breeding Achievements Approved for use (plant varieties) on March 2, 2016] Available at: http://www.gossort.com/reestr-1.html (accessed 15.03.2016)].

4. *RST RSFSR 745-88. Bryukva stolovaya svezhaya* [RST RSFSR 745-88. Rutabaga fresh dining]. Moscow: GOSPLAN RSFSR Publ., 1988. 6 p.

5. Shirokov E.P., Polegaev V.I. *Khranenie i pererabotka produktsii rastenievodstva s osnovami standartizatsii i sertifikatsii. Chast' 1. Kartofel'. Plody, ovoshchi* [Storage and processing of crop production with basics of standardization and certification. Part 1. Potatoes. Fruits, vegetables]. Moscow: Kolos Publ., 1999. 254 p.

6. Zavorokhina N.V., Golub O.V., Poznyakovskiy V.M. *Sensornyy analiz prodovol'stvennykh tovarov na predpriyatiyakh pishchevoy promyshlennosti, torgovli i obshchestvennogo pitaniya* [Sensory analysis of food products in the food industry, trade and public catering]. Moscow: INFRA-M Publ., 2016. 144 p.

7. Ermakova A.I. *Metody biokhimicheskogo issledovaniia rastenii* [Methods for biochemical study of plants]. Leningrad: Agropromizdat Publ., 1987. 430 p.

8. Skurihin I.M., Tutel'yan V.A. *Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov: Spravochnik* [Chemical composition of Russian food: Reference]. Moscow: DeLi print Publ., 2002. 236 p.

9. *Reshenie Komissii Tamozhennogo soyuza ot 09.12.2011 № 881 «O prinyatii tekhnicheskogo regla-menta Tamozhennogo soyuza «Pishchevaya produktsiya v chasti ee markirovki» (vmeste s «TR TS 022/2011. Tekhniche-skiy reglament Tamozhennogo soyuza. Pishchevaya produktsiya v chasti ee markirovki»).* [The decision of the Customs Union Commission on 09.12.2011 № 881 "On approval of the technical regulation ment of the Customs Union "Food products regarding its marking" (along with "TR CU 022/2011. The tech-nical regulations of the Customs Union. The food products regarding its marking")].

Дополнительная информация / Additional Information

Глебова, С.Ю. Оценка качества свежей брюквы / С.Ю. Глебова, О.В. Голуб // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 100–104.

Glebova S.Yu., Golub O.V. Quality evaluation of fresh rutabaga. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 100–104 (In Russ.).

Глебова Светлана Юрьевна
канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой технологии и организации общественного питания, Частное образовательное учреждение высшего образования Центросоюза Российской Федерации «Сибирский университет потребительской кооперации», 630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 26, тел.: +7 (383) 346-16-20, e-mail: suhinsu@mail.ru

Голуб Ольга Валентиновна
д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров, технологии общественного питания, Частное образовательное учреждение высшего образования Центросоюза Российской Федерации «Сибирский университет потребительской кооперации», 630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 26, тел.: +7 (383) 346-17-53, e-mail: golubiza@rambler.ru

Svetlana Yu. Glebova
Cand.Sci.(Biol.), Associate Professor, Head of the Department of Catering Technology and Organization, Siberian University of Consumer Cooperation, 26, Pr. K. Marx, Novosibirsk, 630087, Russia, phone: +7 (383) 346-16-20, e-mail: suhinsu@mail.ru

Olga V. Golub
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Commodity and Examination of Goods, Technology of Public Catering, Siberian University of Consumer Cooperation, 26, Pr. K. Marx, Novosibirsk, 630087, Russia,
phone: +7 (383) 346-17-53, e-mail: golubiza@rambler.ru

УДК 634.722

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯГОД КРАСНОЙ СМОРОДИНЫ

О.В. Голуб*, Е.Н. Степанова, Е.В. Тяпкина

Частное образовательное учреждение высшего образования
Центросоюза Российской Федерации
«Сибирский университет потребительской кооперации» (СибУПК),
630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 26

**e-mail: golubiza@rambler.ru*

Дата поступления в редакцию: 12.10.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. Ягоды являются исключительно полезными представителями продуктов растительного происхождения благодаря значительному количеству содержащихся в них биологически активных веществ. Популярными для районов Сибири являются культивируемые и дикорастущие ягоды смородины, крыжовника, облепихи и другие. В настоящее время недостаточно изученными остаются ягоды смородины красной, биохимический состав которых, а также товарное качество зависят от территории произрастания культуры. Цель работы – изучение пищевой ценности и оценка качества ягод красной смородины, произрастающей в Новосибирской области. Цель достигается путем решения следующих задач: определение пищевой ценности ягод красной смородины (массовые доли растворимых сухих веществ, титруемых кислот (по яблочной), углеводов, пектиновых веществ, золы, витамина С, Р-активных веществ, калия, железа, кальция, фосфора и магния); проведение оценки качества согласно требованиям действующего национального стандарта (внешний вид, запах и вкус; массовые доли ягод перезревших и раздавленных, зеленых и растительных примесей, кистей и ягод, пораженных болезнями и поврежденных сельскохозяйственными вредителями; средняя масса ягод). В работе использовались общепринятые методы исследования, полученные результаты обрабатывались с использованием программных продуктов. Выявлено, что по пищевой ценности, в том числе физиологической и органолептической, образцы ягод красной смородины близки к имеющимся литературным данным, а по качеству относятся к первому товарному сорту. Ягоды красной смородины (сортосмесь) местного произрастания благодаря их достаточно высокой физиологической ценности можно рекомендовать для непосредственного употребления в пищу или для переработки.

Ключевые слова. Красная смородина, пищевая ценность, оценка качества

NUTRITIONAL VALUE AND QUALITY OF RED CURRANT BERRIES

O.V. Golub*, E.N. Stepanova, E.V. Tyapkina

Siberian University of Consumer Cooperation,
26, Pr. K. Marx, Novosibirsk, 630087, Russia

**e-mail: golubiza@rambler.ru*

Received: 12.10.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. Berries are exceptionally useful representatives of plant foods owing to a great amount of biologically active substances contained in them. Wild and cultivated currants, gooseberries, sea buckthorn and others are popular in the regions of Siberia. Today, red currants remain insufficiently studied, their biochemical composition and commercial quality depending on the territory of growth of the culture. The aim of the research is to study the nutritional value and to evaluate the quality of red currant berries grown in the Novosibirsk region. The goal is achieved by solving the following tasks: determining the nutritional value of berries of red currant (mass fraction of soluble solids, titratable acids (for apples), carbohydrates, pectin, ash, vitamin C, P-active substances, potassium, iron, calcium, phosphorus and magnesium); quality evaluation according to the requirements of the current national standard (appearance, smell and taste; mass fraction of overripe and crushed berries, green and plant matter, brushes, and berries affected by diseases and damaged by pests; average weight of berries). Generally accepted methods of research have been used. The obtained results have been processed using software products. It has been revealed that nutritional, physiological and organoleptic value of samples of red currant berries is close to available literature data, the quality being of the first grade. Local red currant berries having high physiological value can be recommended for direct consumption or for processing.

Keywords. Red currant, nutritional value, quality evaluation

Введение

Смородина красная относится к семейству крыжовниковых, секции *Ribesia Berl*. Виды смородины красной, использованные в создании сортов, полиморфны и представлены в разных коллекциях множеством форм, что позволяет отобрать наиболее перспективные из них для дальнейшего прогресса селекции. Красная смородина произрастает в природе и культивируется во многих частных и фермерских хозяйствах. Для регионов Сибири, в частности Новосибирской области, выращивание красной смородины является традиционным видом деятельности. Следовательно, учеными постоянно проводятся исследования по выведению новых сор-

тов, изучению их пищевой ценности и пригодности к переработке [1, 2, 3]. Культивируются многие сорта красной смородины, однако для промышленного сбора и переработки, а также для реализации в торговой сети не выделяют отдельные помологические сорта, а имеют дело с сортосмесью.

Хотелось бы отметить, что красная смородина занимает незаслуженно малую долю в заготовке и переработке. Не используется ее потенциал для производства плодово-ягодной продукции, напитков и кондитерских изделий и т.д. При этом ягоды красной смородины обладают высокой пищевой ценностью, в том числе физиологической.

На основании вышесказанного, цель настоящей работы – изучение пищевой ценности и оценка качества ягод красной смородины, произрастающей в Новосибирской области.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись свежие ягоды красной смородины в виде сортосмеси. Предмет исследований – пищевая ценность и качественные характеристики ягод красной смородины. Материалы исследования – продукция, произрастающая в Новосибирской области. Сбор ягод осуществлялся в домохозяйствах области в конце июля 2014 и 2015 гг.

Исследование пищевой ценности ягод красной смородины осуществляли по соответствующим методам, изложенным в нормативно-правовых документах, методических указаниях и справочных источниках. При исследованиях химического состава ягод красной смородины использовали ГОСТ 28561-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги», ГОСТ 8756.13-87 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров», ГОСТ ISO 750-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности», ГОСТ 24556-1989 (ИСО 6557-1-86, ИСО 6557-2-84) «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С», ГОСТ 25555.4-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы». Карбозольным методом определяли содержание пектиновых веществ [4]. Содержание яблочной и лимонной кислот осуществляли методом с применением трилона Б, янтарной – основанным на извлечении органических кислот и переводе их в бариевые соли [4]. Содержание катехинов, антоцианов, лейкоантоцианов определяли колориметрическим методом в модификации Л.И. Вигорова [5], сумму фенольных соединений по Фолину–Юенису на спектрофотометре [5]. Содержание калия и кальция определяли методом пламенной фотометрии, магния – объемным, фосфора – колориметрическим, железа – фотометрическим методом [4]. Сахарокислотный индекс продукции определяется путем соотношения количественного содержания сахаров к органическим кислотам. Органолептическую оценку осуществляли по 5-балльной системе [5, 6]. Энергетическую ценность продукции определяли расчетным методом [7]

Исследования показателей качества для определения товарного сорта сортосмеси ягод красной смородины осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54698-2011 «Смородина красная и белая свежая. Технические условия» [8]. Внешний вид, запах и вкус оценивали визуально [8]. Наличие зеленых, недозревших, перезревших, раздавленных ягод; пораженных болезнями, гнилью, испорченных и поврежденных сельскохозяйственными вредителями кистей и ягод; растительных и посторонних примесей, сельскохозяйственных вредителей и продуктов их жизнедеятельности определяли визуально [8].

Полученные результаты обрабатывались с использованием программных продуктов Microsoft Office.

Результаты и их обсуждение

Согласно Федеральному закону от 02.01.2000 № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов», пищевая ценность – «…совокупность свойств пищевого продукта, при наличии которых удовлетворяются физиологические потребности человека в необходимых веществах и энергии». Как следует из приведенного определения, пищевая ценность пищевых продуктов, в том числе ягод, определяется в основном их химическим составом, органолептическими достоинствами и энергетической ценностью. На основании этого проведены исследования химического состава ягод красной смородины. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав сортосмеси ягод красной смородины, произрастающих в Новосибирской области (средние данные за 2014-2016 гг.)

Показатель	Литературные данные [7, 9]	Фактические результаты
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	10,9	12,44±2,32
Массовая доля сахаров, %	4-11	6,42±0,67
Массовая доля титруемых кислот (по яблочной), %	0,6-4,18	2,11±0,28
Массовая доля пектиновых веществ, %	3,4	3,01±0,24
Массовая доля витамина С, мг/ 100 г	до 83	64,77±4,56
Массовая доля Р-активных веществ, мг/100 г: - катехинов - антоцианов - лейкоантоцианов - общих полифенолов	236-609	 68,5±9,87 48,7±4,55 89,7±14,36 234,4±21,98
Массовая доля золы, %	0,6	0,61±0,05
Массовая доля калия, мг /100 г	275	264±24
Массовая доля кальция, мг /100 г	36	37,18±2,17
Массовая доля магния, мг /100 г	17	16,48±0,46
Массовая доля фосфора, мг /100 г	33	35,12±2,74
Массовая доля железа, мг /100 г	0,9	0,84±0,14

Из представленных в табл. 1 данных следует, что количество сухих веществ анализируемых ягод находится на более высоком уровне против литературных данных [7, 9]. Известно, что на содержание растворимых сухих веществ большое влияние оказывают климатические условия зоны произрастания [5].

В основном сухие вещества ягод обеспечиваются достаточно большой долей сахаров. Последние представлены преимущественно глюкозой и фруктозой, в незначительном количестве – сахарозой (в среднем соответственно 4,41, 1,49 и 0,52 мг/100 г).

Органические кислоты участвуют в формировании приятного кисловатого вкуса ягод. В исследуемых ягодах их содержание имеет среднее значение по сравнению с литературными данными [7, 9]. Органические кислоты ягод представлены в основном яблочной, лимонной и янтарной кислотами (в среднем соответственно, 1,84, 0,08 и 0,03 мг/100 г).

Также данные таблицы подтверждают оригинальный кисло-сладкий вкус ягод, который характеризуется сахарокислотным индексом, в среднем составляющим 2,97–3,14 от. ед.

Пектиновые вещества, содержащиеся в ягодах красной смородины (протопектин 1,74 мг/100 г, растворимый пектин 1,27 мг/100 г), обусловливают способность образовывать желе, обладают обволакивающими свойствами, за счет чего способствуют заживлению язв желудка и очищению организма от тяжелых металлов.

Данные, представленные в таблице, показывают высокую физиологическую ценность ягод красной смородины по отдельным нутриентам.

Ягоды красной смородины не относятся к богатым источникам аскорбиновой кислоты. Тем не менее, в них может содержаться до 83 мг/100 г аскорбиновой кислоты [9]. В исследуемых ягодах красной смородины содержание аскорбиновой кислоты составляет 64,77 мг/100 г.

По данным табл. 1 видно, что ягоды красной смородины содержат достаточное количество Р-активных веществ, которые обладают высокой «капилляроукрепляющей» способностью. Основными представителями Р-активных веществ являются флавоноиды, в том числе содержащиеся в исследуемых ягодах катехины и антоцианы, лейкоантоцианы. При этом хотелось бы отметить, что катехины ягод участвуют в формировании вкуса ягод и продуктов их переработки, при этом антоцианы обусловливают привлекательную окраску ягод – в исследуемых образцах их доля составляет 97,7 мг/100 г, однако лейкоантоцианы вызывают нежелательные изменения цвета продукции при технологической переработке.

В исследуемой сортосмеси ягод красной смородины содержание минеральных веществ также находится в пределах литературных данных [7, 9] – 0,61 %. Основные минеральные вещества представлены солями калия, кальция, фосфора, магния и железа.

Среди макроэлементов отмечено довольно высокое содержание калия, который способствует регуляции водно-солевого обмена, удалению воды и шлаков из организма, профилактике деятельности сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем организма. В 100 г ягод красной смородины содержится 7,5 % суточной потребности в данном элементе (3500 мг/сут. [10]).

Кальций, содержащийся в ягодах, не может в полной мере удовлетворить суточную потребность человека в данном нутриенте – 3,7 % (1000 мг/сут. [10]). Кальций, помимо участия в построении скелета, необходим в процессе свертывания крови и регуляции деятельности ферментов, способствует поступлению в клетки питательных веществ и т.д.

Помимо указанных выше минеральных веществ (калия и кальция), в ягодах содержится еще и магний, который также обладает щелочным характером. 100 г ягод удовлетворяют суточную потребность человека в данном нутриенте на 4,1 % (400 мг сут. [10]). Магний необходим для нормальной деятельности центральной и периферической нервной системы организма человека, активизирует функционирование ферментов и т.д.

Фосфор требуется организму человека для обеспечения нормального роста костной и зубной тканей и т.д. В ягодах красной смородины содержится 4,4 % суточной потребности человека в данном нутриенте (800 мг/сут. [10]).

Ягоды красной смородины нельзя рассматривать как источник железа (6 % от среднесуточной потребности – 14 мг [10]), которое необходимо для образования гемоглобина и миоглобина, ферментов, осуществления основных биохимических процессов организма человека.

Дегустационная оценка товарных качеств ягод красной смородины, определялись по двум показателям – привлекательность внешнего вида и вкусовые достоинства.

Как видно из данных рис. 1, качество исследуемых ягод красной смородины, согласно полученным дегустационным оценкам, – хорошее (суммарный балл 4,43). Оно обусловлено следующими показателями:

- «привлекательность внешнего вида» – ягоды красивые: крупные, правильной формы, нарядной окраски;
- «вкус» – хороший, кисло-сладкий.

Энергетическая ценность исследуемой сортосмеси ягод красной смородины составляет в среднем 35 ккал/100 г.

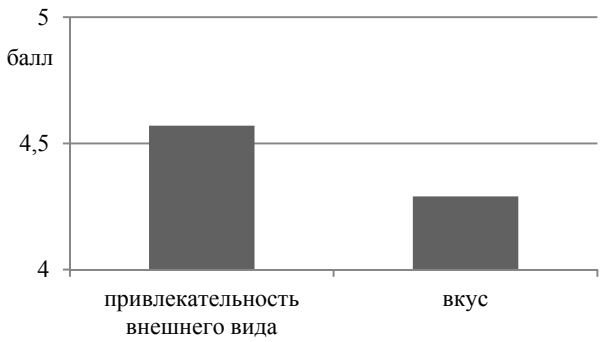


Рис. 1. Дегустационная оценка качества исследуемой сортосмеси ягод красной смородины, произрастающих в Новосибирской области (2016 г., n = 7)

Таблица 2

Органолептические показатели качества сортосмеси ягод красной смородины, произрастающих в Новосибирской области

Показатель	Требования ГОСТ Р 54698 для товарного сорта [8]			Фактическая характеристика
	высшего	первого	второго	
Внешний вид	Ягоды свежие, чистые, здоровые, потребительской зрелости, типичной для помологического сорта окраски, без излишней внешней влажности			Ягоды свежие, чистые, здоровые, потребительской зрелости, красной – густо-красной окраски, без излишней внешней влажности. Форма – округлая, слегка вытянутая к основанию
	Кисть полная, плотная	Кисть почти полная, допускается наличие отдельных ягод		Кисть полная, плотная
Запах и вкус	Свойственные данному помологическому сорту, без постороннего запаха и (или) привкуса			Малозаметный запах ягод красной смородины, вкус свойственный, преимущественно кисло-сладкий. Посторонние запахи и привкусы отсутствуют

Как известно, качество продукции, в том числе ягод красной смородины, зависит от множества факторов (упаковки, транспортировки и т.д.). Качество продукции характеризует ее пригодность удовлетворять определенные потребности потребителя, в частности, для ягод красной смородины – употребления в свежем виде или для переработки. В настоящее время показатели качества для ягод красной смородины изложены в национальном стандарте ГОСТ Р 54698-2011 «Смородина красная и белая свежая. Технические условия». В табл. 2 и 3 представлены результаты исследований сортосмеси ягод красной смородины на соответствие требованиям вышеуказанного стандарта с целью дальнейшего определения возможности использования исследуемой продукции.

Из данных табл. 2 видно, что исследуемая сортосмесь ягод красной смородины по регламентируемым органолептическим характеристикам (внешний вид, запах и вкус) относится к высшему сорту. Не замечено регламентируемых отклонений по показателю «внешний вид», из-за которых мог быть снижен товарный сорт. Однако данные табл. 3 свидетельствуют о том, что исследуемая сортосмесь ягод красной смородины может быть отнесена только к первому товарному сорту. Снижение сорта обусловлено тем, что в партии содержатся 1,02±0,41 % перезревших и раздавленых ягод, а также 0,44±0,11 % зеленых ягод и растительных примесей.

Таблица 3

Физические показатели качества сортосмеси ягод красной смородины, произрастающих в Новосибирской области

Показатель	Требования ГОСТ Р 54698 для товарного сорта [8]			Фактические данные
	высшего	первого	второго	
Массовая доля, %*: - перезревших и раздавленных ягод	Не более 0,5	Не более 2,0	Не более 4,0	1,02± 0,41
- недозревших ягод	Не более 1,0	Не более 1,0	Не более 1,0	0,42± 0,11
- зеленых ягод и растительных примесей (листья, стебли растений, кисти без ягод и (или) их части)	Не более 0,5	Не более 1,0	Не более 1,0	0,44± 0,11
- кистей и ягод, пораженных болезнями и поврежденных сельскохозяйственными вредителями	Не допускается	Не более 0,5	Не более 0,5	Отсутствуют
Средняя масса ягоды, г	Не нормируется			0,71± 0,17

Примечание. *В исследуемых ягодах отсутствуют не допускаемые стандартом кисти и/или ягоды, пораженные гнилью и испорченные; посторонние примеси (земля, песок, галька и т.п.); сельскохозяйственные вредители и продукты их жизнедеятельности.

В дополнение к исследованиям установлено, что средняя масса ягоды колеблется от 0,54 до 0,88 г, что согласуется с литературными данными [9].

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований можно констатировать то, что исследуемая сортосмесь ягод красной смородины обладает высокой пищевой ценностью, по показателям качества относится к первому товарному сорту, может реализоваться потребителям без ограничений и использоваться для выработки разнообразных продуктов питания.

Список литературы

1. Cosmulescu, S. Mineral composition of fruit in black and red currant / S. Cosmulescu, I. Trandafir, V. Nour // South Western Journal. Horticulture, Biology and Environment. – 2015. – Vol. 6. – No. 1. – P. 43–51.

2. The Influence of Early Yield on the Accumulation of Major Taste and Health-Related Compounds in Black and Red Currant Cultivars (*Ribes* spp.) / J. Milivojevic, A. Slatnar, M. Mikulic-Petkovsek, F. Stampar, M. Nikolic, R. Veberic // *J. Agric. Food Chem.* – 2012. – Vol. 60 (10). – P. 2682–2691.

3. Phenolic profile, antioxidant and antiproliferative activity of black and red currants *(Ribes spp.)* from organic and conventional cultivation / A. Wojdyło, J. Oszmiański, M. Milczarek, J. Wietrzyk // International Journal of Food Science & Technology. – 2012. – no. 28. – P. 715–726.

4. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1987. – 430 с.

5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. акад. РАСХН Е.Н. Седова, д-ра с.-х. наук Т.П. Огольцовой. – Орел: Изд-во Всерос. научно-исслед. ин-та селекции плодовых культур, 1999. – 608 с.

6. Заворохина, Н.В. Сенсорный анализ продовольственных товаров на предприятиях пищевой промышленности, торговли и общественного питания / Н.В. Заворохина, О.В. Голуб, В.М. Позняковский. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 144 с.

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

8. ГОСТ Р 54698-2011. Смородина красная и белая свежая. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012. – 8 с.

9. Левгерова, Н.С. Научное обоснование создания сырьевых садов на основе генетического потенциала плодовых культур: дис. … д-ра с.-х. наук: 06.01.07 / Левгерова Надежда Станиславовна. – Орел, 2009. – 493 с.

10. Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 881 «О принятии технического регламента Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» (вместе с «ТР ТС 022/2011. Технический регламент Таможенного союза. Пищевая продукция в части ее маркировки»).

References

1. Cosmulescu S., Trandafir I., Nour V. Mineral composition of fruit in black and red currant [Mineral composition of fruit in black and red currant]. *South Western Journal. Horticulture, Biology and Environment*, 2015. – Vol. 6, no 1, pp. 43–51.

2. Milivojevic J., Slatnar A., Mikulic-Petkovsek M., Stampar F., Nikolic M., Veberic R. The Influence of Early Yield on the Accumulation of Major Taste and Health-Related Compounds in Black and Red Currant Cultivars (*Ribes spp*.). *J. Agric. Food Chem.*, 2012, 60 (10), pp. 2682–2691.

3. Wojdyło A., Oszmiański J., Milczarek M., Wietrzyk J. Phenolic profile, antioxidant and antiproliferative ac-tivity of black and red currants (*Ribes spp.*) from organic and conventional cultivation. *International Journal of Food Science & Technology,* 2012, no. 28, pp. 715–726.

4. Ermakova A.I. *Metody biokhimicheskogo issledovaniia rastenii* [Methods for biochemical study of plants]. Leningrad: Agropromizdat Publ., 1987. 430 p.

5. Sedov E.N., Ogol'tsova T.P. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* [Program and methods of variety investigation of fruit, berry and nut crops]. Orel: Izd-vo Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta selektsii plodovykh kul'tur Publ., 1999. 608 p.

6. Zavorokhina N.V., Golub O.V., Poznyakovskiy V.M. *Sensornyy analiz prodovol'stvennykh tovarov na predpriyatiyakh pishchevoy promyshlennosti, torgovli i obshchestvennogo pitaniya* [Sensory analysis of food products in the food industry, trade and public catering]. Moscow: INFRA-M Publ., 2016. 144 p.

7. Skurihin I.M., Tutel'yan V.A. *Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov: Spravochnik* [Chemical composition of Russian food: Reference]. Moscow: DeLi print Publ., 2002. 236 p.

8. *GOST R 54698-2011. Smorodina krasnaya i belaya svezhaya. Tekhnicheskie usloviya* [State Standard 54698-2011. Currant red and white fresh. Specifications]. Moscow: Standartinform Publ., 2012. 8 p.

9. Levgerova N.S. *Nauchnoe obosnovanie sozdaniya syr'evykh sadov na osnove geneticheskogo potentsiala plodovykh kul'tur. Diss. dokt s.-kh. nauk* [Scientific justification of creation of raw gardens on the basis of the genetic potential of fruit crops. Dr. of agricultural sci. diss.]. Orel, 2009. 493 p.

10. *Reshenie Komissii Tamozhennogo soyuza ot 09.12.2011 № 881 «O prinyatii tekhnicheskogo regla-menta Tamozhennogo soyuza «Pishchevaya produktsiya v chasti ee markirovki» (vmeste s «TR TS 022/2011. Tekhniche-skiy reglament Tamozhennogo soyuza. Pishchevaya produktsiya v chasti ee markirovki»)* [The decision of the Customs Union Commission on 09.12.2011 № 881 "On approval of the technical regulation ment of the Customs Union "Food products regarding its marking" (along with "TR CU 022/2011. The tech-nical regulations of the Customs Union. The food products regarding its marking")].

Дополнительная информация / Additional Information

Голуб, О.В. Пищевая ценность и качество ягод красной смородины / О.В. Голуб, Е.Н. Степанова, Е.В. Тяпкина // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 105–110.

Golub O.V., Stepanova E.N., Tyapkina E.V. Nutritional value and quality of red currant berries. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 105–110 (In Russ.).

Голуб Ольга Валентиновна
д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров, технологии общественного питания, Частное образовательное учреждение высшего образования Центросоюза Российской Федерации «Сибирский университет потребительской кооперации», 630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 26, тел.: +7 (383) 346-17-53, e-mail: golubiza@rambler.ru

Olga V. Golub
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Commodity and Examination of Goods, Technology of Public Catering, Siberian University of Consumer Cooperation, 26, Pr. K. Marx, Novosibirsk, 630087, Russia,
phone: +7 (383) 346-17-53, e-mail: golubiza@rambler.ru

Степанова Елена Николаевна
канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров, Частное образовательное учреждение высшего образования Центросоюза Российской Федерации «Сибирский университет потребительской кооперации», 630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 26, тел.: +7 (383) 346-17-53,
e-mail: enstepanova@yandex.ru

Тяпкина Елена Валерьевна
канд. техн. наук, доцент, старший преподаватель кафедры товароведения и экспертизы товаров, Частное образовательное учреждение высшего образования Центросоюза Российской Федерации «Сибирский университет потребительской кооперации», 630087, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 26, тел.: +7 (383) 346-17-53,
e-mail: tyapkina.alen@yandex.ru

Elena N. Stepanova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Commodity and Examination of Goods, Siberian University of Consumer Cooperation, 26, Pr. K. Marx, Novosibirsk, 630087, Russia, phone: +7 (383) 346-17-53,
e-mail: enstepanova@yandex.ru

Elena V. Tyapkina
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Senior Lecturer of the Department of Commodity and Examination of Goods, Siberian University of Consumer Cooperation, 26, Pr. K. Marx, Novosibirsk, 630087, Russia, phone: +7 (383) 346-17-53,
e-mail: tyapkina.alen@yandex.ru

УДК 661.74

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВИДОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Ю.В. Голубцова

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**e-mail: ahr@kemtipp.ru*

Дата поступления в редакцию: 31.01.2017
Дата принятия в печать: 02.03.2017

Аннотация. Видовая идентификация свежего плодово-ягодного сырья занимает важное место в контроле качества готовых продуктов. В статье представлены результаты исследований, направленных на разработку метода видовой идентификации плодово-ягодного сырья с применением молекулярно-генетического анализа на примере: *Ribes uva-crispa* (крыжовник обыкновенный, сорт Кооператор), *Rosa majalis Herrm* (шиповник майский), *Prunus fruticose* (вишня степная, сорт Алтайская ласточка), *Actinidia deliciosa* (киви деликатесный). С использованием различных программных пакетов, а также базы данных GenBank NCBI для каждого из исследуемых объектов плодово-ягодного сырья на уровне родовой дифференциации удалось найти подходящий участок ДНК для дальнейшей разработки на его основе универсальных праймеров – участок 18S рДНК. Создана единая матрица выравнивания для каждого из исследуемых объектов плодово-ягодного сырья с помощью программы GeneDoc, проведена повторная проверка каждой матрицы на предмет наличия ошибок чтения или прочих спорных однонуклеотидных замен. Авторами проведен алгоритмический анализ последовательностей и поиск оптимальных позиций посадки праймеров с помощью программы PrimerQuest с указанием в настройках максимального размера ампликона, читаемого парой праймеров, не превышающего 300 п.н. Определены оптимальные параметры процесса амплификации: объем праймеров 0,5 мкл, режим амплификации: 95 ºС, 60 с; 62 ºС, 45 с; 72 ºС, 30 с; 30 циклов. Выбранный режим амплификации подтвержден результатами проведения ПЦР со всеми образцами плодово-ягодного сырья с визуализацией в виде электрофореграммы в 1%-ном агарозном геле. Проведена дополнительная проверка специфичности праймеров с помощью алгоритма BLAST. Установлено, что все отсеквенированные последовательности фрагментов, читаемых каждой из пар разработанных праймеров, полностью совпали с депонированными в GenBank последовательностями исследуемого вида сырья.

Ключевые слова. Плодово-ягодное сырье, видовая идентификация, растительное сырье, молекулярно-генетический анализ, секвенирование плодово-ягодного сырья

DESIGN OF SPECIFIC IDENTIFICATION METHOD OF FRUIT RAW MATERIAL BASED ON MOLECULAR GENETIC ANALYSIS

Yu.V. Golubtsova

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: ahr@kemtipp.ru*

Received: 31.01.2017
Accepted: 02.03.2017

Annotation. Species identification of fresh fruit raw material plays an important role in the quality control of finished products. The article presents the results of research aimed at the design of species identification method of fruit raw material: *Ríbes úva-críspa* (gooseberry of “The Cooperator” variety), *Rosa majalis Herrm* (Rosa majalis), *Prunus fruticose* (ground cherry of “The Altaiskaya Lastochca” variety), *Actinidia deliciosa* (kiwi delicacy) applying molecular genetic analysis. Using a variety of software packages, as well as GenBank NCBI database for each of the objects of fruit raw material at the level of generic differentiation we managed to find a suitable DNA segment for further development, on its basis, of universal primers - section 18S rDNA. A unified alignment matrix for each of the objects of fruit raw material with the help of GeneDoc program has been developed; recheck of each matrix for the presence of read errors or other controversial single nucleotide substitutions has been carried out. The authors have conducted an algorithmic sequence analysis and the search for optimum positions of primer setting using PrimerQuest program with the indication of the maximum size of the amplicon, readable by a primer pair not exceeding 300 bp. The optimum parameters of the amplification process are the following: primers’ volume of 0.5 l; amplification conditions: 95 °C, 60 seconds; 62 °C, 45 seconds; 72 °C, 30 seconds; 30 cycles have been determined. The selected amplification mode is confirmed by the results of PCR with all samples of fruit raw material with visualization in the form of electrophoregram in 1% gel. Additional investigation of primers’ specificity using the BLAST algorithm has been done. It has been found that all sequences of fragments readable with each of the pairs of primers designed coincide with deposited in Genbank sequences of investigated raw material.

Keywords. Fruit raw material, species identification, plant material, molecular genetic analysis, sequencing of fruit raw material

Введение

Постоянное совершенствование методов молекулярной биологии и накопление данных по составу генома плодово-ягодных растений [1, 2] способствовали появлению методов идентификации сырья растительного происхождения в продуктах питания, основанных на ДНК-технологиях с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР). Метод полимеразной цепной реакции позволяет из единичных клеток, содержащихся в анализируемом образце, получить необходимое количество ДНК для их идентификации [3–6]. Установление видовой принадлежности растительного сырья при помощи ПЦР отличается универсальностью, более глубоким уровнем видовой дифференциации, высокой воспроизводимостью и возможностью количественного анализа. Кроме того, ДНК более устойчива в условиях технологического процесса, чем традиционно используемые низкомолекулярные маркеры [7, 8]. Учеными предложены многочисленные модификации по совершенствованию ПЦР [1, 9–12].

Несмотря на то, что использование метода ПЦР для видовой идентификации тканей растительного происхождения получило высокую оценку зарубежных специалистов, в нашей стране это направление не нашло широкого практического применения [13].

Использование коротких олигонуклеотидных праймеров позволяет проводить дифференциацию различных образцов плодово-ягодного сырья. Сложность заключается в том, что праймеры должны быть универсальными – одинаково эффективно амплифицировать фрагменты ДНК как из сырого материала, например свежих фруктов, так и из термообработанного, например повидла. Однако к настоящему моменту известно, что из термообработанного материала ожидаемый размер ампликона будет не более 270–300 пар нуклеотидов [14]. Следовательно, необходимо разработать праймеры, надежно амплифицирующие фрагмент длиной не более 300 п.н. Амплифицируемый фрагмент также должен содержать в себе определенное количество SNP (Single Nucleotide Polymorphism – единичные нуклеотидные замены), т.е. быть не полностью консервативным, – это позволит с большей вероятностью провести правильное определение объекта. При этом для «посадки» праймеров необходимо наличие консервативных участков ДНК.

В такого рода работах чаще других используют гены рДНК (РНК) – 18S, 5.8S и 26S, разделенные внутренними транскрибируемыми спейсерами ITS1 и ITS2 [15, 16]. Это обусловлено функциональной важностью данного участка генома, а также присутствием в нем эволюционно лабильных и консервативных областей в пределах одного повторяющегося участка, повсеместным присутствием во всех известных организмах, расширяющимся числом депонированных в GenBank последовательностей, используемых для сравнения [17].

Для дальнейшей работы было принято решение использовать участок малой субъединицы рибосомы – 18S рРНК, так как это наиболее часто используемый маркер в таксономических исследованиях и по нему есть большое количество информации.

Объекты и методы исследований

Теоретические и экспериментальные исследования выполнены на кафедре «Бионанотехнология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)».

Отдельные этапы работы выполнены в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы», ГК № 14.740.11.1219 по теме: «Молекулярно-генетический анализ ДНК растительного происхождения с целью разработки ПЦР-тест-систем для идентификации фальсификации продуктов на их основе», соглашение № 4.В37.2.968.

В работе исследовано плодовое сырье: *Ribes uva-crispa* (крыжовник обыкновенный, сорт Кооператор), *Rosa majalis Herrm* (шиповник майский), *Prunus fruticose* (вишня степная, сорт Алтайская ласточка), *Actinidia deliciosa* (киви деликатесный).

Поиск нуклеотидных последовательностей геномов проводили по базам данных GenBank (Национальный институт здоровья, США).

Праймеры подобраны с использованием программы PrimerQuest (http://eu.idtdna.com/Primerquest/Home/Index). Компьютерная обработка, выравнивание последовательностей проведены в программах ClustalW и GeneDoc, построение филогенетических деревьев – в программе Mega 6.

Для дополнительной проверки специфичности праймеров было произведено секвенирование фрагментов, читаемых каждой из пар разработанных праймеров. Для этого было поставлено 8 ПЦР-реакций – по одной с каждой парой праймеров, соответствующих одному типа сырья. Полученные ПЦР-продукты переосаждались этанолом в присутствии ацетата аммония, высушивались, а затем были отсеквенированы по Сэнгеру с помощью прибора ABI Prism 3500xl. Выходные данные секвенатора – хроматограммы – конвертировались в нуклеотидную последовательность, а затем с помощью алгоритма BLAST сравнивались с имеющимися в базе данных Genbank NCBI (Национальный институт здоровья, США) последовательностями.

Подобранные для проведения ПЦР видоспецифичные праймеры синтезированы в ЗАО «Синтол» (Москва). Выделение ДНК проводили с использованием коммерческого набора реагентов «Сорб-ГМО» ЗАО «Синтол».

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 представлены номера последовательностей NCBI видов плодово-ягодного сырья.

Таблица 1

Использованные в работе номера NCBI изучаемых объектов в 18S рРНК

Род, к которому относятся изучаемые плоды и ягоды	Номера NCBI нуклеотидных последовательностей изучаемых видов плодово-ягодного сырья
Ribes	AY138019; AY138010; AY138005; AY137993; AY137980; AY137992; AY137977; AY138015; AY138020; AY138028; AY138030; AY138032; AY138033; AY138027; AY138026; AY138024; AY138023; AY138022; AY138021; AY138011; AY137989; AY137976; AY138010
Rosa	U90801; DQ242529; DQ242528; DQ242526; DQ242523; KP093154; KP093153; HM593928; HM593927; HM593926; HM593925; HM593924; HM593911; FM164424
Prunus	HQ332167; AF318729; KT887519; AF318717; AF318738; AF318721; AF318724; JQ926626
Actinidia	KC832314; KR819508; KR819507; KR819515; KX394612; KR819509; KR819510; KR819511; KR819512; KR819513; KR819514

Филогенетический анализ, проведенный на основе нуклеотидных последовательностей 18S рРНК изучаемого плодово-ягодного сырья, показывает родственные связи видов плодовых растений внутри одного рода. Например, род *Prunus* включает различные виды плодово-ягодного сырья – вишню, сливу, персик, абрикос, черемуху и др., что необходимо учитывать в экспериментальных исследованиях и практической работе по видовой идентификации сырья. С одной стороны, разработанные праймеры на основе выбранных нуклеотидных последовательностей можно использовать для идентификации всех представленных видов внутри родов, с другой – необходимо помнить, что при взаимном присутствии плодово-ягодного сырья, относящегося к одному роду, их идентифицировать будет невозможно.

На следующем этапе исследований в программе GeneDoc ранее проведенные выравнивания были визуализированы и отредактированы. Таким образом, была создана единая матрица выравнивания для каждого из исследуемых объектов. Матрицы приведены на рис. 1–4. Далее проводили повторную проверку каждой матрицы на предмет наличия ошибок чтения или прочих спорных однонуклеотидных замен.

Матрицы были выровнены с двух сторон выравнивания. Наличие выступающих «хвостов» может помешать дальнейшей работе программ.

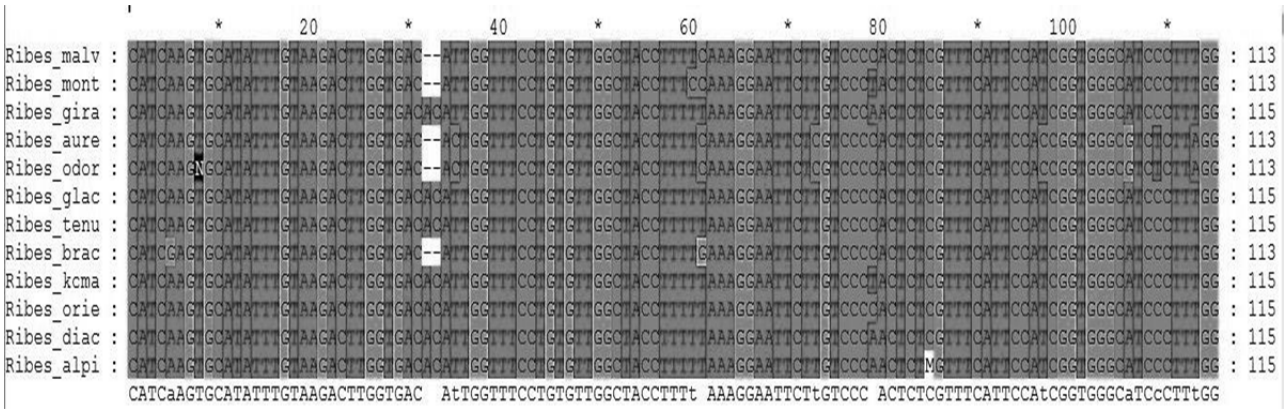


Рис. 1. Часть матрицы выравнивания нуклеотидных последовательностей *Ríbes úva-críspa*

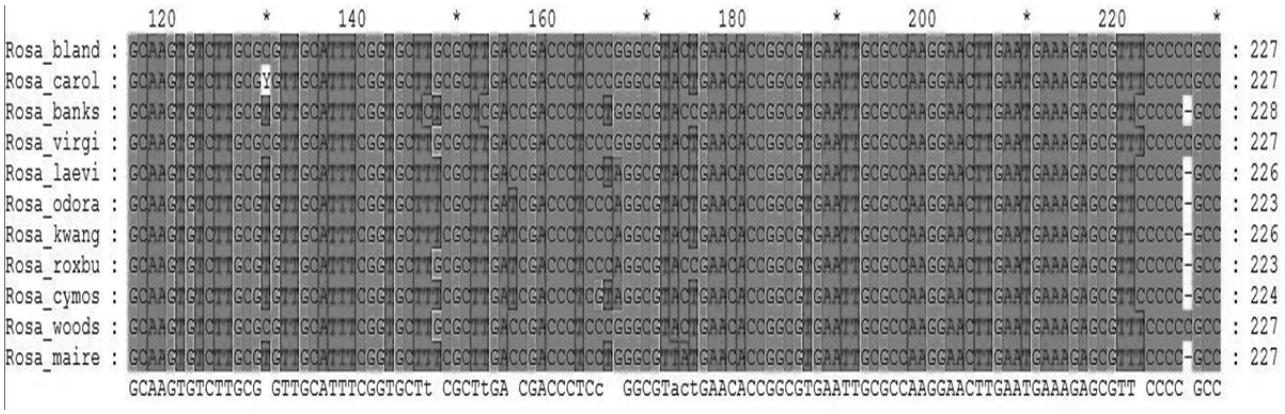


Рис. 2. Часть матрицы выравнивания нуклеотидных последовательностей *Rosa majalis Herrm*

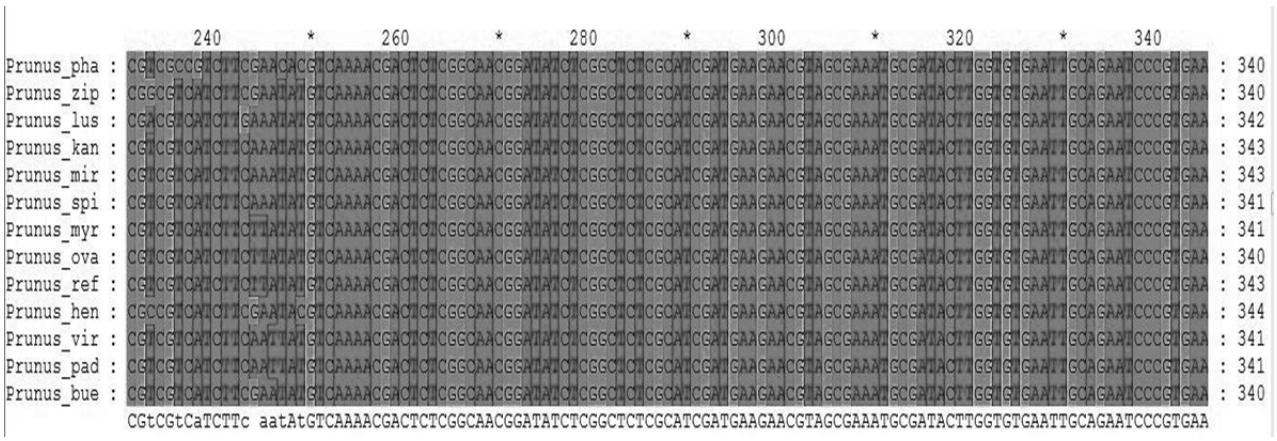


Рис. 3. Часть матрицы выравнивания нуклеотидных последовательностей *Prunus fruticose*

Рис. 4. Часть матрицы выравнивания нуклеотидных последовательностей *Actinidia deliciosa*

Таким образом, были получены прямоугольные матрицы выравнивания для каждого из исследуемых объектов.

Далее каждая матрица загружалась в программу PrimerQuest для алгоритмического анализа последовательностей и поиска оптимальных позиций посадки праймеров.

В настройках обязательно указывалось, что максимальный размер ампликона, читаемого парой праймеров, не должен превышать 300 п.н. Из предложенных программой вариантов праймеров выбиралась оптимальная пара. Учитывались такие параметры, как длина праймера, температура отжига, расположение ампликона. Выбранные универсальные непересекающиеся праймеры для определения методом ПЦР плодово-ягодного сырья (земляники, крыжовника, вишни, малины, банана, шиповника, киви) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Универсальные праймеры для тест-систем ПЦР

Наименование сырья	Длина праймера, п.н.	Длина ампликона, п.н.	Праймеры
Ribes uva-crispa	22 23	269	CGTCGTCTCATATGTCCATCAA GGAGCAATAAAGCACCACATAC
Prunus fruticose	22 23	285	CTTGGTGTGAATTGCAGAATCC CATCTTTACTTCTAGCCCTCGAC
Rosa majalis	20 21	227	GTTTCCTGTGTTGGCTACCT TGGGCAGATGGAGCAATAAA
Actinidia deliciosa	21 22	283	GACCCGCGAACTTGTCTAATA GCATTTCGCTACGTTCTTCATC

Известно, что на проведение ПЦР влияют такие параметры, как концентрация праймеров, температура отжига, температура денатурации и количество циклов амплификации.

Все праймеры были разработаны с помощью программы PrimerQuest (http://eu.idtdna.com/Primerquest/Home/Index). Для упрощения дальнейшей работы программы в установочных настройках было рекомендовано создать праймеры с одинаковой температурой отжига, что и было сделано.

Однако необходимо было также выявить оптимальные параметры амплификации, которые будут использованы в дальнейшем. Так как температура отжига праймеров известна (62 ºС), под знаком вопроса остается лишь количество циклов, а также время элонгации ПЦР.

Размер ампликонов, получаемых с помощью разработанных праймеров, колеблется от 230 до 300 нуклеотидов. Исходя из этого, рекомендуемое время элонгации во время ПЦР составляет 30 секунд.

Для выбора оптимального количества циклов амплификации был проведен эксперимент по схеме, представленной в табл. 3. В процессе эксперимента варьировались такие параметры, как количество циклов ПЦР реакции, а также время элонгации.

Анализ показал, что оптимальными параметрами амплификации являются значения II варианта опыта (табл. 3). Лимитирующим фактором при работе с данными праймерами является количество циклов реакции. Изменение времени элонгации не сопровождается изменениями других параметров реакции, изменение температуры отжига не рекомендуется: при понижении температуры в реакции будет образовываться множество неспецифических продуктов амплификации, при повышении – амплификации искомых фрагментов не произойдет.

После проведения ПЦР со всеми праймерами и типами сырья полученные продукты были визуализированы с помощью электрофореза в 1%-ном агарозном геле. Анализ показал, что реакция прошла успешно со всеми исследуемыми образцами плодово-ягодного сырья.

Таблица 3

Схема проведения исследования по определению оптимальных параметров амплификации

Параметры	Варианты опыта					
	I		II		III	
Объем праймеров, мкл	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Режим амплификации	95 °С, 60 с 62 °С, 30 с 72 °С, 30 с 25 циклов		95 °С, 60 с 62 °С, 45 с 72 °С, 30 с 30 циклов		95 °С, 60 с 62 °С, 30 с 72 °С, 30 с 40 циклов	

Для дополнительной проверки специфичности праймеров было произведено секвенирование фрагментов, читаемых каждой из пар разработанных праймеров. Для этого было поставлено 8 ПЦР-реакций – по одной с каждой парой праймеров, соответствующих одному типа сырья. Полученные ПЦР-продукты переосаждались этанолом в присутствии ацетата аммония, высушивались, а затем были отсеквенированы по Сэнгеру с помощью прибора ABI Prism 3500xl. Выходные данные секвенатора – хроматограммы (рис. 5) конвертировались в нуклеотидную последовательность, а затем с помощью алгоритма BLAST сравнивались с имеющимися в GenBank NCBI последовательностями.

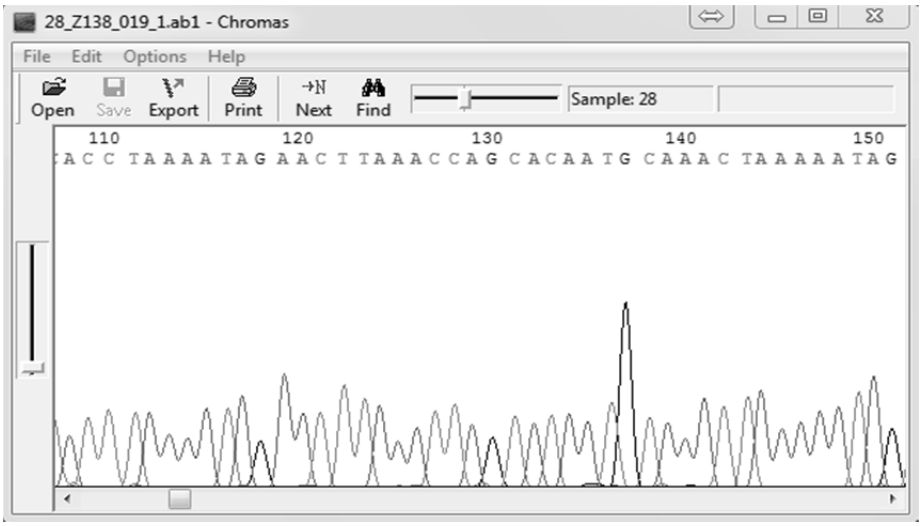


Рис. 5. Графический вывод секвенатора ABI Prism – хроматограмма

Все отсеквенированные последовательности совпали с задепонированными в GenBank последовательностями каждого вида сырья.

Таким образом, с использованием различных программных пакетов, а также базы данных GenBank NCBI для каждого из исследуемых объектов плодово-ягодного сырья на уровне родовой дифференциации удалось найти подходящий участок ДНК для дальнейшей разработки на его основе универсальных праймеров – это участок 18S рДНК.

Все найденные последовательности имеют как консервативную часть – для посадки пары прайме-

ров, так и изменчивую – для достоверного определения видов или проведения филогенетического анализа. Создана единая матрица выравнивания для каждого из исследуемых объектов плодово-ягодного сырья с помощью программы GeneDoc, проведена повторная проверка каждой матрицы на предмет наличия ошибок чтения или прочих спорных однонуклеотидных замен.

Проведен алгоритмический анализ последовательностей и поиск оптимальных позиций посадки праймеров с помощью программы PrimerQuest с указанием в настройках максимального размера ампликона, читаемого парой праймеров, не превышающего 300 п.н.

Из предложенных программой вариантов праймеров выбраны оптимальные пары для каждого вида плодово-ягодного сырья с учетом таких параметров, как длина праймера, температура отжига, расположение ампликона.

Определены оптимальные параметры процесса амплификации: объем праймеров 0,5 мкл, режим амплификации: 95 °С, 60 с; 62 °С, 45 с; 72 °С, 30 с; 30 циклов. Выбранный режим амплификации подтвержден результатами проведения ПЦР со всеми образцами плодово-ягодного сырья с визуализацией в виде электрофореграммы в 1%-ном агарозмом геле.

Проведена дополнительная проверка специфичности праймеров с помощью алгоритма BLAST. Установлено, что все отсеквенированные последовательности фрагментов, читаемых каждой из пар разработанных праймеров, полностью совпали с задепонированными в GenBank последовательностями исследуемого вида сырья.

Дальнейшие исследования будут направлены на проверку жизнеспособности разработанного метода на примере объектов, содержащих термообработанное плодово-ягодное сырье, – в частности, молочные продукты с добавлением крыжовника, шиповника, вишни и киви.

Список литературы

1. Урбанович, О.Ю. Молекулярные методы в селекции яблони на устойчивость к красногалловой яблони / О.Ю. Урбанович, З.А. Козловская, А.А. Хацкевич, Н.А. Картель // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – № 5. – С. 54–60.

2. Малышев, С.В. Идентификация и паспортизация сортов сельскохозяйственных культур (мягкой пшеницы, картофеля, томата, льна и свеклы) на основе ДНК-маркеров: методические рекомендации / С.В. Малышев, О.Ю. Урбанович, Н.А. Картель. – Минск, 2006. – 28 с.

3. Galkin, A.Yu. Development of quality control methods and analysis of herbal preparation for treatment and prevention of alopecia/ A. Yu. Galk, A.G. Kotov // Украинский журнал лабораторной медицины. 2011. – Vol. 6. – No 2. – P. 115–119.

4. Negi, M.S. Length and sequence heterogeneity in 5S rDNA of Populus deltoides / M.S. Negi, J. Rajagopal, N. Chauhan et al. // Genome. – 2002. – Vol. 45. – No. 6. – P. 1181–1188.

5. Методы ДНК-технологии для идентификации растительного сырья в молочных продуктах / А.Ю. Просеков, О.В. Мудрикова, А.В. Булавина, А.Н. Архипов // Молочная промышленность. – 2011. – № 12. – С. 62–63.

6. Lisitsyn, A. Research of methods of identification and quantitative content of prion protein in blood of animals and man / A. Lisitsyn, A. Prosekov, O. Kriger // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7. – No. 2. – P. 1723–1728.

7. Lees M. (eds.) Food Authenticity and Traceability. CRC Press: Cambridge U.K. – 2003. – 612 p.

8. Конструирование родоспецифичных и видоспецифичных праймеров для индикации и идентификации *Lactobacillus bulgaricus* / К.В. Беспоместных, О.О. Бабич, Е.В. Короткая, А.Ю. Просеков // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Т. 16. – № 1. – С. 64–68.

9. ПЦР «в реальном времени» / Д.В. Ребриков, Г.А. Саматов, Д.Ю. Трофимов [и др.]; под ред. Д.В. Ребрикова.– М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.– 215 с.

10. PCR Protocol Optimization for Genetic Diversity Assessment and Molecular. Characterization of Sour Cherry Cultivars / I.V. Berindean, E. Cardei, G. Roman, M. Sturzeanu, D. Pamfil // Bulletin UASVM Horticulture. – 2012. – Vol. 69. – No. 1. – P. 71–80.

11. Юдин, М.С. Исследование методов Полимеразной цепной реакции для определения сырьевых компонентов в готовых продуктах / М.С. Юдин, К.Ю. Зубарева // Международный журнал экспериментального образования. – 2010. – № 8. – С. 77–79.

12. Боронникова, С.В. Молекулярно-генетическая идентификация и паспортизация редкого вида растений Пермского края *Adenophora Lilifolia* (L.) A. DC. / С.В. Боронникова, Ю.С. Нечаева // Вестник Пермского университета. Серия: биология. – 2012. – Вып. 1. – С. 41–44.

13. Prosekov, A.Yu. Theory and practice of prion protein analysis in food products / A.Yu. Prosekov // Foods and Raw Materials. – 2014. – Vol. 2. – No. 2. – P. 106–120.

14. Просеков, А.Ю. Современные методы исследования сырья и биотехнологической продукции / А.Ю. Просеков, О.О. Бабич, С.А. Сухих. – Кемерово, 2013. – 183 с.

15. Moskvina, N.A. Primenenie metoda polimeraznoj cepnoj reakcii dlya vidovoj identifikacii produktov pererabotki rastitel'nogo syr'ya / N.A. Moskvina, Yu.V. Golubcova, O.V. Kriger // Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. – 2014. – No. 2. – P. 126–129.

16. Бадаева, Е.Д. Структура генома и хромосомный анализ растений / Е.Д. Бадаева, Е.А. Салина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – № 4–2. – С. 1017–1043.

17. Сравнительный анализ первичной структуры гена 18s рРНК представителей разных экобиоморф рода Veronica l. (Scrophulariaceae) / В.А. Пантюхина, Д.В. Новиков, Н.П. Савиных, В.В. Новиков // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – № 2–3. – С. 169–173.

References

1. Urbanovich O.Yu., Kozlovskaya Z.A., Khatskevich A.A., Kartel' N.A. Molekulyarnye metody v selektsii yabloni na ustoychivost' k krasnogallovoy yabloni [Molecular methods in apple breeding for resistance to rosy leaf-curling aphid]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2013, no. 5, pp. 54–60.

2. Malyshev S.V., Urbanovich O.Yu., Kartel' N.A. *Identifikatsiya i pasportizatsiya sortov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur (myagkoy pshenitsy, kartofelya, tomata, l'na i svekly) na osnove DNK-markerov: metod. Rekomendatsii* [The identification and passportisation of varieties of crops (of soft wheat, of potato, of tomato, of flax and beet) on the basis of DNA markers: methodological recommendations]. Minsk, 2006. 28 p.

3. Galkin A.Yu., Kotov A.G. Development of quality control methods and analysis of herbal preparation for treatment and prevention of alopecia. *Ukrainskiy zhurnal laboratornoy meditsiny* [Ukrainian magazine of laboratory medicine], 2011, vol. 6, no. 2, pp. 115–119.

4. Negi M.S., Rajagopal J., Chauhan N. et al. Length and sequence heterogeneity in 5S rDNA of Populus deltoids. *Genome*, 2002, vol. 45, no. 6, pp. 1181–1188.

5. Prosekov A.Yu., Mudrikova O.V., Bulavina A.V., Arkhipov A.N. Metody DNK-tekhnologii dlya identifikatsii rastitel'nogo syr'ya v molochnykh produktakh [DNA technology methods for the identification of plant raw dairy products]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2011, no. 12, pp. 62–63.

6. Lisitsyn A., Prosekov A., Kriger O. Research of methods of identification and quantitative content of prion protein in blood of animals and man. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, vol. 7, no. 2, pp. 1723–1728.

7. Lees M. (eds.) *Food Authenticity and Traceability.* CRC Press: Cambridge U.K., 2003. 612 p.

8. Bespomestnykh K.V., Babich O.O., Korotkaya E.V., Prosekov A.Yu. Konstruirovanie rodospetsifichnykh i vidospetsifichnykh praymerov dlya indikatsii i identifikatsii *Lactobacillus bulgaricus* [Design of genus-specific and speciesspecific primers for indication and identification of *Lactobacillus bulgaricus*]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2010, vol. 16, no. 1, pp. 64–68.

9. Rebrikov D.V. (ed.), Samatov G.A., Trofimov D.Yu. et al. *PTsR «v real'nom vremeni»* [PCR "in real time"]. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2009. 215 p.

10. Berindean I.V., Cardei E., Roman G., Sturzeanu M., Pamfil D. PCR Protocol Optimization for Genetic Diversity Assessment and Molecular. Characterization of Sour Cherry Cultivars. *Bulletin UASVM Horticulture*, 2012, vol. 69, no. 1, pp. 71–80.

11. Yudin M.S., Zubareva K.Yu. Issledovanie metodov polimeraznoy tsepnoy reaktsii dlya opredeleniya syr'evykh komponentov v gotovykh produktakh [Research by method polimeraznoj chain reaction to determine the raw material components in the finished products]. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International journal of experimental education], 2010, no. 8, pp. 77–79.

12. Boronnikova S.V., Nechaeva Yu.S. Molekulyarno-geneticheskaya identifikatsiya i pasportizatsiya redkogo vida rasteniy Permskogo kraya *Adenophora Lilifolia* (L.) A. DC. [The molecular-genetic identification and sertification of rare species of plants of Perm krai *Adenophora lilifolia* (L.) A. DC.]. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: biologiya* [Bulletin of Perm University. Biology], 2012, iss. 1, pp. 41–44.

13. Prosekov A.Yu. Theory and practice of prion protein analysis in food products. *Foods and Raw Materials,* 2014, vol. 2, no. 2, pp. 106–120.

14. Prosekov A.Yu., Babich O.O., Sukhikh S.A. *Sovremennye metody issledovaniya syr'ya i biotekhnologicheskoy produktsii* [Modern methods of research of raw materials and biotechnology products]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2013. 183 p.

15. Moskvina N.A., Golubcova Yu.V., Kriger O.V. Primenenie metoda polimeraznoy tsepnoy reaktsii dlya vidovoy identifikatsii produktov pererabotki rastitel'nogo syr'ya [Application of polymerase chain reaction method for specific identification of foods of plant raw material processing]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2014, no. 2, pp. 126–129.

16. Badaeva E.D., Salina E.A. Struktura genoma i khromosomnyy analiz rasteniy [Genome structure and chromosome analysis in plants]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 2013, no. 4-2, p. 1017–1043.

17. Pantyukhina V.A., Novikov D.V., Savinykh N.P., Novikov V.V. Cravnitel'nyy analiz pervichnoy struktury gena 18s rRNK predstaviteley raznykh ekobiomorf roda *Veronica* L. (Scrophulariaceae) [A comparative analysis of the primary structure of the 18S rRNA gene of different ecobiomorph representatives of the genus *Veronica* L. (Scrophulariaceae)]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo* [Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod], 2012, no. 2-3, pp. 169–173.

Дополнительная информация / Additional Information

Голубцова, Ю.В. Разработка метода видовой идентификации плодово-ягодного сырья на основе молекулярно-генетического анализа / Ю.В. Голубцова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 111–117.

Golubtsova Yu.V. Design of specific identification method of fruit raw material based on molecular genetic analysis. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 111–117 (In Russ.).

Голубцова Юлия Владимировна
канд. техн. наук, и. о. проректора по развитию имущественного комплекса, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47,
тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: ahr@kemtipp.ru

Yulia V. Golubtsova
Cand.Sci.(Eng.), Acting Vice-rector for Property Complex Development, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57,
e-mail: ahr@kemtipp.ru

УДК 631.95, 66.097.8

АКТИВНОСТЬ ЛИПАЗЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

Ю.А. Дьяченко*, А.Д. Цикуниб

ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет»,
385000, Россия, Республика Адыгея, г. Майкоп,
ул. Первомайская, 208

**e-mail: jesi-001@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 18.08.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. Проведены исследования активности липаз в различных по уровню качества и степени экологической чистоты семенах подсолнечника: высококачественных (ВКСП), с влажностью не менее 6,5 % и не более 8 %, кислотным числом не более 0,8 мл КОН, с отсутствием пестицидов, радионуклидов, микотоксинов, сорной и масличной примесей не более 1,5 % и 3,5 % соответственно и уровнем контаминации тяжелыми металлами не более 0,25 ПДК по каждому элементу (n = 14); экологически чистых (ЭЧСП), с такими же показателями качества и безопасности, как ВКСП, и выращенных на экологически чистой территории Ботанического сада АГУ (n = 5); качественных (КСП), с показателями, не превышающими нормативных значений, но с дополнительными ограничениями по кислотному числу (КСПкч) от 0,8 до 5,0 мл КОН и по содержанию тяжёлых металлов КСПтм от 0,5 до 1 ПДК. Установлено, что наибольшие показатели активности кислой липазы наблюдаются в группах ВКСП и ЭЧСП и превышают средние показатели в 1,7 и 1,6 раза, чем в семенах, в которых изначально высокие показатели кислотного числа, а также выше в 1,9 и 2,0 раза в пробах, контаминированных токсичными элементами в концентрациях выше 0,5 ПДК. В группах ВКСП и ЭЧСП выявлены близкие значения активности фермента, а в подгруппах КСПкч и КСПтм наблюдаются существенные колебания показателей активности фермента. Выявлено, что в отличие от щелочной, активность кислой липазы достоверно ($p < 0,05$) и информативно отражает степень экологической чистоты и уровень качества семян и может выступить показателем, характеризующим семена подсолнечника с позиции «здоровья» и экологического благополучия.

Ключевые слова. Семена подсолнечника, кислая липаза, щелочная липаза, высококачественные семена, экологически чистые семена

LIPASE ACTIVITY AS FACTOR OF HIGH QUALITY AND ECOLOGICAL PURITY OF SUNFLOWER SEEDS

Yu.A. D'yachenko*, A.D. Tsikunib

Adygeya State University,
208, Pervomayskaya Str.,
Maykop, 385000, Russia

**e-mail: jesi-001@mail.ru*

Received: 18.08.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. A research on lipase activity of sunflower seeds various in the quality level and degree of ecological purity has been conducted. These are high-quality sunflower seeds (HQSS) with humidity no less than 6.5% and no more than 8%, with acid number no more than 0.8 ml KOH, free of pesticides, radionuclides, mycotoxins, with weed and olive impurity no more than 1.5% and 3.5% respectively, and the level of contamination with heavy metals no more than 0.25 of maximum concentration limits for each element (n = 14); environmentally friendly sunflower seeds (EFSS) with the same factors of quality and safety as HQSS and grown up on the environmentally friendly territory of the Botanical garden of the Altay State University (n = 5); quality sunflower seeds (QSS) with the indices which do not exceed standard values, but with the additional restrictions on acid number (QSSan): from 0.8 to 5.0 ml KOH, and on the content of heavy metals (QSShm): from 0.5 to 1.0 of maximum concentration limits. It is established that the greatest activity factors of a sour lipase are found in HQSS and EFSS groups, and exceed average values in 1.7 and 1.6 times than in seeds with initially high rates of acid number, and in 1.9 and 2 times in the samples contaminated with toxic elements in concentrations higher than 0.5 of maximum concentration limits. In HQSS and EFSS groups similar values of activity of enzyme have been revealed, and in QSSan and QSShm subgroups essential fluctuations of the value of enzyme activity have been observed. It has been established that sour lipase activity value ($p<0.05$) being reliable and informative, in contrast to alkaline one, reflects the degree of ecological purity and the quality level of seeds and can act as the factor characterizing sunflower seeds from the point of view of "health" and ecological wellbeing.

Keywords. Sunflower seeds, sour lipase, alkaline lipase, high quality seeds, environmentally friendly seeds

Введение

В современных условиях в связи с загрязнением экотоксикантами биосферы (воздуха, воды, почвы) и активным внедрением пищевой химии в технологический процесс производство и потребление пищевых продуктов характеризуется двумя взаимно противоположными тенденциями: с одной стороны, происходит снижение качества и безопасности пищевых продуктов [1, 2], с другой – растет спрос со стороны потребителей на натуральную, экологически чистую и безопасную пищу [3, 4, 5]. Однако на сегодняшний день нет стандартизованных показателей, комплексно и интегрально характеризующих сырье как экологически чистое и высококачественное. В этой связи становится актуальным поиск и разработка объективных физико-химических методов исследования, позволяющих оценить пищевые продукты и сырье с точки зрения экологичности и высокого качества. В этом направлении перспективным может стать использование ферментативных методов. Известно, что именно ферментативная активность может служить чувствительным аналитическим показателем влияния неблагоприятных факторов, таких как высокая влажность и температура, загрязнение элементами-токсикантами и т.д., на живую клетку, в том числе семена масличных культур [6]. Как отмечает ряд авторов [7, 8], ключевую роль в формировании и изменении качества сельскохозяйственной продукции, в частности масличных семян, играет комплекс гидролитических ферментов, где основным компонентом выступает липаза. Активность и характер действия этого фермента тесно коррелирует со стандартизованными показателями качества семян, такими как кислотное число, влажность, загрязнение тяжелыми металлами и микотоксинами [9, 10, 11, 12]. При этом влияние одних факторов, таких как избыточная влажность, содержание сорной и масличной примеси, приводит к изменению активности фермента [13], а активность самого фермента тесно коррелирует с изменением кислотного числа – одного из важнейших нормативных показателей семян – и уровнем контаминации токсичными элементами [14, 15]. С другой стороны, масличные культуры, в том числе подсолнечник, являются распространенными и возделываемыми в нашей стране, играющими важную роль как в мировой, так и в национальной экономике [8]. В Европе сосредоточено более 70 % площадей, на которых возделывается подсолнечник, при этом на долю России приходится более 57 % мирового производства семян и 69 % подсолнечного масла. При этом основной тенденцией в международной торговле становится переход от продажи растительного масла к продаже семян, на которые значительно возрос спрос на мировом рынке [16]. Важным фактором в этих условиях становится контроль качества и безопасности семян. Применение в экологическом мониторинге и контроле методик определения изменения активности в качестве маркера загрязнений уже нашло широкое применение, в ряде областей исследования [17]. Исходя из указанного, целью нашего исследования явилось установление зависимости между показателями активности липаз и степенью экологической чистоты и качества семян подсолнечника.

Объекты и методы исследований

В период с 2013 по 2015 годы в соответствии с требованиями ГОСТ 13586.3-83 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб» [18] было отобрано 42 пробы семян подсолнечника, в том числе сортовые семена Орешек, СПК, 60-Юбилейный, Лакомка, Пионер из коллекции Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур имени В.С. Пустовойта – 20 проб, заводские смеси семян – 8 проб, с реперных точек Агрохимцентра Республики Адыгея – 8 проб, а также подсолнечник, выращенный на территории Ботанического сада АГУ на почве, пригодной для посадки однолетних масличных культур без применения химической обработки для борьбы с сорняками, вредителями, а также без внесения синтетических удобрений – 6 проб. Пробы исследовали на соответствие ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна» [19]. Цвет и запах определяли по ГОСТ 27988-88, влажность – по ГОСТ 10856-96, сорную и масличную примесь – по ГОСТ 10854-88, зараженность вредителями – по ГОСТ 12044-93, микотоксины – по ГОСТ 30711-2001, пестициды – согласно МУК 1112-73, кислотное число в семенах – по ГОСТ 10858-77, содержание кадмия и свинца согласно МУК 4.1.986-00, ртути – по МУК 4.1.1472-2003, мышьяка – по ГОСТ Р 51766-2001.

В семенах, по физико-химическим показателям соответствующих критериям качества и безопасности, определяли активность кислой и щелочной липаз титриметрическим методом по Ермакову [20]. Исследования проводились на двух видах буферных растворов (щелочной фосфатный буфер с pH 8 и кислотный ацетатный буфер с pH 4,7). К измельченным пробам добавляли буферный раствор и подсолнечное масло в качестве субстрата. Далее растертую массу в закрытых колбах ставили в шейкер-инкубатор при температуре 30 °С на 2 ч, затем добавляли спирто-эфирную смесь и титровали 0,2 М спиртовым раствором КОН в присутствии фенолфталеина. Контрольную пробу, учитывающую фоновое содержание жирных кислот в семенах, готовили так же, но титровали без инкубирования в термостате. Погрешность титриметрического метода 0,1÷0,2 %.

Результаты и их обсуждение

Физико-химические исследования семян подсолнечника показали их неоднородность по критериям качества и безопасности. На основе анализа полученных результатов пробы были поделены на 4 группы: высококачественные (ВКСП), экологически чистые (ЭЧСП), качественные (КСП) и некачественные семена подсолнечника (НКСП).

К группе ВКСП отнесены семена подсолнечника (n = 14), отвечавшие следующим критериям: влажность не менее 6,5 и не более 8 %, кислотное число не более 0,8 мг КОН, что соответствует классу «Высший сорт», сорная и масличная примеси не

более 1,5 и 3,5 % соответственно, отсутствие пестицидов, радионуклидов, микотоксинов, а уровень контаминации тяжелыми металлами не превышает 0,25 ПДК по каждому элементу. В группу ЭЧСП (n = 5) включены пробы подсолнечника с такими же показателями качества и безопасности, но выращенные на экологически чистой территории ботанического сада АГУ. Фактические показатели проб (n = 19), включенных в указанные группы семян, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели исследуемых семян

Группы /число проб		ВКСП /14	ЭЧСП /5	КСПкч /10	КСПтм /6
Показатели	влажность, %	7,0±0,3	6,9±0,1	7,8±1,2	7,2±0,5
	КЧ, мг КОН	0,5±0,2	0,3±0,1	1,7±0,5	0,5±0,3
	сорная примесь, %	0,8±0,2	0,5±0,3	1,8±0,3	1,5±0,2
	масличная примесь, %	2,4±0,5	2,1±0,2	5,4±0,4	3,1±0,3
	Pb, мг/кг	0,18±0,02	н/о	0,17±0,03	0,21±0,01
	Cd, мг/кг	0,02±0,01	0,02±0,01	0,024±0,01	0,07±0,01
	As, мг/кг	0,054±0,01	0,05±0,007	0,06±0,003	0,05±0,02
	Hg, мг/кг	н/о	н/о	н/о	0,002±0,001
	ГХЦГ, мг/кг	н/о	н/о	н/о	н/о
	ДДТ, мг/кг	н/о	н/о	н/о	н/о
	афлатоксин В1, мг/кг	н/о	н/о	н/о	н/о
	Cs-137, Бк/кг	н/о	н/о	н/о	н/о
	Sr-90, Бк/кг	н/о	н/о	н/о	н/о

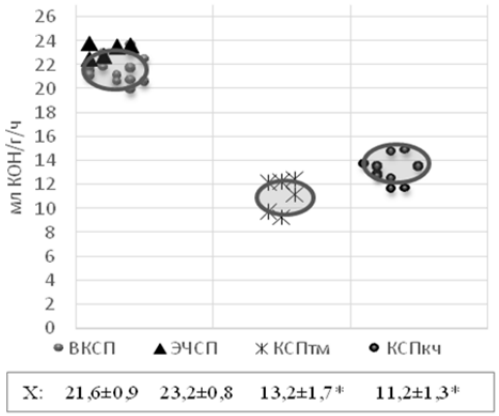
В группу КСП (n = 16) включены пробы семян подсолнечника, показатели качества и безопасности которых не превышают нормативные значения, но с дополнительными ограничениями по кислотному числу (КСПкч): от 0,8 до 5,0 мг КОН, и по содержанию тяжелых металлов (КСПтм): от 0,5 до 1 ПДК. Дополнительные ограничения обусловлены экспериментальными данными ряда авторов, в том числе и нашими исследованиями, показывающими наибольшую корреляционную зависимость активности липаз от изменения кислотного числа [9] и уровня контаминации тяжелыми металлами [15].

В четвертую группу НКСП включены пробы (n = 7), которые хотя бы по одному показателю не соответствовали требованиям НД, т.е оказались некачественными. Следует отметить, что несоответствие было связано преимущественно с показателями качества, но не безопасности. Так, в двух пробах выявлено превышение по влажности, в трех – по кислотному числу, в двух – по количеству сорной и масличной примесей. В эту группу вошли в основном (71,4 %) заводские смеси семян.

В семенах, прошедших предварительные испытания на соответствие критериям качества, определяли активность кислой и щелочной липаз и оценивали следующие факторы: средний уровень активности фермента в группе, достоверность различий в активности фермента между группами, близость значений активности фермента и колебания показателей внутри отдельной группы.

Как видно из данных, представленных на рис. 1, наибольшие показатели активности кислой липазы выявляются в экологически чистых и высококачественных семенах подсолнечника и превышают средние показатели в подгруппах КСПкч в 1,7 и 1,6 раза и КСПтм – в 1,9 и 2 раза.

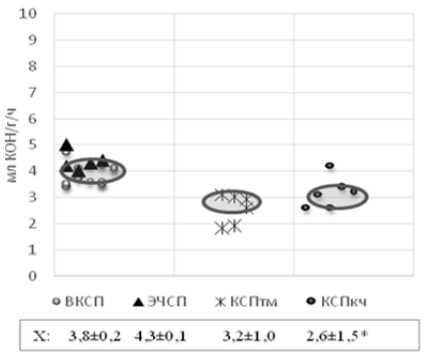
В семенах, в которых изначально высокие показатели кислотного числа – на уровне верхних пределов ПДК – активность липазы невысока. Наибольшее снижение активности фермента наблюдается в пробах, контаминированных токсичными элементами в концентрациях выше 0,5 ПДК, особенно при совместном присутствии в пробе. В группах ВКСП и ЭЧСП выявляются близкие значения активности фермента (различия между максимальными и минимальными значениями активности фермента не более 15,3 и 5,5 % соответственно), а в подгруппах КСПкч и КСПтм наблюдаются существенные колебания показателей активности фермента (различия между максимальными и минимальными значениями активности фермента более 23,7 и 25,6 % соответственно). Установлено, что активность кислой липазы достоверно ($p < 0,05$) и информативно отражает степень экологической чистоты и изменения качества семян.



Примечание. *$p < 0,05$ достоверность различий с ВКСП и ЭЧСП

Рис. 1. Активность кислой липазы семян подсолнечника в группах

Данные, представленные на рис. 2, показывают, что достоверных различий в активности щелочной липазы у разных по уровню качества и безопасности групп семян подсолнечника не выявлено.



Примечание. *p < 0,05 достоверность различий с ВКСП и ЭЧСП

Рис. 2. Активность щелочной липазы семян подсолнечника в группах

Внутри группы наблюдаются более выраженные различия между максимальными и минимальными значениями активности щелочной липазы.

Так, в группе ВКСП эти различия составили 19,0 %, в ЭЧСП – 20,0 %, в КСПкч – 39,5 % и КСПтм – 41,9 %. Результаты показывают, что щелочная липаза менее информативна в отношении установления уровня качества и степени экологической чистоты семян, чем кислая липаза.

Выводы

Достоверные различия в активности кислой липазы у разных по уровню качества и безопасности групп семян показывают, что активность фермента, наряду с нормативными физико-химическими показателями, может выступить интегральным показателем экологической чистоты и высокого качества семян подсолнечника. Полученные данные могут служить основой для разработки стандартизованного показателя безопасности сырья, что является перспективным направлением в получении продуктов, отвечающих понятиям экологической чистоты и качества для здорового питания.

Список литературы

1. Монастырский, О.А. Скрытая токсичность продуктов питания и кормов / О.А. Монастырский // Агрохимия. – 1995. – № 7. – С. 100–106.

2. Máté, B. Radionuclide monitoring in foodstuff: overview of the current implementation in the EU countries / B. Máté, K. Sobiech-Matura, T. Altzitzoglou // *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry.* – 2015. – vol. 303. – no. 3. – pp. 2547–2552. DOI:10.1007/s10967-014-3773-y.

3. Пономаренко, Ю.А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания: монография / Ю.А. Пономаренко, В.И. Фисинин, И.А. Егоров. – Минск: Экоперспектива, 2012. – 864 с.

4. Magnuson, B. Review of the regulation and safety assessment of food substances in various countries and jurisdictions / B. Magnuson, I. Munro, P. Abbot, et al. // Food Additives & Contaminants Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment. – 2013. – no. 30(7). – pp. 1147–1220. DOI:10.1080/19440049.2013.795293.

5. Максимов, А.А. Потребителям России – экологически чистую продукцию / А.А. Максимов // Известия ОГАУ. – 2009. – № 23-1. – С. 100–103.

6. Половникова, М.Г. Экофизиология стресса / М.Г. Половникова. – Марийский гос. ун-т. – 2010. – 68 с.

7. Лобанов, В.Г. Ферментативный гидролиз липидов семян сортового и гибридного подсолнечника при хранении / В.Г. Лобанов, Т.П. Францева, Н.В Ильчишина., А.И. Гаманченко // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – № 4. – С. 10–14.

8. Мирзоев, А.М. Ферментативные процессы при хранении и переработке масличных семян в производстве растительных масел / А.М. Мирзоев // ТТПС. – 2015. – № 2 (32). – С. 31–36.

9. Ефименко, Я.Н. Изменчивость кислотного числа масла в семенах линий и гибридов подсолнечника / Я.Н. Ефименко, А.Н. Левуцкая, Н.А. Пикалова, Я.Н. Демурин // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2008. – № 1 (138). – С. 31–34.

10. Мустафаев, С.К. Влияние начальной влажности семян подсолнечника на процессы послеуборочного дозревания и хранения / С.К. Мустафаев, А.А. Шаззо // Новые технологии. – 2011. – № 3. – С. 48–51.

11. Синютина, С.Е. Влияние солей свинца и никеля на ферментативную активность ячменя / С.Е. Синютина, А.В Можаров, М.А. Зайченко // Вестник ТГУ. – Т. 18. – Вып. № 1. – 2013. – С. 255–257.

12. Смирнова, Н.С. Изучение влияния предпосевной обработки фунгицидами биологической и химической природы на гидролитические процессы в семенах подсолнечника нового урожая / Н.С. Смирнова // Молодой ученый. – 2015. – № 5.1. – С. 96–99.

13. Бердина, А.Н. Физиолого-биохимическая характеристика семян новых сортов и гибридов подсолнечника / А.Н. Бердина, Н.В. Ильчишина, Т.Н. Прудникова, Т.П. Францева // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 2. – С. 10–12.

14. Петриченко, В.Н. Влияние регуляторов роста растений и микроэлементов на урожайность подсолнечника и масличность семян / В.Н. Петриченко, С.В. Логинов // Аграрная Россия. – 2010. – № 4. – С. 24–26.

15. Дьяченко, Ю.А. Влияние тяжелых металлов на активность липаз семян подсолнечника in situ / Ю.А. Дьяченко, А.Д. Цикуниб // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016. – № 1. – С. 64–68.

16. Marvey. BB. Sunflower-based Feedstocks in Nonfood Applications: Perspectives from Olefin Metathesis // International Journal of Molecular Sciences. – 2008. – no. 9(8). – pp. 1393–1406. DOI:10.3390/ijms9081393.

17. Мугинова, С.В. Ферментативное определение кадмия, цинка и свинца в растительных объектах / С.В. Мугинова, И.А. Веселова, Л.М. Парова, Т.Н. Шеховцова // Журн. аналит. химии. – 2008. – Т. 63. – № 10. – С. 1103–1113.

18. ГОСТ 22391-89. Подсолнечник. Требования при заготовках и поставках: введ. 01.06.97. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 8 с.

19. ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна». Технический регламент Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 874. – 38 с.

20. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отделение. – 1987. – 430 с.

References

1. Monastyrskiy O.A. Skrytaya toksichnost' produktov pitaniya i kormov [Hidden toxicity of food and forages]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 1995, no. 7, pp. 100–106.

2. Máté B., Sobiech-Matura K., Altzitzoglou T. Radionuclide monitoring in foodstuff: overview of the current implementation in the EU countries. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2015, vol. 303, no. 3, pp. 2547–2552. DOI: 10.1007/s10967-014-3773-y.

3. Ponomarenko Yu.A., Fisinin V.I., Egorov I.A. *Bezopasnost' kormov, kormovykh dobavok i produktov pitaniya* [Safety of forages, feed additives and food]. Minsk: Ekoperspektiva Publ., 2012. 864 p.

4. Magnuson B., Munro I., Abbot P., et al Review of the regulation and safety assessment of food substances in various countries and jurisdictions. *Food Additives & Contaminants Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment,* 2013, vol. 30, no. 7, pp. 1147–1220. DOI: 10.1080/19440049.2013.795293.

5. Maksimov A.A. Potrebitelyam Rossii ekologicheskichistuyu (bezopasnuyu) produktsiyu [Ecologically Clean and Safe Products for Consumers in Russia]. *Izvestiya OGAU* [News of the OSAU], 2009, vol. 23, no. 3, pp. 100–103.

6. Polovnikova M.G. *Ekofiziologiya stressa* [Stress ecophysiology]. Yoshkar-Ola: Mari State University Publ., 2010. 68 p.

7. Lobanov V.G., Frantseva T.P., Il'chishina N.V., Gamanchenko A.I. Fermentativnyy gidroliz lipidov semyan sortovogo i gibridnogo podsolnechnika pri khranenii [Enzymatic hydrolysis of lipids of seeds of high-quality and hybrid sunflower at storage]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [News institutes of higher Education. Food technology], 2008, no. 4, pp. 10–14.

8. Mirzoev A.M. Fermentativnye protsessy pri khranenii i pererabotke maslichnykh semyan v proizvodstve rastitel'nykh masel [Enzymatic processes during storage and processing of oilseeds in the production of vegetable oils]. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa* [Technical and technological challenges of service], 2015, vol. 32, no. 2, pp. 31–36.

9. Efimenko Ya.N., Levutskaya A.N., Pikalova N.A., Demurin Ya.N Izmenchivost' kislotnogo chisla masla v semenakh liniy i gibridov podsolnechnika [Variability of fatty acid value in sunflower seed oil]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' VNIIMK* [Oil-bearing crops. Scientific and technical bulletin of the all-russian research institute of oil-bearing crops], 2008, vol. 138, no. 1, pp. 31–34.

10. Mustafaev S.K., Shazzo A.A. Vliyanie nachal'noy vlazhnosti semyan podsolnechnika na protsessy posleuborochnogo dozrevaniya i khraneniya [Influence of the initial humidity of sunflower seeds on the processes of post -harvest ripening and storage]. *Novye tekhnologii* [New technologies], 2011, no. 3, pp. 48–51.

11. Sinyutina S.E., Mozharov A.V., Zaychenko M.A. Vliyanie soley svintsa i nikelya na fermentativnuyu aktivnost' yachmenya [Influence of lead and nickel salts on enzymatic activity of barley]. *Vestnik TGU* [Bulletin of the TU. Series: Natural and technical science], 2013, no. 1, pp. 255–257.

12. Smirnova N.S. Izuchenie vliyaniya predposevnoy obrabotki fungitsidami biologicheskoy i khimicheskoy prirody na gidroliticheskie protsessy v semenakh podsolnechnika novogo urozhaya [Studying of influence of preseeding processing by fungicides of the biological and chemical nature on hydrolytic processes in seeds of sunflower of a new harvest]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2015, vol. 85, no. 5.1, pp. 96–99.

13. Berdina A.N., Il'chishina N.V., Prudnikova T.N., Frantseva T.P. Fiziologo-biokhimicheskaya kharakteristika semyan novykh sortov i gibridov podsolnechnika [Physiolog-biochemical characteristic of seeds of new grades and hybrids of sunflower]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher education institutions food technology], 2007, no.2, pp. 10–12.

14. Petrichenko V.N., Loginov S.V Vliyanie regulyatorov rosta rasteniy i mikroelementov na urozhaynost' podsolnechnika i maslichnost' semyan [Influence of regulators of body height of plants and minerals on productivity of sunflower and maslichnost of seeds]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2010, no. 4, pp. 24–26.

15. D'yachenko Yu.A., Tsikunib A.D. Vliyanie tyazhelykh metallov na aktivnost' lipaz semyan podsolnechnika in situ [Effect of heavy metals on activity of lipase sunflower seeds in situ]. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Bulletin of VSU Series: Chemistry. Biology. Pharmaceutics], 2016, no 1, pp. 64–68.

16. Marvey B.B. Sunflower-based Feedstocks in Nonfood Applications: Perspectives from Olefin Metathesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 2008, vol. 8, no. 9, pp.1393–1406. DOI:10.3390/ijms9081393.

17. Muginova S.V., Veselova I.A., Parova L.M., Shekhovtsova T.N. Fermentativnoe opredelenie kadmiya, tsinka i svintsa v rastitel'nykh ob"ektakh [Enzymatic determination of cadmium, zinc, and lead in plant materials]. *Zhurn. analit. Khimii* [Journal of Analytical Chemistry], 2008, vol. 63, no. 10, pp. 1103–1113.

18. *GOST 22391-89. Podsolnechnik. Trebovaniya pri zagotovkakh i postavkakh* [State Standard 22391-89 Sunflower. Requirements at preparations and deliveries]. Moscow: INK Izdatel'stvo standartov Publ., 1996. 8 p.

19. *TR TS 015/2011 «O bezopasnosti zerna». Tekhnicheskiy reglament tamozhennogo soyuza* [About safety of grain". Technical regulations of the Customs 015/2011], 2011, no. 874, 38 p.

20. Ermakov A.I. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of a biochemical research of plants]. Leningrad: Agropromizdat. Leningr. Otdelenie Publ., 1987. 430 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Дьяченко, Ю.Д. Активность липазы как показатель высокого качества и экологической чистоты семян подсолнечника / Ю.А. Дьяченко, А.Д. Цикуниб // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 118–123.

D'yachenko Yu.A., Tsikunib A.D. Lipase activity as factor of high quality and ecological purity of sunflower seeds. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 118–123 (In Russ.).

Дьяченко Юлия Александровна
аспирант кафедры химии, ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет», 385000, Россия, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, 208,
тел.: +7 (88772) 52-48-55, e-mail: jesi-001@mail.ru

Цикуниб Аминет Джахфаровна
д-р биол. наук, профессор, заведующая кафедрой химии, ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет», 385000, Россия, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, 208, тел.: +7 (88772) 52-48-55,
e-mail cikunib58@mail.ru

Yulia A. D'yachenko
Postgraduate Student of the Department of Chemistry, Adyghe State University, 208, Pervomayskaya Str., Maykop, Republic of Adygea, 385000, Russia, phone: +7 (88772) 52-48-55,
e-mail: jesi-001@mail.ru

Aminet D. Tsikunib
Dr.Sci.(Biol.), Professor, Head of Department of Chemistry, Adyghe State University, 208, Pervomayskaya Str., Maykop, Republic of Adygea, 385000, Russia,
phone: +7 (88772) 52-48-55, e-mail: cikunib58@mail.ru

УДК 613.292

ОБОСНОВАНИЕ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА И РЕГЛАМЕНТИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА «ОЛЕОПРЕН НЕЙРО»

М.М. Шамова[1], Ю.Р. Мухаметова[2,*], А.Н. Австриевских[1]

*[1]Научно-производственное объединение «Арт Лайф»,
634034, Россия, г. Томск, ул. Нахимова, 8/2*

*[2]ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»,
454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76*

**e-mail: origami.profit@gmail.com*

Дата поступления в редакцию: 28.12.2016
Дата принятия в печать: 23.01.2017

Аннотация. В работе дана биохимическая и фармакологическая характеристика действующих начал рецептурных компонентов биологически активной добавки (БАД) «Олеопрен Нейро», что послужило основанием для определения количественного, качественного состава специализированного продукта и функциональную направленность в области профилактики и коррекции обменных нарушений при заболеваниях нервной системы. Проведены органолептические, физико-химические и микробиологические исследования опытных образцов продукции, установлены регламентируемые показатели качества и пищевой ценности, в 1 капсуле, мг: содержание витамина Е – 3,75 (2,6–4,9); полипренолов – не менее 5,0; ацетоннерастворимых веществ (фосфатидилсерина и фосфатидной кислоты) – не менее 14,5. Изучены санитарно-токсикологические и санитарно-гигиенические показатели безопасности разрабатываемого продукта, что позволило установить срок годности – 2 года с учетом запаса прочности – 3 месяца. Рассмотрены возможные механизмы влияния долихолов на метаболический статус организма: процессы регенерации клеточных мембран, гликозилирование в долихолфосфатном цикле в процессе синтеза гликопротеинов; поддержание иммунного статуса, транспорт иммуноглобулинов, индукция интерферонов, генерация нейтрофилов и активирование макрофагов ретикулоэндотелиальной системы; снижение уровня холестерина; поглощение перекисных липидов, улучшение энергетического обмена, окислительное фосфорилирование, активация функции митохондрий. Функциональные свойства БАД подтверждены результатами клинических испытаний на больных с дисциркуляторной энцефалопатией сосудистого генеза. Специализированный продукт может быть также рекомендован при неблагоприятных воздействиях окружающей среды, гиподинамии, повышенной психоэмоциональный нагрузке, стрессовых ситуациях.

Ключевые слова. БАД, рецептурный состав, функциональные свойства, качество, безопасность, регламентируемые показатели, пищевая ценность

JUSTIFICATION OF PRESCRIPTION COMPOSITION AND REGULATED QUALITY PARAMETERS OF «OLEOPREN NEURO» SPECIALIZED PRODUCT

M.M. Shamova[1], Yu.R. Mukhametova[2,*], A.N. Avstrievskikh[1]

*[1]Research and manufacturing association «ArtLife»,
8/2, Nakhimov Str., Tomsk, 634034, Russia*

*[2]South Ural State University (national research university),
76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia*

**e-mail: origami.profit@gmail.com*

Received: 28.12.2016
Accepted: 23.01.2017

Abstract. Biochemical and pharmacological characteristic of active principle components of "Oleopren Neuro" biologically active additives (BAA) is given. This created a base for establishing a quantitative, qualitative composition of the specialized product and functional properties for preventing and improvement of nervous system metabolic disorders. Organoleptic, physico-chemical and microbiological tests of studied samples have been carried out. Regulated quality factors and nutritional value have been established. A capsule contains: 3.75 mg (2.6 - 4.9) of vitamin E; no less than 5.0 mg of polyprenols; no less than 14.5 mg of acetone soluble substances (phosphatidyleserine and phosphatide acid). Possible mechanisms of influence of dolichols on metabolic status of the organism have been considered. Among them are: regeneration of cell membranes, glycosylation in the dolicholphosphate cycle in the synthesis of glycoproteins; maintenance of immune status, immunoglobulin transportation, induction of interferon, neutrophil generation and activation of macrophages of the reticulaendothelial system; cholesterol lowering; absorption of lipid peroxide, energy metabolism improvement, oxidative phosphorylation, activation of mitochondria function. Functional properties of dietary supplements are confirmed by the results of clinical trials on patients with circulatory encephalopathy of vascular genesis. Specialized product can be also recommended under adverse environmental effects, physical inactivity, increased psycho-emotional stress, stressful situations.

Keywords. Dietary supplements, prescription composition, functional properties, quality, safety, regulated factors, nutritional value

Введение

За всю историю человечества потребность в пище не потеряла своего значения, однако способы ее удовлетворения существенно менялись. Новые технологические, экономические и социальные уклады сформировали новые виды продовольственной продукции, определив образ жизни и питания современного человека (особенно в городах и мегаполисах), ориентированного на потребление рафинированной пищи, бедной витаминами, минералами, другими эссенциальными нутриентами. Фактор питания, сбалансированность рациона по основным пищевым веществам и энергии напрямую влияет на характер жизнедеятельности человека, его здоровье и работоспособность. В этой связи перед пищевой индустрией стоят задачи расширения ассортимента и создания безопасных, высокотехнологичных продуктов здорового питания, в том числе биологически активных добавок, удовлетворяющих потребительские предпочтения [1–6]. Роль и значение этого вектора нутрициологии определены совместной декларацией Правительства РФ с ООН и ВОЗ [7, 8].

Для отраслей пищевой и перерабатывающей промышленностей процесс нововведений, связанный с разработкой и внедрением в производство инновационных продуктов, не только неотъемлемая часть профессиональной деятельности, но и стратегический параметр развития предприятия [9, 10].

Объекты и методы исследований

В настоящей работе поставлена задача разработки специализированного продукта с направленными функциональными свойствами – биологически активной добавки «Олеопрен Нейро».

В качестве объектов исследования использованы рецептурные компоненты, опытные и промышленные образцы специализированного продукта.

Использованы общие и специальные методы исследования качества и безопасности БАД согласно требованиям технического регламента ТС 027/2012 [11]. Ниже приводится актуализированный и апробированный гравиметрический метод определения содержания ацетоннерастворимых веществ (фосфолипидов), используемый для идентификации разрабатываемой продукции [12].

Метод основан на диспергировании анализируемых лецитинов в ацетоне при температуре 0 ºС, далее отфильтровывании раствора, отделении осадка и его высушивании при температуре (105±2) ºС с последующим взвешиванием. Содержание веществ, не растворимых в ацетоне, является показателем содержания полярных липидов в лецитине.

Проведение испытания. Фильтр высушивают в сушильном шкафу в течение 1 ч при температуре (105±2) ºС, охлаждают в эксикаторе 30–40 мин и взвешивают с записью результата с точностью до 0,001 г. Последующие взвешивания проводят каждые 30 мин после сушки до достижения постоянной массы. Массу считают постоянной, если разница между последующими взвешиваниями не будет превышать 0,002 г.

Допускается высушить фильтр до постоянной массы экспресс-методом с помощью анализаторов влажности HB43-S или Элвиз-2 согласно инструкции, прилагаемой к прибору.

Пробу лецитина тщательно перемешивают. Взвешивают стакан вместимостью 100 см^3 вместе со стеклянной палочкой, и записывают результат взвешивания с точностью до 0,001 г. 2,000–5,000 г препарата (в зависимости от анализируемой субстанции) помещают в предварительно взвешенный стакан со стеклянной палочкой, добавляют 40 см^3 ацетона, перемешивают и нагревают, не допуская кипения, охлаждают.

После чего добавляют 30 см^3 ацетона, охлаждённого до 0 ºС, и взбалтывают с помощью стеклянной палочки в течение 2 мин, оставляя стакан на ледяной бане 5–10 мин.

Затем раствор фильтруют, используя предварительно высушенный и взвешенный фильтр, при необходимости стакан вместе с палочкой и остаток на фильтре промывают 20–40 см^3 охлаждённого ацетона до полного превращения загущенной навески в тонкий порошок и полного перенесения его на фильтр. После этого фильтр с осадком сушат в сушильном шкафу или на анализаторе влажности Элвиз-2 (HB43-S) при (105±2) ºС до постоянной массы. Параллельно сушат стакан с палочкой и оставшимся осадком в эксикаторе и взвешивают, записывая результат с точностью до 0,001 г.

Массовую долю ацетоннерастворимых веществ (X, %) вычисляют по формуле

$$X(\%) = \frac{(m_1 + m_2)\cdot 100}{m}, \qquad (1)$$

где m – масса навески, г; m_1 – масса фильтра с осадком за вычетом массы фильтра, г; m_2 – масса стакана с палочкой и осадком за вычетом массы стакана с палочкой, г.

За окончательный результат определения принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

Вычисления проводят с записью результата до второго десятичного знака. Окончательный результат округляют до первого десятичного знака.

Определение содержания полипренолов методом ВЭЖХ

Сущность методики заключается в извлечении полипренолов из анализируемого объекта в раствор и последующем определении методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Испытуемый раствор. Точная навеска анализируемого БАД (количество, эквивалентное 5–10 мг полипренолов) переносят в мерную колбу на 50 мл, прибавляют 5 мл HCl 0,1М и помещают в кипящую водяную баню на 15 мин. Затем колбу охлаждают, приливают 5 мл метанола и 20 мл гексана и встряхивают на вихревом встряхивателе 1 мин. Содержимое колбы помещают в делительную воронку, нижнюю фазу сливают и отбрасывают, а верхнюю переливают в мерный цилиндр и фиксируют объем раствора. Раствор фильтруют через фильтр «синяя лента».

Стандартный раствор. В качестве стандарта используется субстанция полипренолов с известным содержанием.

30 мг (точную навеску) стандартного образца полипренолов переносят в мерную колбу вместимостью 50 мл, растворяют в гексане и доводят гексаном до метки. Раствор фильтруют через фильтр «синяя лента».

Приготовление подвижной фазы. Смесь гексана и изопропилового спирта в соотношении 99:1. Смесь растворов дегазируют и фильтруют через фильтр с размером пор 0,45 мкм.

Хроматографические условия. Аппаратура – любой подходящий прибор для ВЭЖХ; колонка – длина 250 мм, внутренний диаметр 4,0 мм, стационарная фаза GL EXSIL AMINO, 5 мкм (или аналогичная); скорость подачи элюента – 1,0 мл/мин; температура колонки – 30 ºС; объем пробы – 20 мкл; детектор – УФ, 220 нм; время записи хроматограммы – 8 мин.

Анализ и расчет. После проверки пригодности системы в колонку хроматографа попеременно вводят равные объемы (20 мкл) стандартного и испытуемого растворов и записывают хроматограммы. Идентифицируют и измеряют площади пиков полипренолов в стандартном и испытуемом образце.

Содержание полипренолов рассчитывают по формуле

$$X\,(\%) = \frac{S_0 \cdot C_{ст} \cdot V_0 \cdot 100}{S_{ст} \cdot m}, \qquad (2)$$

где S_o – площадь пика образца; $S_{ст}$ – площадь пика стандарта; $C_{ст}$ – концентрация раствора стандарта (мг/мл), m – масса навески образца (мг), V_o – объем раствора образца (мл).

Определение содержания ликопина спектрофотометрическим методом. Сущность методики состоит в переводе ликопина из проб сырья либо биологически активных добавок в раствор путем растворения навески пробы в воде и дальнейшей экстракции смесью воды и ацетона с последующим определением содержания ликопина спектрофотометрическим методом.

Выполнение измерений. Навеску анализируемой пробы субстанции или биологически активной добавки массой 0,05 г (для субстанции) и 1–2 г (для БАД), содержащую 3–5 мг ликопина, помещают в мерную колбу вместимостью 100 см^3, приливают 10 см^3 воды. Колбу помещают в ультразвуковую баню на 5 мин. При анализе субстанции микрокапсулированного ликопина и БАД, содержащих микрокапсулированный ликопин, смесь нагревают в ультразвуковой бане до 60 ºС в течение 3–5 мин.

Раствор охлаждают, доводят объем раствора до метки ацетоном. Переносят 1 см^3 раствора в мерную колбу вместимостью 50 см^3 и доводят объем раствора до метки смесью вода : ацетон (1 : 9), фильтруют.

Измеряют оптическую плотность исследуемого раствора на спектрофотометре в кювете с толщиной слоя 10 мм при длине волны 475 нм. В качестве раствора сравнения используют смесь вода : ацетон (1 : 9).

Содержание ликопина (X, %) в процентах вычисляют по формуле

$$X = \frac{D \cdot 100 \cdot 50}{3220 \cdot 1 \cdot m}, \qquad (3)$$

где D – оптическая плотность исследуемого раствора при длине волны 475 нм; 3220 – удельный показатель поглощения ликопина в смеси вода : ацетон (1 : 9); m – масса навески, г; 100, 1, 50 – разведения, см^3.

Результаты и их обсуждение

Для обоснования рецептурного состава дана характеристика действующих начал исходного сырья, определяющих функциональную направленность разрабатываемого продукта.

Полипренолы – комплекс биологически активных соединений, выделяемых из хвойных деревьев. Обладая структурным сходством с долихолом, полипренолы замещают его дефицит при дисфункции долихолфосфатного цикла, возникающей при появлении и развитии многих патологических состояний, связанных с нарушением клеточных мембран.

Полипренолы участвуют в процессах регенерации поврежденных клеточных мембран печени, обеспечивают реакции гликозилирования в долихолфосфатном цикле в процессе синтеза гликопротеинов, контролируют их биосинтез, поддержание иммунного статуса клетки, транспорта иммуноглобулинов, обеспечивают индукцию интерферонов, генерацию нейтрофилов и активацию макрофагов ретикулоэндотелиальной системы; регулируют снижение уровня холестерина за счет активации транспорта долихола из эндоплазматического ретикулума в лизосомы; влияют на поглощение образующихся в мембране перекисных липидов, улучшают энергетический обмен клетки, участвуют в окислительном фосфорилировании и активации функции митохондрий [13–23].

*Фосфатидилсерин (Мемри плюс 30L/ MemreePlus)***.** Смесь соевого фосфатидилсерина и фосфатидной кислоты, применяется для укрепления когнитивного здоровья, снижения стресса и повышения эффективности восстановительных процеесов.

Фосфатидилсерин представляет собой особый вид фосфолипидов. Фосфолипиды, в свою очередь, являются основными компонентами клеточных мембран, благодаря которым клетки сохраняют свою структуру. Они также выступают в качестве поверхностно-активных веществ, контролируя различные биологические процессы, происходящие на водно-воздушных поверхностях легких и кишечника. Фосфолипиды могут вступать во взаимодействие с ферментами, вырабатывая гормоны или нейромедиаторы.

Фосфатидилсерин содержится во всех клеточных мембранах, высокие его концентрации выявлены в клетках мозга.

С возрастом уровень фосфатидилсерина в клетках мозга снижается. Фосфатидилсерин содержится в молочных продуктах и мясных субпродуктах,

однако только за счет этих источников невозможно удовлетворить потребность в рассматриваемом микронутриенте, особенно лицам пожилого и старческого возраста. Прием дополнительного количества фосфатидилсерина помогает восстановить его уровень в клетках мозга с обеспечением соответствующих метаболических процессов.

Глицин оказывает седативное, мягкое транквилизирующее (противотревожное) и антидепрессивное действие. Уменьшает чувство тревоги, страха, психоэмоционального напряжения, проявление алкогольной абстиненции, повышает умственную работоспособность, заостряет внимание, улучшает память и ассоциативные процессы. Эта незаменимая аминокислота помогает улучшить настроение, нормализовать засыпание, легче пережить стресс, избежать «ударов» его последействия (поддерживает уровень артериального давления в норме), защитить от токсического действия психотропных препаратов. Глицин способствует уменьшению вегето-сосудистых расстройств (в том числе в климактерическом периоде), снижению выраженности общемозговых расстройств при ишемическом инсульте и черепно-мозговой травме.

Глицин относится в группе препаратов, улучшающих обменные процессы в головном мозге. Он входит в состав многих биологически активных веществ, в том числе белков тканей человека. Глицин является нейромедиатором, участвует в передаче информации по нервным волокнам. Рецепторы к глицину имеются во многих участках головного и спинного мозга, они тормозят выделение из нейронов нейромедиаторов, передающих возбуждающие импульсы в центральную нервную систему.

Токоферола ацетат (Витамин Е) – жирорастворимый витамин. Основные функции связаны с окислительными процессами. Как антиоксидант, тормозит развитие свободнорадикальных реакций, предупреждает образование перекисей, повреждающих клеточные и субклеточные мембраны, что имеет важное значение для нормального функционирования нервной, мышечной систем и организма в целом. Совместно с селеном препятствует окислению ненасыщенных жирных кислот (компонент микросомальной системы переноса электронов), предупреждает гемолиз эритроцитов. Является кофактором ферментных систем, занимающих ключевые позиции в обмене веществ, в том числе детородной функции.

Имеющиеся материалы позволили разработать качественный и количественный состав рецептурной формулы разрабатываемого продукта (табл. 1).

Таблица 1

Рецептура БАД «Олеопрен Нейро»

№	Компонент	Содержание, мг/1 капсулу, не менее	Содержание, мг/2 капсулы, не менее	% от РСП в двух капсулах*
1	**Memree Plus-30L (14,5 % PS, 14,5 % PA)** *Фосфатидилсерин* *Фосфатидная кислота* *Ацетоннерастворимые вещества*	**50** *7,25* *7,25* *27,5*	**100** *14,5* *14,5* *55*	Не установлены
2	**Глицин**	**50**	**100**	
3	**Полипренолы смесь 75 %** *Сумма полипренолов*	**6,7** *5*	**13,4** *10*	100
4	**Токоферола ацетат 98 %** *Токоферола ацетат*	**3,83** *3,75*	**7,65** *7,5*	50
Наполнитель				
1	Масло подсолнечное рафинированное	476,87		
2	Аэросил (носитель)	12		
3	Гриндокс (антиокислитель)	0,6		
	Итого масса содержимого капсулы	**600**		
Капсула мягкая желатиновая				
1	Желатин (носитель)	113,54		
2	Глицерин (агент влагоудерживающий)	47,5		
3	Сорбитол (агент влагоудерживающий)	28,5		
4	Медный комплекс хлорофиллина (краситель)	0,23		
5	Титана диоксид (краситель)	0,23		
	Итого масса желатиновой капсулы	**190**		
	Масса капсулы	**790**		

Примечание. *РСП – рекомендуемый уровень суточного потребления согласно нормам ЕврАзЭС (введены решением Комиссии Таможенного союза от 07.04.2014 № 622).

Проведены исследования по определению регламентируемых показателей качества и пищевой ценности. С этой целью дана органолептическая оценка, изучены критерии безопасности и пищевая ценность в процессе производства и хранения. БАД «Олеопрен Нейро» хранили в сухом, защищенном от света месте при температуре не выше 25 ºС в течение 27 месяцев. Показатели безопасности включали определение патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл, токсичных элементов – свинца, мышьяка, кадмия, ртути, железа, меди, пестицидов – ГХЦГ (сумма изомеров), ДДТ и его метаболитов, гептахлора, алдрина, согласно требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой про-

дукции» (БАД на основе растительных масел, липидов животного и растительного происхождения). Указанная группа микроорганизмов в десяти граммах продукта не обнаружена. Не отмечено каких-либо изменений, характеризующих другие показатели безопасности по истечении указанного срока хранения. Полученные результаты позволили установить регламентируемые сроки хранения – 2 года при вышеназванных условиях.

Установленные показатели пищевой ценности специализированного продукта характеризуют его функциональную направленность, что подтверждено в натурных испытаниях на репрезентативной группе больных с дисциркуляторной энцефалопатией сосудистого генеза I–II стадий. На основании результатов клинических исследований БАД рекомендован для профилактики и комплексного лечения заболеваний нервной системы, а также при неблагоприятных воздействиях окружающей среды, гиподинамии, повышенной психоэмоциональной нагрузке, стрессовых ситуациях.

В табл. 2 представлены органолептические показатели и пищевая ценность испытуемого продукта.

Таблица 2

Регламентируемые показатели качества БАД «Олеопрен Нейро»

Наименование показателя	Содержание характеристики
Внешний вид	мягкие желатиновые капсулы
Цвет содержимого капсулы	от желтого до оранжевого, допускается осадок внутри капсулы
Вкус и запах содержимого капсулы	специфический
Средняя масса капсулы, мг	790 (711–869)
Содержание витамина Е, в 1 капсуле, мг	3,75 (2,6–4,9)
Содержание полипренолов, в 1 капсуле, мг, не менее	5,0
Содержание ацетонрастворимых веществ (фосфатидилсерина и фосфатидной кислоты), в 1 капсуле, мг, не менее	14,5

Исходя из биологической роли долихолов, можно предположить следующие направления влияния полипренолов на коррекцию обменных нарушений:

- участие в процессах регенерации поврежденных клеточных мембран печени, обеспечение реакции гликозилирования в долихолфосфатном цикле в процессе синтеза гликопротеинов;
- поддержание иммунного статуса клетки, транспорта иммуноглобулинов, участие в индукции интерферонов, генерации нейтрофилов и активировании макрофагов ретикулоэндотелиальной системы;
- снижение уровня холестерина за счет активации транспорта долихола из эндоплазматического ретикулума в лизосомы;
- поглощение образующихся в мембране перекисных липидов, улучшение энергетического обмена клетки, участие в окислительном фосфорилировании, активация функции митохондрий.

Преимуществами разработанного продукта на основе полипренолов являются:

• высокая безопасность и отсутствие побочных эффектов;

• возможность длительного приема, в том числе для пожилых лиц;

• оптимальные дозировки активных компонентов, высокая эффективность за счет синергизма их действия.

Разработана и утверждена техническая документация. БАД «Олеопрен Нейро» включен в Федеральный Реестр, производится на предприятиях компании «Арт Лайф», сертифицированных в рамках требований международных стандартов серии ISO 9000, 22000 и правил GMP, что обеспечивает стабильность качества и безопасности выпускаемой продукции.

Список литературы

1. Австриевских, А.Н. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения / А.Н. Австриевских, А.А. Вековцев, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 416 с.

2. Герасименко, Н.Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечение качества жизни / Н.Ф. Герасименко, В.М. Позняковский, Н.Г. Челнакова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 4 (12). – С. 52–57.

3. Позняковский, В.М. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки / В.М. Позняковский, О.В. Чугунова, М.Ю. Тамова. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 143 с.

4. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В.И. Покровский [и др.] – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. – 344 с.

5. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.10.2010 № 1873-р // Рос. газ. – 2010. – 3 нояб., № 5328. – С. 19.

6. Тутельян, В.А. Современное состояние и перспективы развития науки о питании / В.А. Тутельян, В.М. Позняковский // Современные приоритеты питания, пищевой промышленности и торговли: сб. науч. трудов, посвященных юбилею кафедры биотехнологии, товароведения и управления качеством / под общ. ред. В.М. Позняковского. – М.; Кемерово: Издательское объединение «Российские университеты»: «АСТШ: Кузбассвузиздат», 2006. – С. 5–10.

7. Второй план действия в области пищевых продуктов и питания для Европейского региона ВОЗ на 2007–2012 гг. – Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2007. – 24 с.

8. Глобальная стратегия ВОЗ в области безопасности пищевых продуктов. – Женева: ВОЗ, 2002. – 35 с.

9. Прогноз научно-технического развития Российской Федерации до 2030 года. – М., 2012. – 72 с.

10. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации до 2020 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.04.2012 № 559-р // Справочно-правовая система «Гарант» [Электронный ресурс] / НПП «Гарант-Сервис».

11. Технический регламент ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического, лечебного и диетического профилактического питания»: утв. решением Совета Евразийской экономический комиссии от 5 июня 2012 г. – № 34. – 26 с.

12. Аналитические методики для контроля качества пищевых продуктов и продовольственного сырья. Часть 3. Пищевая ценность. Определение фальсификации / Под ред. С.Н. Быковского, А.Б. Белова. – М.: Перо, 2014. – 288 с.

13. Eggens, I. Studies of the polyisoprenoid composition in hepatocellular carcinomas and its correlation with their differentiation / I. Eggens, P.G. Elmberger // APMIS 98. – 1990. – No. 6. – P. 535–542.

14. Bergamini, E. Ageing and oxidative stress: a role for dolichol in the antioxidant machinery of cell membranes? / E. Bergamini, R. Bizzarri, G. Cavallini // J. Alzheimer's Dis. – 2004. – No. 6. – P. 129–135.

15. Chojnacki, T. The uptake of dietary polyprenols and their modification to active dolichols by the rat liver / T. Chojnacki, G.J. Dallner / J. Biol. Chem. – 1983. – Vol. 258. – P. 916–922.

16. Sweiezewska, E. Polyisoprenoids: structure, biosynthesis and function / E. Sweiezewska, W. Danikiewiez // Progress in Lipid Research. – 2005. – Vol. 44. – No. 4. – P. 235–250.

17. Safatov, A.S. A prototype prophylactic anti-influenza preparation in aerosol form on the basis of Abies sibirica polyprenols / A.S. Safatov, A.N. Boldyrev, L.E. Bulychev // J. Aerosol. Med. – 2005. – Vol. 18. – No. 1. – P. 55–62.

18. Kozlov, V.V. Separation of polyprenyl phosphate oligomerhomologues by reserved-phase / V.V. Kozlov, L.L. Danilov // Analytical sciens. – 2012. – Vol. 28. No. 2. – P. 1021–2023.

19. Kazimierczak, B. On the specific pattern of long chain polyprenols in green needles of Pinus mugo Turra / B. Kazimierczak, J. Hertel, E. Swiezewska // Acta Biochim. – 1997. – Vol. 44. – No. 4. – P. 803–808.

20. Rezanka, T. Chromatography of long chain alcohols (polyprenols) from animal and plant sources / T. Rezanka, J. Vortuba // J. Chromatogr. – 2001. – Vol. 936. – No. 1–2. – P. 95–110.

21. Roschin, V.I. Chemical composition of lipid fraction of green pine and spruce needles. In edition Study and application of therapeutic-prophylactic medications based on natural biologically active compounds. Edited by V.G. Bespalov and V.B. Nekrasova. – SPb.: Eskulap, 2000. – P.114–116.

22. Wojtas, M. Polyisoprenoid alcohols from the mushroom Lentinus edodes / M. Wojtas // Chemistry and Physics of Lipids. – Vol. 130. – No. 2. – P. 109–115.

23. Walinska, K. Comprasion of the influence of the polyprenol structure on model membranes // Desalination. – 2004. – Vol. 163. – No. 1–3. – P. 239–245.

References

1. Avstrievskikh A.N., Vekovtsev A.A., Poznyakovskiy V.M. *Produkty zdorovogo pitaniia: novye tekhnologii, obespechenie kachestva, effektivnost' primeneniia* [Products of healthy food: new technologies, ensuring quality, efficiency of application]. Novosibirsk: Sib. Univ. Publ., 2005. 416 p.

2. Gerasimenko N.F., Poznyakovskiy V.M., Chelnakova N.G. Zdorovoe pitanie i ego rol' v obespechenie kachestva zhizni [A healthy diet and its role in ensuring the quality of life]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies for the food and processing industry of AIC - healthy food], 2016, vol. 12, no. 4, pp. 52–57.

3. Poznyakovskiy V.M., Chugunova O.V., Tamova M.Yu. *Pishchevye ingredienty i biologicheski aktivnye dobavki* [Food ingredients and dietary supplements]. Moscow: INFRA-M Publ., 2017. 143 p.

4. Pokrovskiy V.I., Romanenko G.A., Kniazhev V.A., Gerasemenko N.F., Onishchenko G.G., Tutel'ian V.A., Poznyakovskiy V.M. *Politika zdorovogo pitaniia. Federal'nyi i regional'nyi urovni* [Policy of healthy food. A federal and regional levels]. Novosibirsk: Sib. Univ. Publ., 2002. 344 p.

5. Rasporiazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 25.10.10 goda. № 1873 – r «Osnovy gosudarst-vennoi politiki Rossiiskoi Federatsii v oblasti zdorovogo pitaniia naseleniia na period do 2020 goda» [Instruction of the Government of the Russian Federation «Fundamentals of public policy of the Russian Federation in the sphere of healthy nutrition of the population up to 2020»]. *Rossiyskaya gazeta* [Russian newspaper], 2010, no. 5328, p. 19.

6. Tutel'yan V.A. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya nauki o pitanii [Current state and prospects of development of the science of nutrition]. *Sbornik nauchnykh trudov "Sovremennye prioritety pitaniya, pishchevoy promyshlennosti i torgovli"* [Collection of scientific works «Modern priorities power, food industry and trade»]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat Publ., 2006, pp. 5–10.

7. *Vtoroy plan deystviya v oblasti pishchevykh produktov i pitaniya dlya Evropeyskogo regiona VOZ na 2007–2012 gg* [The second action plan in the field of food and nutrition for the European Region for 2007–2012]. Kopengagen: Evropeyskoe regional'noe byuro VOZ [Copenhagen: WHO Regional Office], 2007. 24 p.

8. *Global'naya strategiya VOZ v oblasti bezopasnosti pishchevykh produktov* [The WHO Global Strategy for Food Safety]. Zheneva: VOZ, 2002. 35 p.

9. *Prognoz nauchno – tehnicheskogo razvitija Rossijskoj Federacii do 2030 goda* [Prospects of scientific-research development of the Russian Federation up to 2030]. Moscow, 2012. 72 p.

10. *Rasporiazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 17.04.12 goda. № 559 – r «Strategiia razvitiia pishchevoi i pererabatyvaiushchei promyshlennosti Rossiiskoi Federatsii do 2020 goda»* [Order of the Government of the Russian Federation «The strategy of the development of food processing industry of the Russian Federation till 2020»], 2012.

11. *Tekhnicheskii reglament TS 027/2012 O bezopasnosti otdel'nykh vidov spetsializirovannoi pishchevoi produktsii, v tom chisle dieticheskogo, lechebnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniia* [Technical regulations of the Customs union 027/2012. About safety of separate types of specialized food products, including dietary, medical and dietary preventive foods]. Moscow, Standartinform Publ., 2013.

12. Bykovskogo S.N., Belova A.B. (eds.) *Analiticheskie metodiki dlya kontrolya kachestva pishchevykh produktov i prodovol'stvennogo syr'ya. Chast' 3. Pishchevaya tsennost'. Opredelenie fal'sifikatsii* [Analytical methods for quality control of food products and food raw materials. The nutritional value. Determination of falsification]. Moscow: Pero Publ., 2014. 288 p.

13. Eggens I., Elmberger P.G. Studies of the polyisoprenoid composition in hepatocellular carcinomas and its correlation with their differentiation. *APMIS,* 1990, vol. 98, no. 6, pp. 535–542.

14. Bergamini E., Bizzarri R., Cavallini G.et al. Ageing and oxidative stress: a role for dolichol in the antioxidant machinery of cell membranes? *J. Alzheimer's Dis.,* 2004, no. 6, pp. 129–135.

15. Chojnacki T., Dallner G.J..The uptake of dietary polyprenols and their modification to active dolichols by the rat liver. *J. Biol. Che.,* 1983, vol. 258, no. 2, pp. 916–922.

16. Sweiezewska E., Danikiewiez W. Polyisoprenoids: structure, biosynthesis and function. *Progress in Lipid Research*, 2005, vol. 44, no. 4, pp. 235–250. DOI: 10.1016/j.plipres.2005.05.002

17. Safatov A.S., Boldyrev A.N., Bulychev L.E. et al. A prototype prophylactic anti-influenza preparation in aerosol form on the basis of Abies sibirica polyprenols. *J. Aerosol. Med.,* 2005, vol. 18, no. 1, pp. 55–62. DOI: 10.1089/jam.2005.18.55.

18. Kozlov V.V., Danilov L.L. Separation of Polyprenyl Phosphate Oligomerhomologues by Reversed-Phase Ion-Pair High-Performance Liquid Chromatography. *Analytical sciens*, 2012, vol. 28, no. 10, pp.1021–2023.

19. Kazimierczak B., Hertel J., Swiezewska E., Chojnacki T., Marczewski A. On the specific pattern of long chain polyprenols in green needles of Pinus mugo Turra, *Acta Biochim. Pol*., 1997, vol. 44, no. 4, pp 803–808.

20. Rezanka T., Votruba J. Chromatography of long chain alcohols (polyprenols) from animal and plant sources. *J. Chromatogr. A.,* 2001, vol. 936, pp. 95–110. DOI: 10.1016/S0021-9673(01)01152-9.

21. Roschin V.I., Bespalov V.G., Nekrasova V.B. (eds.) *Chemical composition of lipid fraction of green pine and spruce needles. In edition Study and application of therapeutic-prophylactic medications based on natural biologically active compounds*. St. Petersburg: Eskulap Publ., 2000, pp.114–116.

22. Wojtas M. et al. Polyisoprenoid alcohols from the mushroom Lentinus edodes. *Chemistry and Physics of Lipids*, 2004, vol. 130, no. 2, pp 109–115. DOI: 10.1016/j.chemphyslip.2004.02.007.

23. Walinska K. Comprasion of the influence of the polyprenol structure on model membranes. *Desalination*, 2004, vol. 163, no. 1–3, pp. 239–245. DOI: 10.1016/S0011-9164(04)90195-6.

Дополнительная информация / Additional Information

Шамова, М.М. Обоснование рецептурного состава и регламентируемые показатели качества специализированного продукта «Олеопрен Нейро» / М.М. Шамова, Ю.Р. Мухаметова, А.Н. Австриевских // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 124–130.

Shamova M.M., Mukhametova Yu.R., Avstrievskikh A.N. Justification of prescription composition and regulated quality parameters of "Oleopren Neuro" specialized product. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 44, no. 1, pp. 124–130 (In Russ.).

Шамова Мария Михайловна
канд. техн. наук, начальник производства пищевой продукции, Научно-производственное объединение «Арт Лайф», 634034, Россия, г. Томск, ул. Нахимова, 8/2, e-mail: masha@artlife.ru

Мухаметова Юлия Рамилевна
аспирант кафедры технологии и организации общественного питания, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», 454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: origami.profit@gmail.com

Австриевских Александр Николаевич
д-р техн. наук, профессор, генеральный директор, Научно-производственное объединение «Арт Лайф», 634034, Россия, г. Томск, ул. Нахимова, 8/2, e-mail: masha@artlife.ru

Maria M. Shamova
Cand.Sci.(End.), Head, Research and manufacturing association «ArtLife», 8/2, Nakhimov Str., Tomsk, 634034, Russia, e-mail: masha@artlife.ru

Yulia R. Mukhametova
Postgraduate Student of the Department of Technology and organization of power, South Ural State University (national research university), 76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia, e-mail: origami.profit@gmail.com

Alexander A. Avstrievskikh
Dr.Sci.(End.), Professor, Director General, Research and manufacturing association «ArtLife», 8/2, Nakhimov Str., Tomsk, 634034, Russia, e-mail: masha@artlife.ru

УДК 642.5:339.13

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЕМКОСТИ РЫНКА ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Н.С. Кокряцкая, Т.В. Крапива*

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**e-mail: t.krapiva@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 28.11.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. Особенностью сферы общественного питания, связанной с изменениями в структуре рынка, обусловливающими появление разнообразных форматов и концепций предприятий, является его ориентация на потребительский спрос, что напрямую определяет характер его развития и в тоже время способствует достижению основных целей для предприятий коммерческого сектора, извлечению прибыли. В связи с чем еще на ранних стадиях разработки проектов по запуску новых либо реконструкции действующих предприятий, становится актуальным определение потенциальных возможностей рынка, что позволит обосновать целесообразность выбираемой стратегии развития и, как следствие, значительно снизить риски, связанные с неверным выбором концепции. Целью работы явилась разработка комплексного подхода к определению потенциальной емкости рынка общественного питания на примере г. Кемерово, в связи с чем был проведен анализ структуры рынка общественного питания за 2012–2015 гг., анализ потребительского спроса в отношении различных сегментов предприятий общественного питания г. Кемерово. Решение поставленных задач позволило выявить несоответствие спроса и предложения по ряду сегментов в сфере общественного питания, в частности, спрос превышает предложение в сегментах Fast food, Fast casual, в то же время в сегментах Street food, Casual dining, напротив, предложение выше уровня спроса на данные типы форматов. В работе предложены рекомендации по корректировке существующих определений потенциальной и фактической емкости рынка с учетом специфики предприятий общественного питания. Разработан комплексный подход к определению потенциальной емкости рынка, по результатам которого был выявлен значительный потенциал развития сферы общественного питания в г. Кемерово.

Ключевые слова. Общественное питание, потенциальная емкость рынка, структура рынка общественного питания, потребительский спрос

COMPLEX APPROACH TO DETERMINATION OF PUBLIC CATERING POTENTIAL MARKET CAPACITY

N.S. Kokryatckaya, T.V. Krapiva*

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: t.krapiva@mail.ru*

Received: 28.11.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. The Food Service Industry sector's feature connected with changes in the market structure, determining the emergence of various formats and concepts of enterprises, is its focus on the customer demand. The latter determines the characteristics of its development and at the same time facilitates the achievement of commercial enterprises' main objectives, profit-making. Due to that, defining the market potentialities becomes a live issue at the early stages of projects development related to launching the new enterprises or reconstructing the operating ones. That allows to validate the expediency of the development strategy chosen and, therefore, to reduce substantially the risk of selecting the wrong concept. The aim of this study is to develop a complex approach to determination of catering market's potential capacity by the example of the city of Kemerovo. In this regard the analysis of public catering market structure between 2012 and 2015 and of customer demand in respect to the different segments of public catering enterprises in Kemerovo was carried out. Solving the tasks set revealed imbalance between supply and demand in several segments of the public catering sector, in particular, in Fast food and Fast casual food segments, demand outpaces supply. At the same time in Street food and Casual dining segments supply exceeds demand. This paper suggests recommendations for correcting the existing definitions of potential and actual market capacity with regards to specific features of the public catering sector. A complex approach to definition of potential market capacity was developed, which revealed the significant perspective for public catering sector in Kemerovo.

Keywords. Food Service Industry, public catering, potential market capacity, public catering market structure, customer demand

Введение

В современных условиях динамичного развития рынка общественного питания (ОП), еще на ранних стадиях инновационного процесса, связанного с разработкой проектов по запуску новых и реконструкции действующих предприятий, определение надежности предполагаемых прогнозов строится на поиске конкурентной стратегии, в основу которой положен ряд маркетинговых исследований по определению рыночных параметров и выявлению существующего и потенциально возможного спроса.

Одной из основных задач, стоящих перед предпринимателями, является выбор целевой аудитории, где потребительский спрос зачастую связан с уже сформировавшейся культурой потребления среди населения и уровнем его платежеспособности в условиях региона. Фактором, определяющим надежность поставленных прогнозов, является проведение маркетинговых исследований, направленных на изучение потребительского спроса и, как следствие, определение ниши для реализации выбранных проектов по открытию новых и реконструкции действующих предприятий ОП, а также оценке возможных конкурентных преимуществ.

Выявление существующих рыночных возможностей для предприятий ОП строится на определении потенциальной емкости рынка. В свою очередь, многообразие типов и форматов предприятий ОП, сложившееся посредством предлагаемых форм и методов обслуживания, ассортиментной политики и др. факторов, определило сегментирование предприятий и их ориентированность на различные слои населения. Это обусловливает необходимость при определении емкости рынка ОП учитывать уровень потребительского спроса, исходя из сложившихся сегментов.

Цель – разработать подход к определению потенциальной емкости рынка общественного питания (на примере г. Кемерово).

В соответствии с целью были рассмотрены условия, формирующие емкость рынка, проведена оценка современного состояния и перспектив развития рынка общественного питания в г. Кемерово, в результате чего были поставлены следующие задачи:

- провести анализ структуры рынка общественного питания за 2012–2015 гг. в г. Кемерово;
- провести анализ потребительского спроса на различные сегменты предприятий общественного питания г. Кемерово;
- адаптировать методы расчета потенциальной емкости рынка к рынку общественного питания с учетом сегментирования.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований явились: рынок предприятий ОП г. Кемерово; данные статистической отчетности Управления потребительского рынка и развития предпринимательства Администрации г. Кемерово (2012–2015 г); данные статистической отчетности Росстата (2012–2015 гг.); потенциальные потребители продукции и услуг общественного питания.

При анализе теоретических положений были использованы методы систематизации, классификации, моделирования, сравнения, обобщения. Основным статистическим методом для анализа потребительских предпочтений в отношении ПОП среди жителей города явился квотный априорный отбор. Квотирование проводилось по параметрам пола и возраста на основе демографических данных о структуре населения г. Кемерово на 2015 г. Применяли жесткие требования к выборке по сочетаниям следующих признаков: пол (2 градации) и возраст респондентов (3 градации).

Результаты и их обсуждение

Существуют разнообразные методы расчета емкости рынка. В маркетинговом понимании емкость рынка – совокупный платежеспособный спрос покупателей на определенный товар при сложившемся уровне цен [1]. Различают реальную и потенциальную емкость рынка. Потенциальная емкость рынка – это максимально возможный объем продаж – ситуации, когда все потенциальные клиенты приобретают товары, исходя из максимального уровня потребления. Реальная емкость – это фактический объем продаж анализируемого товара или продукта [2]. Необходимо отметить, что при расчете объемов продаж в денежном выражении, учитывая специфику сферы общественного питания, следует учитывать различную стоимость на продукцию и услуги, которая определяется исходя из типа и формата предприятия и ориентирована на различную целевую аудиторию и уровень ее платежеспособности. Это позволяет внести корректировки в определение емкости рынка ОП.

Потенциальная емкость рынка общественного питания – максимально возможный объем товарооборота от реализации продукции и услуг общественного питания, при условии максимального уровня потребления среди целевой аудитории, на которую ориентировано предприятие в соответствующем сегменте.

Фактическая (реальная) емкость рынка ОП – объем товарооборота от реализации продукции и услуг общественного питания. Определяется на основании текущих сведений о товарообороте предприятий ОП.

Большинство существующих методик расчета емкости рынка строится на использовании первичной и вторичной информации, полученной путем сбора и анализа необходимых маркетинговых данных. Так, используя вторичную информацию, В.А. Никитиным в 2008 г. был проведен расчет прогнозной оценки размера рынка общественного питания г. Ульяновск путем сравнения аналогичных данных по региону, размер рынка которого известен.

На наш взгляд, в более полной мере учесть возможности рынка ОП в условиях региона позволит использование комплексного подхода, включающего следующие этапы.

1. Анализ первичной информации (оценка условий формирования емкости рынка: динамики развития сферы ОП, численности населения, среднедушевого дохода, структуры рынка и т.д. в регионе в заданном периоде).

2. Анализ текущего потребительского спроса в заданных сегментах рынка ОП.

3. Оценка насыщенности рынка в натуральном (количественном) выражении, мест.

4. Расчет потенциальной емкости рынка ОП региона.

5. Выработка рекомендаций по приоритетным направлениям развития рынка ОП региона.

Предложенный комплексный подход учитывает сбор и анализ необходимой информации с последующим ее использованием в методике расчета потенциальной емкости рынка ОП.

Исходя из предложенного комплексного подхода к оценке емкости рынка ОП, на первом этапе нами был проведен анализ структуры рынка ОП в г. Кемерово за 2012–2015 гг. В основу анализа были положены данные итогов развития потребительского рынка г. Кемерово, предоставленные Управлением потребительского рынка и развития предпринимательства, соответствующие данные об изменении структуры рынка в рассматриваемом периоде представлены на рис. 1.

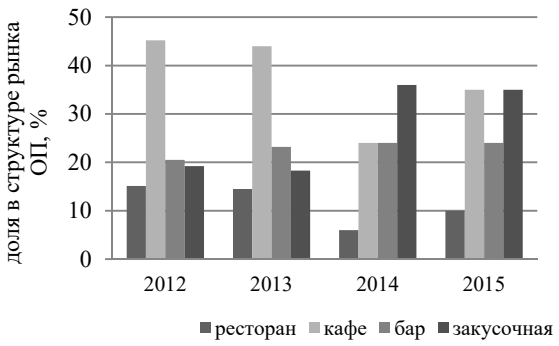


Рис. 1. Структура рынка общественного питания г. Кемерово, 2012–2015 гг.

Следует отметить изменение структуры рынка ОП в период 2012–2015 гг., ориентированного в сторону увеличения количества закусочных, снижения количества ресторанов в 2014 г. и его незначительный подъеме в 2015 г. Доля баров в общей структуре претерпела небольшие изменения.

Динамика товарооборота, объем которого представлен в табл. 1, с одной стороны, позволяет провести анализ фактической емкости рынка ОП, с другой стороны, рассматривая ее в комплексе с обеспеченностью населения местами на предприятиях ОП, дает возможность определить текущие тенденции в отношении ориентированности структуры рынка ОП на потребительские предпочтения населения.

Несмотря на снижение оборота общественного питания в 2015 г на 5,1 % относительно предыдущего года, наблюдается рост количества мест на предприятиях ОП, что может свидетельствовать о переориентированности предприятий в структуре рынка на сегменты с более низкой ценовой политикой, о чем свидетельствует и рост числа закусочных и кафе с более низким средним чеком.

Таблица 1

Динамика оборота общественного питания в фактических ценах 2012–2015 гг.

Год	Количество мест на ПОП, единиц	Оборот ОП в фактически действовавших ценах, млн руб.	В % к предыдущему году (в сопоставимых ценах)
2012	18504	14385	106,9
2013	19547	15553	104,0
2014	19768	16327	101,6
2015	20454	18300	96,5

В то же время к внешним факторам, характеризующим динамику развития рынка ОП, следует отнести среднегодовую численность населения и уровень его платежеспособности, исходя из среднедушевых денежных доходов; данные приведены в табл. 2. При соответствующем росте среднедушевых денежных доходов опережающий темп роста индекса потребительских цен способствовал снижению реальной среднемесячной заработной платы на 9,4 %. Что, как следствие, определяет снижение уровня платежеспособности населения.

Таблица 2

Динамика численности, среднедушевых денежных доходов населения г. Кемерово в 2012-2015 гг.

Год	Среднегодовая численность населения, чел.	Индекс потребительских цен, %	Средне-душевые денежные доходы (месяц), руб.
2012	536300	107,5	18511
2013	540095	107,2	19697
2014	546600	108,2	19801
2015	551100	111,5	20721

Учитывая особенности и тенденции развития рынка ОП, на сегодняшний день более близки и понятны как для потребителя, так и для производителя услуг разбивка их по форматам, таким как Street food, Fast food, Fast casual, Casual dining, что обусловлено величиной среднего чека, особенностями методов и форм обслуживания, широтой предлагаемого ассортимента продукции и услуг. В связи с этим в основу анализа текущего положения в структуре рынка общественного питания г. Кемерово на втором этапе исследования, применяемого в комплексном подходе к оценке емкости рынка общественного питания, использована предложенная выше разбивка предприятий ОП по форматам.

В ходе исследований установлено, что в г. Кемерово на 2015 г. осуществляют деятельность 638 предприятий ОП общедоступной сети, их процентное соотношение по данным, полученным методом наблюдения и сбора информации, представлено на рис. 2.

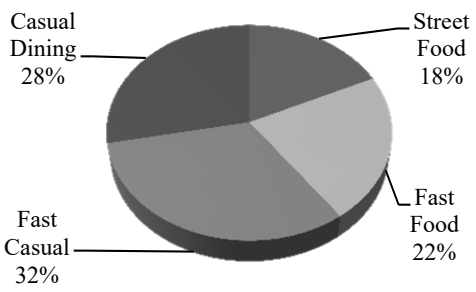


Рис. 2. Структура рынка ОП г. Кемерово (2015 г.), %

Поскольку прогнозирование концепции предприятия ОП для вновь открывающихся предприятий связано с большими рисками, например, обоснованным отсутствием спроса на конкретные форматы в зависимости от их сегментации, нами для определения потенциальной емкости рынка ОП на следующем этапе были определены потребительские предпочтения населения г. Кемерово в отношении различных форматов предприятий ОП, для определения которых был применен метод выборочного анкетирования.

В ходе исследования, как и в ранее используемом анализе рынка фактически действующих предприятий, все предприятия по аналогии были рассмотрены в соответствии с их сегментированием. Объем выборки составил 235 человек. Выборочная совокупность соответствовала генеральной совокупности по параметрам выборки, которые представлены в табл. 3.

Таблица 3

Соотношение генеральной и выборочной совокупности населения г. Кемерово

Возраст	г. Кемерово			
	Генеральная совокупность, 551100 чел.		Выборочная совокупность, 235 чел.	
	муж., %	жен., %	муж., %	жен., %
18–24 лет	12,7	13,6	12,8	13,5
25–49 лет	22,4	27,1	22,5	27,0
50 лет и старше	8,3	15,4	8,7	15,5
Итого:	43,4	56,1	44,0	56,0

Проведенный опрос позволил выявить долю населения, посещающего предприятия ОП, частоту посещения и потребительские предпочтения в отношении различных форматов в соответствии с приведенным ранее сегментированием. Первый вопрос предполагал выяснение доли населения среди опрашиваемых, которые посещают предприятия ОП. Так, практически все опрошенные ответили положительно на этот вопрос, что составило 100 %. При этом некоторые из них не предполагали под собой покупку готовой продукции, реализуемой через павильоны, не имеющие посадочных мест, как посещение предприятия ОП; к таким предприятиям в анкетировании был отнесен формат Street food.

Также, согласно полученным ответам, большинство из опрошенных посещают заведения ОП ежемесячно (1–2 раза в месяц) – 38,3 %; 28,5 % – 1–2 раза в неделю, а 17,4 % – практически ежедневно и лишь 15,7 % практически не посещают. Полученные ответы респондентов в отношении их предпочтений к различным форматам предприятий ОП в соответствии с приведенным ранее сегментированием представлены на рис. 3. Полученные данные, представленные на рис. 4, позволили провести сравнительный анализ существующего спроса, основываясь на данных, полученных путем анкетирования, с предложением (фактически действующими предприятиями ОП), согласно данным, полученным ранее.

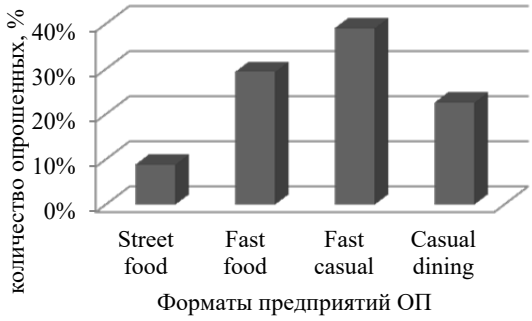


Рис. 3. Потребительские предпочтения населения г. Кемерово в отношении предприятий ОП различных форматов

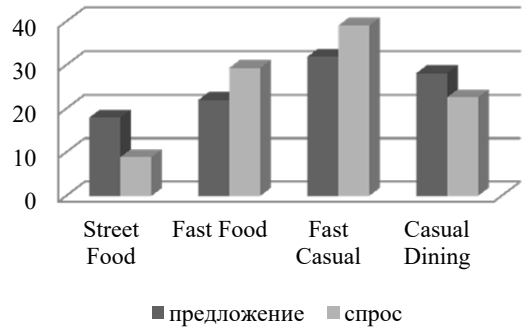


Рис. 4. Соотношение значений спроса и предложения на рынке услуг общественного питания в г. Кемерово на 2015 г.

С помощью соотнесения полученных значений спроса и предложения на форматы предприятий ОП можно сделать вывод, что в структуре рынка ОП количество предложений со стороны предприятий, работающих в сегменте Street food, Casual dining, по данным, полученным методом анкетирования среди населения г. Кемерово за 2015 г., превышает существующий спрос. В свою очередь, в сегментах Fast food, Fast casual напротив, спрос превышает предложение. Это можно охарактеризовать как значительный потенциал для дальнейшего развития предприятий ОП в сегментах Fast food, Fast casual и, как следствие, удовлетворения существующего спроса в такого рода сегментах. Тем не менее, в реальных рыночных условиях использование лишь анализа, полученного на основании первичных источников информации, становится недостаточным.

Важным элементом прогнозирования на стадиях создания и развития проектов по открытию новых и

реконструкции действующих предприятий ОП является определение надежности поставленных прогнозов в достижении одной из основных целей предприятий ОП, а именно получения прибыли, связанного с определением потенциальных возможностей рынка в выбранном для работы формате. В связи с чем считаем целесообразным провести адаптацию одного из самых распространенных методов определения общей емкости рынка, который позволяет учесть специфику предприятий ОП.

Математическая постановка расчета потенциальной емкости рынка общественного питания строится на учете полученной ранее первичной информации, а именно данных о структуре и составе населения г. Кемерово за 2015 г., данных, полученных в результате анализа потребительских предпочтений населения в отношении предприятий ОП (а именно частоты посещений среди респондентов выбираемых ими сегментов предприятий ОП); данных о значениях среднего чека в соответствующих сегментах предприятий ОП в г. Кемерово:

$$ПЕ\ (ОП) = (Н * ПП * Х) * СП, \qquad (1)$$

где ПЕ (ОП) – потенциальная емкость рынка ОП, в ценовом выражении; Н – количество населения (в граничных условиях, г Кемерово), чел.; ПП – количество реальных потребителей, в возрасте от 18 лет, %; Х – частота посещения, в единицу времени, % в месяц; СП – среднее потребление, руб. (в данном случае средний чек в соответствующем сегменте).

Рассчитывая потенциальную емкость рынка, данные по частоте посещения респондентами предприятий ОП суммировались как число потребителей при ежедневном посещении на количество дней в месяце (30), при посещении раз в неделю на количество недель в месяце (4), раз в месяц на 1 соответственно; в тоже время согласно полученным данным о структуре населения в г. Кемерово (2015 г.) потребители в возрасте старше 18 лет составили 85 %; среднегодовая численность населения составила 551100 человек.

ПЕ (ОП) = 551100* 85% * ((число потребителей при ежедневном посещении 17,6% * количество дней в месяце * 30) + (число потребителей при частоте посещения 1 раз в неделю 28,4% * 4) + (число потребителей при частоте посещения 1 раз в месяц 28,4% * 1)) = (82154*30 + 132566 * 4 + 178311*1) * СЦ (средний чек) = 3173199* СЦ (средний чек)

Адаптируя методику расчета потенциальной (общей) емкости рынка к условиям предприятий ОП, под средним потреблением понимаем значение среднего чека в заданных сегментах. Так, для предприятий в г. Кемерово на 2015 г. в формате Street food значение среднего чека было принято 100 руб., Fast food – 250 руб., Fast casual – 500 руб., Casual dining – 1500 руб. Используя данную типологию расчета, порядок расчета был конкретизирован для соответствующих форматов предприятий ОП:

$$ПЕ\ (ОП)\ формата = (Н * ПП * Х) * ПБ\ формата * СЦ\ формата, \qquad (2)$$

где Н – население (в граничных условиях, г. Кемерово), чел.; ПП – количество реальных потребителей, в возрасте от 18 лет, %; Х – частота посещения, в единицу времени, % в месяц; ПБ – количество потребителей для конкретного формата предприятий ОП, %; СЦ – средний чек в соответствующем формате предприятий ОП, руб.

После чего был проведен расчет потенциальной емкости рынка общественного питания, учитывающий сегментацию и соответствующие значения среднего чека в нем.

ПЕ (ОП) «Street food» = 3173199 * 8,8% * 100 р = = 279241*100 = 27 924 100 руб.;

ПЕ (ОП) «Fast food» = 3173199 * 29,4% * 250 р = = 932920*250 = 233 230 000 руб.;

ПЕ (ОП) «Fast casual» = 3173199 * 39,2% * 500 р = = 1243894 * 500 = 621 947 000 руб.;

ПЕ (ОП) «Casual dining» = 3173199 * 22,5% * * 1500 р = 713969*1500 = 1070953 500 руб.

В процессе расчета потенциальной (общей) емкости рынка ОП итоговые значения в денежном выражении составили 1,9 млрд руб. в месяц, при теоретическом допущении о возможности ежемесячного достижения такого рода значений потенциальная емкость рынка г. Кемерово составит 22,8 млрд руб. в год.

Принимая во внимание погрешность на достоверность предоставленной информации со стороны респондентов, необходимо отметить существенную разницу, подчеркивающую наличие благоприятных условий для развития и расширения возможностей рынка общественного питания в г. Кемерово с фактического уровня, составившего на 2015 г. 5,5 млрд руб., до потенциального, расчетное значение которого составило 22,8 млрд руб.

В качестве причин по сформировавшемуся значительному нереализованному потенциалу рынка общественного питания в г. Кемерово, на наш взгляд, целесообразно рассматривать влияние внешних факторов, таких как макроэкономические показатели, которые, в свою очередь, определяют уровень платежеспособности, а также покупательскую способность населения. Для предпринимателей же в сфере ОП в регионе необходимо на ранних стадиях запуска новых проектов и реконструкции действующих проводить более глубокий маркетинговый анализ, ориентируясь на сложившийся потребительский спрос, что, как следствие, посредством его удовлетворения приведет к возможному приближению уровня потенциальных возможностей рынка ОП и сократит сформировавшийся на сегодняшний период разрыв.

Таким образом, предложенная комплексная методика определения потенциальной емкости рынка общественного питания может выступать в роли ориентира для предпринимателей, занятых в данной сфере. В том числе она позволяет вести не только общий учет емкости рынка, но и в соответствующих форматах, рассматривая потенциальную емкость в каждом из них.

Список литературы

1. Матанцев, А.Н. Анализ рынка: настольная книга маркетолога / А.Н. Матанцев. – М: Альфа-Пресс, 2009. – 552 с.

2. Брезе, О.Э. Определение потенциальной емкости продовольственного рынка Кемеровской области / О.Э. Брезе, Л.В. Менх // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 4. – С. 132–136.

3. Анурин, В. Маркетинг исследования потребительского рынка / В. Анурин, И. Муромкина, Е. Евнутова. – СПб.: Питер, 2006. – 269 с.

4. Анализ и перспективы развития рынка общественного питания в региональных условиях / Л.А. Маюрникова, Т.В. Крапива, Н.И. Давыденко, К. Самойленко // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 1. – С. 141–147.

5. Крапива, Т.В. Системный подход к управлению качеством продукции общественного питания в условиях инновационного развития: дис. … канд. техн. наук / Крапива Татьяна Валерьевна. – Кемерово, 2013.

6. Выявление и анализ факторов развития сферы питания Кемеровской области / Л.А. Маюрникова, Т.А. Щербакова, Т.В. Крапива, Н.И. Давыденко, С.В. Новоселов // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 4. – С. 169–174.

7. Kim, S.-y. What matters to promote consumers' intention to patronize sustainable business-and-industry (B&I) food services? / So-young Kim, Jihyun Yoon and Injoo Choi // British Food Journal. – 2016. – Vol. 118. – Iss. 11. – P. 2710– 2731.

8. Analysis of food industry market using network approaches / Ashwin Arulselvan, George Baourakis,Vladimir Boginski, Evgeniya Korchina, Panos M. Pardalos // British Food Journal. 2008. – Vol. 110. – Iss: 9. – P. 916–928.

9. Crespi-Vallbona M. Food markets visitors: a typology proposal / M. Crespi-Vallbona, D. Dimitrovski // British Food Journal. – 2016. – Vol. 118. – Iss. 4. – P. 840–857.

References

1. Matantsev A.N. *Analiz rynka: nastol'naya kniga marketologa* [Market analysis: Handbook of marketing specialist]. Moscow: Alfa-Press Publ., 2009. 552 p.

2. Breze O.E., Menkh L.V. Opredelenie potentsial'noy emkosti prodovol'stvennogo rynka Kemerovskoy oblasti [Determination of potential capacity of food market of the Kemerovo region]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2013, no. 4, pp. 132–136.

3. Anurin V., Muromkina I., Evnutova E. *Marketing issledovaniya potrebitel'skogo rynka* [Marketing research of the consumer market]. St. Petersburg: Piter Publ., 2006. 269 p.

4. Mayurnikova L.A., Krapiva T.V., Davydenko N.I., Samoylenko K. Analiz i perspektivy razvitiya rynka obshchestvennogo pitaniya v regional'nykh usloviyakh [Analysis and prospects of development of the market catering to regional conditions]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, no. 1, pp. 141–147.

5. Krapiva T.V. *Sistemnyy podkhod k upravleniyu kachestvom produktsii obshchestvennogo pitaniya v usloviyakh innovatsionnogo razvitiya Diss. kand. tekhn. nauk* [A systematic approach to quality management of products in terms of innovation development. Cand. eng. sci. diss.]. Kemerovo, 2013. 147 p.

6. Mayurnikova L.A., Shcherbakova T.A., Krapiva T.V., Davydenko N.I., Novoselov S.V. Vyyavlenie i analiz faktorov razvitiya sfery pitaniya Kemerovskoy oblasti [Identification and analysis of catering development factors in the Kemerovo region]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, no. 4, pp. 169–174.

7. So-young Kim, Jihyun Yoon, Injoo Choi, What matters to promote consumers' intention to patronize sustainable business-and-industry (B&I) food services? *British Food Journal*, 2016, vol. 118, no. 11, pp. 2710–2731. DOI: 10.1108/BFJ-02-2016-0050.

8. Arulselvan A., Baourakis G., Boginski V., Korchina E., Pardalos P.M., Analysis of food industry market using network approaches. *British Food Journal*, 2008, vol. 110 no. 9, pp. 916–928. DOI: 10.1108/00070700810900611.

9. Crespi-Vallbona M., Dimitrovski D. Food markets visitors: a typology proposal. *British Food Journal*, 2016, vol. 118, no. 4, pp. 840–857. DOI: 10.1108/BFJ-11-2015-0420.

Дополнительная информация / Additional Information

Кокряцкая, Н.С. Комплексный подход к определению потенциальной емкости рынка общественного питания / Н.С. Кокряцкая, Т.В. Крапива // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 131–136.

Kokryatckaya N.S., Krapiva T.V. Complex approach to determination of public catering potential market capaci-ty. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 44, no. 1, pp. 131–136 (In Russ.).

Кокряцкая Наталья Семеновна
аспирант кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

Крапива Татьяна Валерьевна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: t.krapiva@mail.ru

Natalya S. Kokryatsraya
Postgraduate Student of the Department of Catering Technology and Organization, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

Tatyana V. Krapiva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Catering Technology and Organization, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56 e-mail: t.krapiva@mail.ru

УДК 334.7

ФРАНЧАЙЗИНГОВАЯ МОДЕЛЬ ВЕДЕНИЯ БИЗНЕСА В ОБЩЕСТВЕННОМ ПИТАНИИ

А.В. Патрушева

ООО «Стелла»,
644009, Россия, г. Омск, ул. 26 Линия, 89

e-mail: Anna1980.p@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 12.12.2016
Дата принятия в печать: 23.01.2017

Аннотация. Статья посвящена анализу рынка франшиз в сфере общественного питания в разрезе франшиз кофеен. Целью статьи является анализ франчайзинговой модели ведения бизнеса в общественном питании. В статье проанализировано современное состояние рынка франшиз кофеен, состояние спроса на услуги подобных заведений и тенденции его изменения, изменения, происходящие на рынке кофеен в связи с экономическим кризисом, особенности франчайзинговых сетей, функционирующих в настоящее время на рынке и предлагающих франшизу для покупки. Проанализированы особенности различных форматов кофеен, функционирующих на российском рынке, как принадлежащих сетевым структурам, так и самостоятельных. Показано, что сетевые структуры могут развиваться как посредством открытия собственных точек, так и с помощью продажи франшизы. Обозначены преимущества франчайзера, которые он получает, преобразовав свой бизнес во франчайзинговую сеть, а также преимущества франчайзи, которые он получает, приобретая франшизу. Рассмотрены данные о франшизах некоторых кофеен, предлагаемых в настоящее время к продаже. Сделаны выводы о состоянии рынка кофеен в настоящее время, о причинах его роста и о рентабельности и целесообразности открытия новых заведений, о причинах популярности на российском рынке некоторых заведений. Представлены результаты о жизнеспособности франчайзинговых сетей, функционирующих в настоящее время на рынке, их преимуществах и недостатках. Дано заключение о влиянии преобразования самостоятельного предприятия в сетевую структуру с применением франчайзинга на величину собственных потенциальных экономических выгод и капитала компании для владельцев бизнеса.

Ключевые слова. Франчайзинг, общественное питание, кофейни, франчайзинговая сеть, франшиза

FRANCHISE MODEL OF BUSINESS IN FOODSERVICE INDUSTRY

A.V. Patrusheva

LTD "Stella",
89, 26 Line Str., Omsk, 644009, Russia

e-mail: Anna1980.p@yandex.ru

Received: 12.12.2016
Accepted: 23.01.2017

Abstract. The article is devoted to analysis of the franchise market in foodservice industry in the context of franchise coffee houses. The aim of the article is the analysis of the franchise business model in foodservice business. The article analyzes the current state of the market franchise coffee houses, the state of demand for the services of such establishments and tendencies to changes, changes in the market of coffee houses in connection with the economic crisis, peculiarities of franchising networks operating at present in the market and offering a franchise for purchasing. The features of different types of coffee houses operating in the Russian market as belonging to the network structures and independent ones are analyzed. It is shown that the structure of the network can develop both by organizing one's own establishment and by selling the franchise. Marked are the advantages of the franchisor he gets when transforming his business into a franchise network as well as the advantages of the franchisee he gets when purchasing a franchise. The data on the franchise of some coffee houses offered for sale currently are considered. The conclusions on the state of the market of coffee houses, the reasons for its growth and profitability and feasibility for organizing of new establishments, the reasons for popularity of some establishments in the Russian market are given. The conclusion about the viability of franchising networks operating in the market at present, their advantages and disadvantages has been done. The effect of the conversion of independent businesses into the franchise network structure on the value of business owners' potential economic gains and the capital of the company has been pointed out.

Keywords. Franchising, foodservice industry, coffee houses, franchise network, franchise

Введение

Современный рынок франшиз в России характеризуется присутствием большого количества как иностранных, так и российских игроков [1]. По оценкам различных экспертов, в настоящий момент в России насчитывают от 110 до 130 франчайзинговых сетей [2]. Франчайзинг является эффективным инструментом для развития бизнеса в сфере услуг [3, 4, 5, 6, 7, 8], в том числе при развитии сетей в сфере общественного питания. Исследование, про-

веденное Международной Ассоциацией франчайзинга (IFA), показало, что использование франчайзинга помогает развить предприятие в два раза быстрее [9] . В частности, по разным оценкам экспертов, на предприятия общественного питания приходится 13,1 % от всех франчайзинговых предприятий [2, 10,161].

В рамках данной статьи предлагаем более подробно рассмотреть рынок франшиз в сфере общественного питания в разрезе франшиз кофеен.

Привлекательность рынка кофеен обусловлена тем, что даже в условиях текущего экономического кризиса [12, 13] такие заведения не теряют популярности. Наглядно это подтверждают результаты исследования, проведенные компанией The NPD Group Russia (рис. 1) [14]. Исследование рынка специалистами The NPD Group Russia было проведено методом опроса. Объем выборки составил 10 тыс. человек в 8 городах-миллионниках и Московской области. Период проведения исследования – один месяц. В ходе проведения исследования изучалась частота посещений предприятий общественного питания, а именно баров, ресторанов, кафе, столовых, кулинарий и кафе на заправках, а также использование услуг ретейла. Результаты исследования представлены на рис. 1.

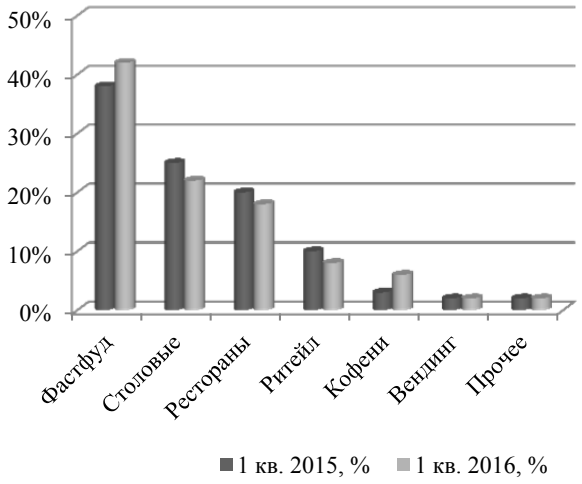


Рис. 1. Распределение посещений по сегментам рынка общественного питания (% визитов), 1 кв. 2015 г. – 1 кв. 2016 г.

Данные, полученные в ходе проведения указанного исследования, говорят о том, что на фоне снижения роста рынка общественного питания в целом, произошел прирост потребительского потока в сегментах кофеен и фастфуда на 4 и 3 % соответственно в том же периоде.

Интересен тот факт, что рост посещаемости кофеен обеспечивается приростом продаж кофе на вынос. Рост удельного веса таких заказов за рассматриваемый период составил 35 %, и в 1 квартале 2016 года на такие заказы приходилось 23 % продаж [14].

Негативные тенденции, связанные с кризисом, в данном сегменте рынка общественного питания также присутствуют, но проявляются они в форме замедления экспансии сетей в регионы. Однако для некоторых игроков рынка характерна обратная тенденция, например для сетей кофеен Coffee Like. За период с мая 2015 по май 2016 гг. количество заведений, принадлежащих указанной сети, приросло соответственно на 35 и 20 % [15].

Успех и востребованность кофеен обусловлены потребительскими предпочтениями целевой аудитории кофеен, которые формируются под воздействием нескольких основных факторов.

Исследование факторов, влияющих на формирование потребительских предпочтений посетителей кофеен, было проведено специалистами агентства «Step by Step». Прежде чем приступить к исследованию самих факторов, специалисты агентства «Step by Step» сегментировали выборку по уровню дохода (рис. 2).

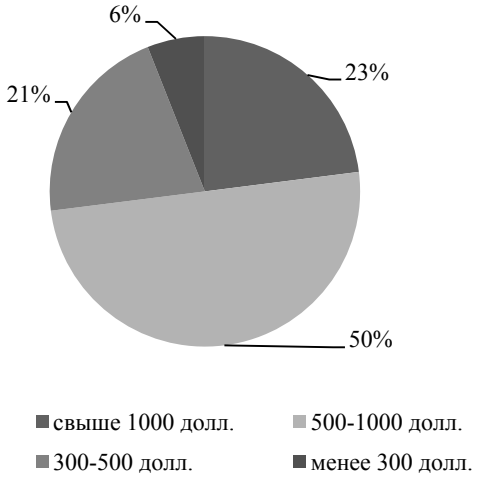


Рис. 2. Распределение посетителей кофеен по уровню дохода

Специалисты агентства «Step by Step» проводили исследование среди посетителей московских кофеен. Объем выборки составил 1500 человек.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что более половины людей, посещающих кофейни, имеют уровень дохода в диапазоне 33 000–66 000 рублей в месяц. Примерно равное количество посетителей в относительном выражении имеют доход более 66 000 рублей и доход в интервале 20 000–33 000 рублей. Самая малочисленная группа – люди, имеющие доходы менее 20 000 рублей – около 6 %.

Что касается их потребительских предпочтений, то здесь, согласно данным, полученным в ходе того же исследования, такими факторами являются привязанность потребителя к бренду, оформление витрины, удобное месторасположение и мнение окружения о рассматриваемом заведении (рис. 3).

Наиболее значимым фактором, определяющим потребительское поведение посетителей кофеен, являются потребительские предпочтения друзей, родственников, знакомых. Другими словами, наиболее часто посетители кофеен выбирают их по рекомендации кого-либо.

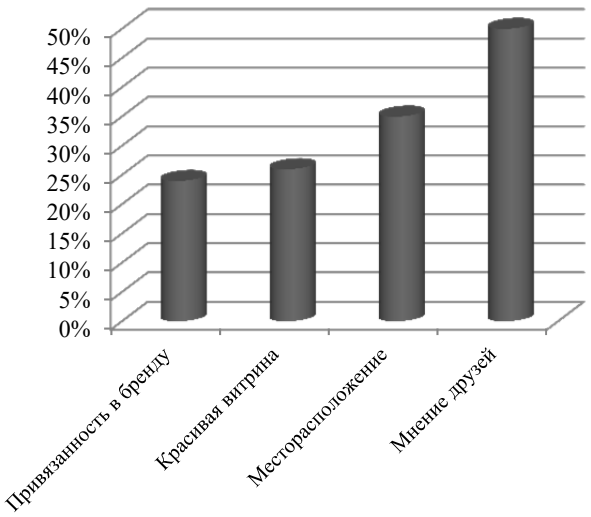


Рис. 3. Факторы, влияющие на выбор кофейни

Другим значимым фактором, определяющим частоту посещений кофейни, является ее местоположение. Заведение может быть выбрано случайно из тех, что оказались доступными в нужное время.

Примерно равное количество посещений в процентном соотношении происходят благодаря привязанности к бренду (24 %) и оформлению витрины и интерьера (26 %). Приверженность к бренду обусловлена удовлетворением ожиданий относительно качества обслуживания и набора предлагаемых товаров и услуг [16].

Заметим, что потребительское поведение при выборе кофейни редко обусловлено таким фактором, как качество самого ключевого напитка, т.е. непосредственно кофе.

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследования выступает российский рынок общественного питания. В настоящее время он представлен довольно большим количеством кофеен, а также самостоятельными заведениями. Важной особенностью рынка является большое количество сетевых игроков [17]. Сетевые заведения могут как развивать свой бренд самостоятельно («Кофе Хауз»), так и являться частью франчайзинговой структуры («Шоколадница», «Traveler's coffee» и т.д.).

Был проведен анализ рынка кофеен в разрезе различных форматов с выявлением их достоинств и недостатков. Рынок франшиз был проанализирован с точки зрения стоимости предлагаемых к покупке франшиз и величины франчайзинговых сетей, которые предлагают франшизы к продаже.

Результаты и их обсуждение

Как в сетевых структурах, так и среди самостоятельных заведений можно встретить заведения следующих форматов:

- традиционная стационарная кофейня;
- кофейня, адаптированная под потребности российских потребителей;
- кофейня формата «кофе с собой»;
- совмещение кофейни с новыми форматом точек обслуживания – так называемыми анти-кафе.

Анализ перечисленных форматов кофеен представлен в табл. 1.

Таблица 1

Анализ различных форматов кофеен (составлено автором)

Формат	Характеристика	Пример	Достоинства	Недостатки
Традиционная стационарная кофейня	Основа меню – кофе, другие безалкогольные напитки и десерты. Заказ производится посетителем у стойки	«Confeti»	Наименее затрат на для открытия	Можно встретить довольно редко. Данный формат не пользуется большой популярностью в России
Кофейня ресторанного типа	Подразумевает продажу не только кофе, но и салатов, вторых блюд, алкоголя	«Шоколадница», «Traveler's coffee»	Хорошая приживаемость в российских условиях	Подобное заведение сложно считать кофейней. Скорее, это кафе с обширной кофейной картой
Кофейня «фаст фуд»	Самообслуживание, использование одноразовой посуды, предоставление кофе и десертов на вынос	Starbuks McCafe (часть компании McDonald's)	Идеально подходят для посетителей, имеющих немного времени	В камерных заведениях подобный формат используется крайне редко
Кофейня «стрит фуд»	Кофейные палатки, павильоны, тележки, автомобили на улицах площадью зачастую от 2 до 10 кв.м. Предлагается широкий ассортимент из нескольких десятков сортов кофе, приготовление напитков в соответствии с классическими рецептами	«Перекати кофе», «Bikecaffe»	Не требует поиска помещения. Не требует от владельца больших инвестиций. Высокорентабельна	Ассортимент более узкий по сравнению с обычными кофейнями, короткое время посещения, сложности юридического оформления этого бизнеса. Проблематично найти сотрудников на осеннее-зимний период
Совмещение кофейни с новым форматом точек общепита: так называемых анти-кафе	Гости оплачивают не стоимость заказа, а стоимость времени, проведенного в заведении	Jeffrey's Coffee, New York Coffee (г. Уфа)	Сравнительно небольшая конкуренция; получение прибыли от посещений, а не от количества заказов; низкие затраты на обслуживающий персонал; взаимовыгодное сотрудничество со службами доставки, бизнес-тренерами, музыкальными группами и т.п.	Узкий ассортимент. Большая часть гостей отличается низкой платежеспособностью. Встречается низкое качество сырья

Как правило, к кандидатам в франчайзи предъявляются некоторые требования, а именно:

- наличие необходимого количества собственных или заемных денежных средств для запуска проекта;
- опыт работы в ресторанном бизнесе, хорошая деловая репутация;
- наличие подходящего помещения;
- требования, касающиеся географии будущего расположения заведения. Например, некоторые франчайзеры устанавливают нижний порог населения города, в котором может быть открыто заведение сети (например, Traveler's Coffee разрешает открывать кофейни в городах с населением не менее 40 тыс. чел.). Помимо этого, франчайзер может не продавать франшизу в города собственного присутствия или в города, где уже присутствуют франчайзи.

Преимущества, в общем случае получаемые франчайзи [6, 7, 8, 18, 19]:

- всестороннее содействие со стороны франчайзера;
- известный и любимый потребителями продукт;
- приемлемые финансовые условия сотрудничества;
- отлаженные механизмы поставки сырья;
- помощь в обучении.

Цена франшизы кофейни зависит от формата работы. Франшизу кофейни формата «кофе с собой» можно приобрести с минимальными затратами. Открытие стационарной кофейни потребует существенно более серьезных инвестиций. Составить представление о рынке франшиз кофеен в России можно на основании данных, представленных в табл. 2.

Таблица 2

Данные о франшизах некоторых кофеен (составлено автором на основе информации, представленной на официальных сайтах компаний)

№	Наименование	Год старта программы франчайзинга	Кол-во точек собственных/франчайзинговых	Инвестиции, руб.	Паушальный взнос, руб.	Роялти, %
1	Бодрый день	2012	10/133	70 000	100 000	Нет
2	Кофеин	2005	13/21	7 000 000	От 1 500 000	5 % от оборота
3	Кофейный Дом Гурме	2008	5/13	150 000	150 000	Нет
4	Кофиока	2016	2/4	600 000	99 000	Нет
5	Шоколадница	2008	562/84	5-15 000 000	2 500 000	7 % от оборота
6	Coffee Cake	2015	5/4	250 000	Нет	5 % от оборота
7	Coffeeshop company	2008	51/40	От 4 000 000	1 425 000	6 % от месячного оборота
8	Coffee Space	2015	5/26	354 000	179 000	Нет
9	Double Coffee	2008	12/14	8 500 000	1600 000	5 % от месячного оборота
10	Starbucks	1987	6750/15750	10 000 000	Обсуждается индивидуально	Обсуждается индивидуально
11	Traveler’s Coffee	2006	30/75	от 6 000 000	1 000 000	3 % от месячного оборота

Источник: данные с официальных сайтов компаний

Наиболее крупной сетью кофеен в России на сегодняшний день является «Шоколадница».

Франшиза «Шоколадницы» обладает следующими преимуществами:

1. В рамках франчайзингового соглашения франчайзер оказывает консультационную поддержку;
2. Франчайзи предоставляется технологический проект и спецификация оборудования;
3. Обучение персонала франчайзи полностью ложится на плечи франчайзера;
4. Оценка и контроль командой специалистов соответствия открываемого заведения корпоративным стандартам;
5. Предоставление всех необходимых рекомендаций по ведению бизнеса в сфере общественного питания;
6. Постоянная поддержка франчайзи в управлении и развитии кафе.

Кроме того, «Шоколадница» считается самой большой и динамично развивающейся компанией в своем сегменте. Когда-то «Шоколадница» была единственной кофейней, предлагающей к продаже франшизу, что во многом определило ее темпы роста.

Следует отметить, что резкий рост сети «Шоколадница», который произошел в 2014 году, обусловлен не развитием сети по линии франчайзинга, а закрытием сделки по покупке основного конкурента – сети «Кофе Хауз» [20]. Таким образом, главным преимуществом указанной сети на сегодняшний день является ее лидирующая позиция на рынке с точки зрения количества точек.

Помимо сетей, имеющих большое количество собственных «точек», на рынке существуют и компании, основным каналом развития которых является франчайзинг. Примером такой компании может служить компания «Бодрый день».

Франшиза, предлагаемая компанией «Бодрый день», является относительно молодой. Компания была основана в 2012 году. Уже с того же года компания начала работать по франчайзингу. На сегодняшний день у компании десять собственных точек и сто тридцать три франчайзинговых.

Основными особенностями бренда для потребителя является ставка на качество самого напитка,

большое количество фирменных безалкогольных напитков по эксклюзивным рецептам и яркая, запоминающаяся, но при этом ненавязчивая реклама. Франчайзи привлекает низкая стоимость франшизы и отсутствие обязательных роялти.

Уплата роялти по франшизе «Бодрый день» происходит по желанию франчайзи, в размере, соответствующем количеству выбранных опций (например, проведение рекламных кампаний, различные виды поддержек).

С точки зрения исследования создания франчайзингом стоимости для сторон франчайзинговых отношений наиболее интересны франчайзинговые сети, реализующие стратегию развития именно через развитие франчайзинговой модели, а не через присоединение в различных формах точек конкурентов. В качестве именно такой сети из перечисленных выше франчайзинговых сетей кофеен, на наш взгляд, можно рассматривать сеть «Бодрый день».

Подводя итоги проделанной работы, можно сформулировать следующие выводы.

1. Рынок кофеен в настоящее время переживает стадию небольшого роста. Рост обусловлен развитием направления «кофе с собой» и экспансией сетей в регионы. При этом если кофейни формата «кофе с собой» с большой вероятностью будут рентабельны, то о целесообразности же развития столичных сетей в регионах нельзя сделать однозначного вывода, поскольку инвестиции в этом случае выше за счет расходов на оформление документов, необходимых для начала работы, и рекламу, а рентабельность в регионах ощутимо ниже, чем в Москве.

2. Наибольшую популярность на российском рынке снискали заведения, адаптированные под потребности российского рынка. Это так называемые кофейни ресторанного типа, где помимо основы меню – кофе, чая и других безалкогольных напитков и ограниченного ассортимента продукции (в основном сладостей), предлагают также салаты, первые, вторые блюда и алкоголь.

3. Франчайзинговые сети, функционирующие в настоящее время на рынке, находятся на различных стадиях жизненного цикла. Можно встретить сети, функционирующие как несколько десятков лет, так и образованные совсем недавно. Преимуществом давно существующих сетей является широкий охват территории, известность бренда, отработанные технологии. Однако этим сетям присущ определенный консерватизм, что не позволяет им оперативно реагировать на изменения потребительских предпочтений. Напротив, молодые сети отвечают на новые запросы клиентов и открыты для экспериментов, но при этом риски их провала сравнительно высоки из-за недостаточной отработанности технологий, а также в силу того, что пока неясно, станут ли изменившиеся предпочтения части потребителей основой для формирования устойчивого рынка.

4. Преобразуя свой бизнес во франчайзинговую сеть, владелец кофейни наращивает величину собственных потенциальных экономических выгод и капитала или, иными словами, создает прирост дополнительной стоимости для своего бизнеса. Весьма интересны с этой точки зрения молодые франчайзинговые сети, имеющие небольшое количество своих точек, и большое количество франчайзинговых.

Список литературы

1. Ilan, Alon (ed.). *Service Franchising. A Global Perspective*. – Berlin: Springer Publ. – 2005. – 264 p.
2. Беленец, П.С. Основные тенденции и проблемы развития франчайзинга в России / П.С. Беленец // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2014. – № 3(26). – С. 9–19.
3. Бахарев, В.В. Франчайзинг как инструмент развития малого предпринимательства / В.В. Бахарев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2013. – № 12. – С. 49–52.
4. Котляров, И.Д. Опыт формального описания франчайзинга / И.Д. Котляров // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. – 2007. – № 5. – С. 129–133.
5. Котляров, И.Д. Механизмы использования посредников при дистрибуции услуг / И.Д. Котляров // Вопросы регулирования экономики. – 2012. – Т. 3. – № 3. – С. 97–110.
6. Наркевич, Е.Г. Франчайзинг как форма кооперации: попытка анализа / Е.Г. Наркевич // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2012. – № 4. – С. 22–25.
7. Патрушева, А.В. Организационно-экономическая природа франчайзинга / А.В. Патрушева // Компетентность. – 2016. – № 3. – С. 42–46.
8. Тимофеева, Е.Г. Экономическое и организационное содержание франчайзинга / Е.Г. Тимофеева // Петербургский экономический журнал. – 2015. – № 4. – С. 145–153.
9. Li-Tzang (Jane) Hsu, SooCheong (Shawn) Jang. Effects of restaurant franchising: Does an optimal franchise proportion exist?// International Journal of Hospitality Management. – 2009. – no. 28. – P. 204–211.
10. Kolesova, A.A. Problems and prospects of franchising development in Russia / A.A. Kolesova, G.O. Fangmann, N.V. Cherepanova // Journal of Economics and Social Sciences. – no 5. – Available online at http://jess.esrae.ru/.
11. Medvedev, S. Franchising in Russia: practical aspects and legal basics / S. Medvedev. – *FRANCHISING – RUSSIA*. February 09 – 2016.
12. Бахарев, В.В. Влияние современной экономической ситуации в России на сферу торговли и общественного питания / В.В. Бахарев, Р.А. Икрамов // В мире научных открытий. – 2015. – № 5. – С. 7–18.
13. Захарова, Е.В. Санкции против России. Анализ влияния экономического кризиса на розничную торговлю / Е.В. Захарова, М.В. Майер // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2015. – № 3. – С. 22–27.
14. Россияне в кризис стали чаще ходить в кофейни [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rbc.ru/business/10/06/2016/575a8d9e9a79475cfe4793ba?from=newsfeed (дата обращения: 16.11.2016).

15. Операторы российского рынка кофеен и кафе-кондитерских продолжают развитие, несмотря на кризис [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://marketing.rbc.ru/news_research/31/08/2016/562950001008206.shtml (дата обращения: 16.11.2016).

16. Обзор рынка кофеен [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.marketing.spb.ru/mr/food/coffee_review.htm (дата обращения: 16.11.2016).

17. Яковлева, Я.В. Анализ тенденций российского рынка кофеен как сегмента рынка общественного питания / Я.В. Яковлева // Научный альманах. – 2015. – № 11–1(13). – С. 592–595.

18. Nikulin, E.D. Franchising in Russia: does an optimal franchise proportion exist? / E.D. Nikulin, Alexander I. Shatalov // Asian Journal of Business Research. – 2013. – no 5. – P. 32–48.

19. Madanoglu, M. Franchising and firm financial performance among U.S. restaurants / M. Madanoglu, K. Lee, G. Castrogiovanni // Journal of retailing. – 2011. – no. 87 (3). – P. 406–417.

20. «Шоколадница» закрыла сделку по покупке «Кофе Хауз» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rbc.ru/rbcfreenews/5449275ecbb20f54a50a3058 (дата обращения: 16.11.2016).

References

1. Ilan Alon (ed.) *Service Franchising. A Global Perspective*. Berlin: Springer Publ., 2005. 264 p.

2. Belenets P.S. Osnovnye tendentsii i problemy razvitiya franchayzinga v Rossii [Major trends and problems of development of franchising in Russia]. *Territoriya novykh vozmozhnostey. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa* [The territory of the new features. Journal of the Vladivostok State University of Economics and Service], 2014, vol. 26, no. 3, pp. 9–19.

3. Bakharev V. V. Franchayzing kak instrument razvitiya malogo predprinimatel'stva [Franchising as a tool for development of small business]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo* [Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Economics and Law], 2013, no. 12, pp. 49–52.

4. Kotlyarov I.D. Opyt formal'nogo opisaniya franchayzinga [The experience of the formal description of franchising]. *Vestnik INZhEKONa. Seriya: Ekonomika* [Bulletin ENGECON. Series: Economy], 2007, no. 5, pp. 129–133.

5. Kotlyarov I.D. Mekhanizmy ispol'zovaniya posrednikov pri distributsii uslug [Mechanisms of using intermediaries in the distribution of services]. *Voprosy regulirovaniya ekonomiki* [Questions of economic regulation], 2012, vol. 3, no. 3, pp. 97–110.

6. Narkevich E.G. Franchayzing kak forma kooperatsii: popytka analiza [Franchising as a form of co-operation: an attempt to analyze]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo* [Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Economics and Law], 2012, no. 4, pp. 22–25.

7. Patrusheva A.V. Organizatsionno-ekonomicheskaya priroda franchayzinga [Organizational-economic nature of the franchise]. *Kompetentnost'* [Competence], 2016, no. 3, pp. 42–46.

8. Timofeeva E.G. Ekonomicheskoe i organizatsionnoe soderzhanie franchayzinga [Economic and organizational content of franchising]. *Peterburgskiy ekonomicheskiy zhurnal* [Petersburg Economic Journal], 2015, no. 4, pp. 145–153.

9. Hsu L., Jang S., Effects of restaurant franchising: Does an optimal franchise proportion exist? *International Journal of Hospitality Management*, 2009, vol. 28, no. 1, pp. 204–211.

10. Kolesova A.A., Fangmann G.O., Cherepanova N.V. Problems and prospects of franchising development in Russia. *Journal of Economics and Social Sciences*, 2015, no. 7, pp. 38–41.

11. Medvedev S. Franchising in Russia: practical aspects and legal basics. *Franchising – Russia*, 2016. Available at: http://www.gorodissky.com/upload/articles/files/Franchising_in_Russia_practical_aspects_and_legal_ba-sics.pdf. (accessed 16 November 2016).

12. Bakharev V.V., Ikramov R.A. Vliyanie sovremennoy ekonomicheskoy situatsii v Rossii na sferu torgovli i obshchestvennogo pitaniya [Effect of the current economic situation in Russia in the sphere of trade and public catering]. *V mire nauchnykh otkrytiy* [In the world of scientific discovery], 2015, no 5, pp. 7–18.

13. Zakharova E.V., Mayer M.V. Sanktsii protiv Rossii. Analiz vliyaniya ekonomicheskogo krizisa na roznichnuyu torgovlyu [Sanctions against Russia. Analysis of the impact of the economic crisis on the retail]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Ekonomika i ekologicheskiy menedzhment* [Scientific Journal ITMO. Series: Economics and Environmental Management], 2015, no. 3, pp. 22–27.

14. *Rossiyane v krizis stali chashche khodit' v kofeyni* [The Russians during the crisis were more likely to go to the coffee shop]. Available at: http://www.rbc.ru/business/10/06/2016/575a8d9e9a79475cfe4793ba?from =newsfeed. (accessed 16 November 2016).

15. *Operatory rossiyskogo rynka kofeen i kafe-konditerskikh prodolzhayut razvitie, nesmotrya na krizis* [Russian market operators of coffee shops and tea rooms continue to develop, despite the crisis]. Available at: http://marketing.rbc.ru/news_research/31/08/2016/562950001008206.shtml. (accessed 16 November 2016).

16. *Obzor rynka kofeen* [Obzor rynka kofeen]. Available at: http://www.marketing.spb.ru/mr/food/coffee_review.htm. (accessed 16 November 2016).

17. Yakovleva Ya.V. Analiz tendentsiy rossiyskogo rynka kofeen kak segmenta rynka obshchestvennogo pitaniya [Analysis of the Russian market trends coffeehouse as a segment of the catering market]. *Nauchnyy al'manakh* [Science almanac], 2015, vol. 13, no. 11-1, pp. 592–595. DOI: 10.17117/na.2015.11.01.592

18. Nikulin E.D., Shatalov A.I. Franchising in Russia: does an optimal franchise proportion exist? *Asian Journal of Business Research*, 2013, no. 5, pp. 32–48.

19. Madanoglu M., Lee K., Castrogiovanni G.J. Franchising and firm financial performance among U.S. restaurants. *Journal of Retailing*, 2011, vol. 87, no. 3, pp. 406–417.

20. *«Shokoladnitsa» zakryla sdelku po pokupke «Kofe Khauz»* ["Chocolate" closed the deal to buy the "Coffee House"]. Available at: http://www.rbc.ru/rbcfreenews/5449275ecbb20f54a50a3058. (accessed 16 November 2016).

Дополнительная информация / Additional Information

Патрушева, А.В. Франчайзинговая модель ведения бизнеса в общественном питании / А.В. Патрушева // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 137–143.

Patrusheva A.V. Franchise model of business in foodservice industry. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 137–143 (In Russ.).

Патрушева Анна Валерьевна
бухгалтер, ООО «Стелла», 644009, Россия, г. Омск, ул. 26 линия, 89, e-mail: anna1980.p@yandex.ru

Anna V. Patrusheva
accountant, LTD "Stella", 89, 26 Line Str., Omsk, 644009, Russia, e-mail: anna1980.p@yandex.ru

УДК 339.138:637.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ НА РЫНКЕ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАЦИОНАЛЬНОГО КОМПОНЕНТА РЕГИОНАЛЬНЫХ БРЕНДОВ

Н.М. Сурай[1,*], О.А. Высоцкая[2]

[1] ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», 656049, Россия, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98

[2] ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46

**e-mail: natalya.mixajlovna.1979@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 12.12.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. Рынок мясопродуктов является крупнейшим рынком продовольственных товаров, обладающим определенными обычаями и оказывающим существенное воздействие на другие рынки продуктов питания. Современные условия, сложившиеся на рынке мясоперерабатывающей отрасли, а именно политика импортозамещения, способствуют появлению новых региональных производителей продукции. Усиление конкуренции между производителями, изменение покупательских предпочтений, ценовых пропорций на рынке мясных изделий заставляет производителей искать более совершенные способы укрепления своей рыночной позиции. Брендинг является действенным инструментом укрепления конкурентной позиции компании на рынке. Перед маркетинговым исследованием, проведенным в апреле 2016 г. в г. Барнаул Алтайского края, стояли следующие конкретные узкопрофессиональные задачи: выявить предпочтения потребителей среди производителей колбасных изделий; определить предпочитаемые потребителями виды мясных изделий, а также предпочитаемые физические и функциональные характеристики; выявить предпочтения потребителей в отношении мест дистрибуции и частоты покупки; определить предпочтения потребителей мясных изделий торговой марки «Курмилово» на рынке г. Барнаул; выяснить осведомленность потребителей относительно представленных брендов мясной продукции на рынке г. Барнаул. Методом сбора данных явилось анкетирование. Анкетный опрос проведен в торговых точках г. Барнаул. Проведенные исследования позволяют оценить предпочтения потребителей г. Барнаул относительно мясной продукции, а также использовать их при формировании рационального компонента региональных брендов-новинок.

Ключевые слова. Рынок, бренд, мясная продукция, колбасные изделия, потребитель, потребительские предпочтения, маркетинговые исследования

CONSUMER PREFERENCE RESEARCH IN FORMING RATIONAL COMPONENT OF REGIONAL BRANDS IN THE MEAT PRODUCT MARKET

N.M. Suray[1,*], O.A. Vysotskaya[2]

[1] Altai State Agrarian University, 98, Krasnoarmeysky Ave.,, Barnaul, 656049, Russia

[2] Polzunov Altai State Technical University, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia

**e-mail: natalya.mixajlovna.1979@mail.ru*

Received: 12.12.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. Meat product market is considered to be the largest food product market possessing certain practices and significantly influencing other food markets. Conditions now prevailing in meat-packing branch market, namely import substitution policy, encourage appearance of new regional food manufacturers. Increased competition among manufacturers, changing buyers' preferences and price proportions in the meat product market –all that forces manufacturers to search more effective ways of strengthening their market positions. Branding has been seen as an effective tool of strengthening the competitive position of a company. The marketing research conducted in April 2016 had the following professional research objectives: to identify consumer preferences among sausage product manufacturers, to determine meat product types preferred by consumers, as well as preferred physical and functional parameters, to point out consumer preferences in respect to distribution places and purchase frequency: to identify their preferences for "Kurmilovo" meat products in the market of Barnaul, to determine consumer awareness as to the meat brands in the market of Barnaul. Questionnaire survey has been applied as a data-collection method. It has been carried out in the points of purchase in the city of Barnaul. The research conducted enables to evaluate consumer preferences in the meat product market of Barnaul, and also to apply the data in the process of constructing a rational component of new regional brands.

Keywords. Market, brand, meat products, sausage products, consumer, consumer preferences, marketing research

Введение

Рынок мясопродуктов является крупнейшим рынком продовольственных товаров, обладающим определенными обычаями и оказывающим существенное воздействие на другие рынки продуктов питания. Усиление конкуренции между производителями, изменение покупательских предпочтений, ценовых пропорций на рынке и связанной с этим стратегии потребления продуктов питания в целом, мясных изделий в частности, заставляет производителей искать более совершенные способы укрепления своей рыночной позиции. Положение усугубляется также воздействием таких факторов, как постоянный рост закупочных цен на сырье, увеличение в каналах дистрибуции розничных магазинов, каждый из которых диктует производителю свою политику ценообразования. Политика импортозамещения стимулировала проявление таких трендов, как появление новых региональных компаний-производителей, расширение продуктовой линейки действующими компаниями. Вышеперечисленные факторы требуют от производителей мясных изделий для формирования спроса на их продукцию входить на этот рынок с использованием зачастую нестандартных методов, приемов (рекламной политики, программ лояльности, характера и вида упаковки, внедрения продукции с применением особых ингредиентов и т.п.) и, прежде всего, созданием собственного бренда продукта.

Высокая степень развития техники и технологий переориентировала современный бизнес на конкуренцию брендов, усиление которых обеспечивает предприятиям существенные преимущества на рынке. Современные бренды являются немаловажными элементами деятельности предприятий, символами коммерческой активности, занимая существенную роль в потребительском сознании и вызывая целостный набор ассоциаций и образов. Бренды, в отличие от продуктов, не формируются в производстве, а создаются и существуют в потребительском сознании, обеспечивая эмоциональную связь между их восприятием и функциональностью продукта [1]. Бренд – это набор восприятий в воображении потребителя [2]. Значительная часть исследователей в области брендинга в определении понятия «бренд» выделяют рациональную, или функциональную, и эмоциональную компоненты, формирующие в итоге устойчивое позитивное отношение к продукту. Так, согласно дефиниции Дж. Джакоби, «бренд – убедительное обещание качества, обслуживания и ценности на длительный период, которое подтверждается испытанием продукта, повторными покупками и удовлетворением от использования». По мнению Лесли де Шернатони, бренд – это «совокупность функциональных и эмоциональных ценностей, которые обещают заинтересованным лицам определенный опыт» [3]. Согласно концепции построения бренда Ж.-Н. Капферера, существуют две схемы, по которым создается бренд. Первая схема названа «от товара к ценности», вторая – «от ценности к товару» (рис. 1). К рынку мясной продукции более применима первая схема, поскольку она позволяет строить бренд на основе рациональных (функциональных) характеристик продукта, которые впоследствии (при их успешном развертывании и позиционировании) превращаются в потребительскую ценность.

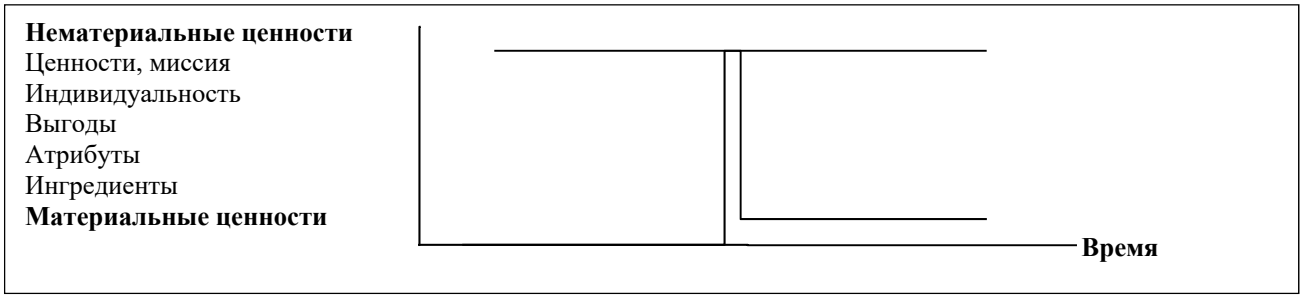


Рис. 1. Модели построения бренда по Ж.-Н. Капфереру

Различные методики построения брендов так или иначе предусматривают анализ рационального компонента как основы для разработки стратегии позиционирования и продвижения бренда. Так, у Д. Аакера в его концепции бренда как двухуровневой системы центр бренда составляет исследование возможностей, свойств, качеств, сферы применения продукта.

В модели формирования потребительского капитала торговой марки К. Л. Келлера, представленной в виде четырехуровневой пирамиды, ее основание составляют отличительные характеристики продукта, а второй – его функциональное назначение, на основе чего создается нужное понимание торговой марки потребителем. Процесс построения брендов на рынке мясной продукции осложняется воздействием следующих факторов [4]:

- недооцениванием роли и значения руководителями предприятий роли брендинга, низкой квалификацией маркетологов, как следствие, выделением недостаточного количества средств на создание и развитие брендов;
- несистемностью мероприятий по разработке стратегий брендинга и позиционированию брендов;
- тенденцией дифференциации потребительских ожиданий, в связи с чем возникает кастомизированный спрос на мясную продукцию, требующий реакции со стороны производителей и зачастую игнорируемый ими.

Тем не менее, именно эти факторы должны определить дальнейшие векторы движения производителей колбасных изделий по пути построения

конкурентоспособных региональных брендов. Те предприятия, которые будут способны усилить активность в разработке стратегий брендинга, учесть кастомизированные запросы потребителей, смогут занять устойчивую рыночную позицию в долгосрочной перспективе.

С учетом вышесказанного, на региональном рынке производителей мясных изделий становится все более актуальным исследование мнений и потребностей потребителей в отношении рационального компонента регионального бренда. Изучение предпочтений потребителей позволяет выработать необходимые поправки маркетинговой стратегии, улучшить качество бренда в соответствии с пожеланиями потребителей, позволяющими повысить его популярность.

Объекты и методы исследований

Процесс создания долгосрочного покупательского предпочтения рассматривается как деятельность по представлению покупателю достоинств товара, их особенностей по сравнению с похожими предлагаемыми товарами, формированию в сознании потребителей стойких впечатлений, связанных с этим товаром, его маркой.

Перед маркетинговым исследованием, проведенным в апреле 2016 г. в г. Барнаул Алтайского края, стояли следующие конкретные узкопрофессиональные задачи:

- выявить предпочтения потребителей среди производителей колбасных изделий;
- определить предпочитаемые потребителями виды мясных изделий, а также предпочитаемые физические и функциональные характеристики;
- выявить предпочтения потребителей в отношении мест дистрибуции и частоты покупки;
- определить предпочтения потребителей мясных изделий торговой марки «Курмилово» на рынке г. Барнаул;
- выяснить осведомленность потребителей относительно представленных брендов мясной продукции на рынке г. Барнаул.

Методом сбора данных явилось анкетирование. Анкетный опрос проведен в торговых точках г. Барнаул. Целью проводимого исследования явилось выявление реакции потребителей на новый бренд мясных изделий, а также исследование факторов, оказывающих влияние на потребителей при покупке мясных изделий нового бренда «Курмилово».

Научная новизна статьи заключается в том, что на основе анализа потребительских предпочтений определены ключевые модельные факторы, составляющие базис для формирования рационального компонента региональных брендов-новинок.

Объектом исследования являются участники, формирующие предложение на рынке мясной продукции г. Барнаул, и конечные потребители мясной продукции.

Предметом исследования является система отношений, возникающих в процессе формирования бренда, позволяющих повысить конкурентоспособность продукции предприятий мясной промышленности.

Результаты и их обсуждение

На рынке мясной продукции г. Барнаул проведен розничный аудит, который состоял из следующих этапов:

1) подготовительный этап: сенсус (100 % перепись точек, торгующих мясопродуктами); построение выборки;

2) полевой этап: сбор данных;

3) обработка информации и создание отчетов (компьютеризированная проверка данных).

Основной целевой аудиторией явились жители г. Барнаул Алтайского края (выборка составила 400 респондентов). Образовавшаяся выборочная совокупность на 58,75 % состояла из женщин и на 41,25 % – мужчин. Возраст респондентов распределился следующим образом: 61,5 % занимали респонденты в возрасте от 20 до 35 лет; 28,25 % – от 36 до 50 лет; 10,25 % – от 51 и старше.

Проведенные исследования относительно предпочтения потребителями известных им производителей колбасных изделий представлены на рис. 2.

Рис. 2. Предпочтения потребителей относительно производителей колбасных изделий, %

Следовательно, наиболее популярными производителями колбасных изделий на рынке г. Барнаул являются КПК (Кузбасский Пищекомбинат) – 21 %; «Барнаульский пищевик» (ООО «Алтайские колбасы») – 20 %; ООО «Брюкке» – 16 %.

Исследования показали, что потребители при выборе мясных изделий наибольшее предпочтение отдают вареным колбасам (27 %), а затем следуют категории «копченые и полукопченые колбасы» – 23 %, «сосиски и сардельки» – 23 %. В наименьшей степени потребляются мясные деликатесы ввиду их высокой стоимости (рис. 3).

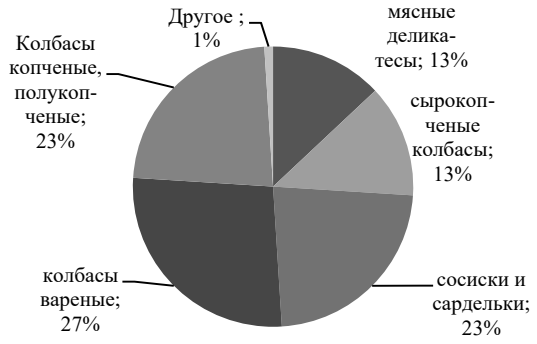


Рис. 3. Выбор видов мясных изделий, 2016 г.

Предпочтения респондентов по отношению к местам приобретения мясных продуктов представлены на рис. 4.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что анкетируемые предпочитают приобретать мясную продукцию в крупных магазинах – 68 %. Следующим по популярности местом покупки стали специализированные (фирменные) магазины, в которых покупают 19 % опрошенных.

Рис. 4. Предпочтения респондентов по отношению к местам приобретения мясных продуктов

Затем следуют мелкие магазины (10,75 %). Остальные респонденты покупают мясные продукты на продовольственных ярмарках, рынках и в других местах.

Частота приобретения респондентами колбасных изделий представлена на рис. 5.

Согласно приведенным данным, можно сделать вывод о том, что наибольший удельный вес среди частоты приобретения колбасных изделий составляет покупка один раз в неделю: 174 чел., (43,48 %), два раза в неделю покупают 17,39 %, остальные респонденты (38 %) покупают продукцию один раз в месяц и реже.

Потребители при выборе вышеуказанных производителей колбасных изделий ориентируются на критерии, которые представлены на рис. 6.

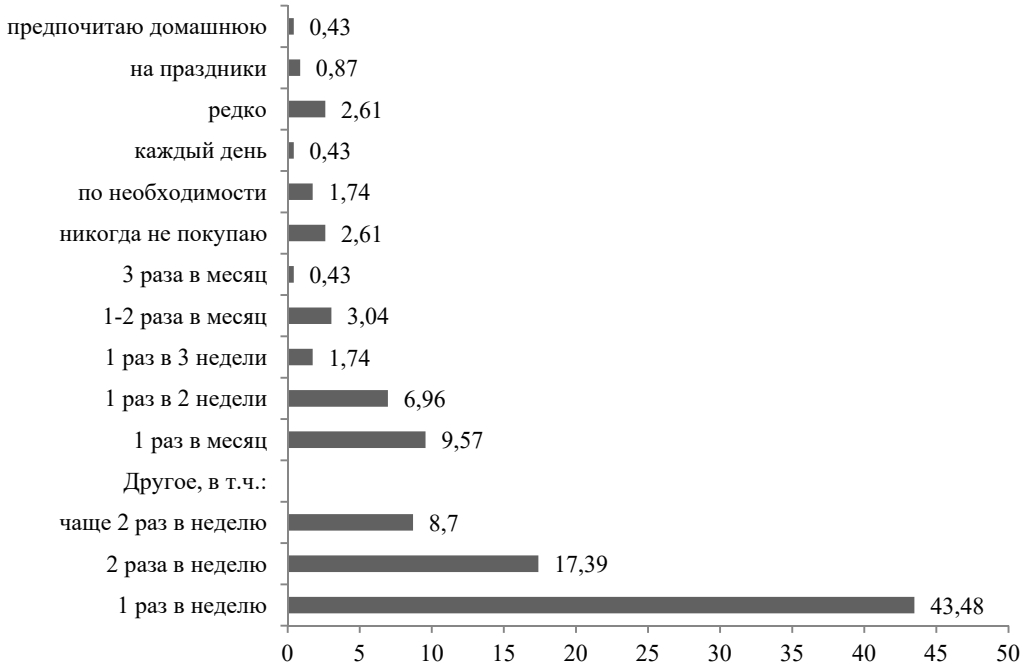


Рис. 5. Частота приобретения респондентами колбасных изделий, %

Рис. 6. Предпочтения потребителей в отношении выбора производителя колбасных изделий, %

Исследования показали, что главными стимулами, побуждающими покупателя осуществить процесс покупки колбасных изделий, являются цена – более 40 %, вкус – 23 %, качество – 16 %. Поскольку категория «качество» является многоаспектным понятием, было исследовано представление потребителей о понимании ими данной категории применительно к колбасным изделиям (рис. 7).

Таким образом, понятие «качество» потребители связывают в большей степени с категорией «изготовленная из натурального сырья» (более 40 % ответов), а также с понятием «вкусная» (20 %) и «с привлекательным внешним видом и запахом» (более 9 %). Что касается исследования функционального использования колбасных изделий, результаты представлены на рис. 8.

Таким образом, на вопрос: «В каком виде вы чаще всего потребляете колбасную продукцию?» – ответ респондентов распределился: бутерброды на завтрак – более 21 %, сосиски на завтрак – около 19 %, нарезка – 24 %. При оценке знания брендов на рынке мясных изделий г. Барнаул, максимальный уровень осведомленности потребители проявили относительно брендов трех производителей: ООО «Алтайские колбасы» ТМ «Барнаульский пищевик» (100 %), ООО «БМПЗ» (100 %), ООО «Кузбасский пищекомбинат» (100 %) (рис. 9).

Рис. 7. Понимание потребителями категории «качество», %

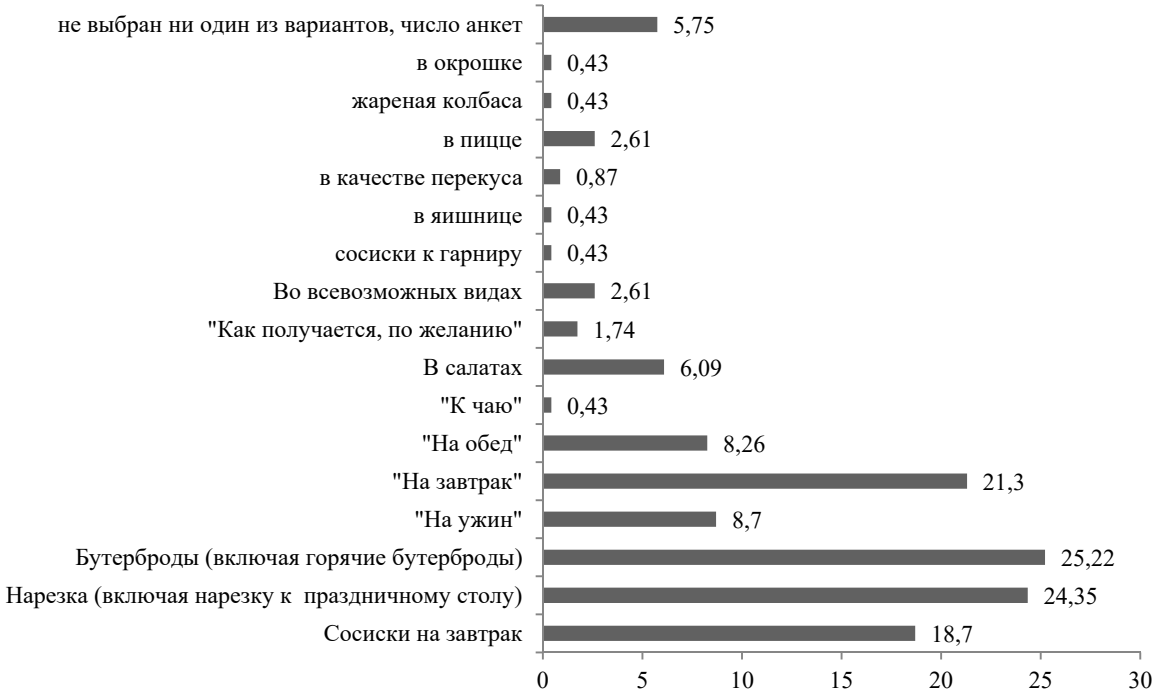


Рис. 8. Основные виды потребления колбасных изделий, %

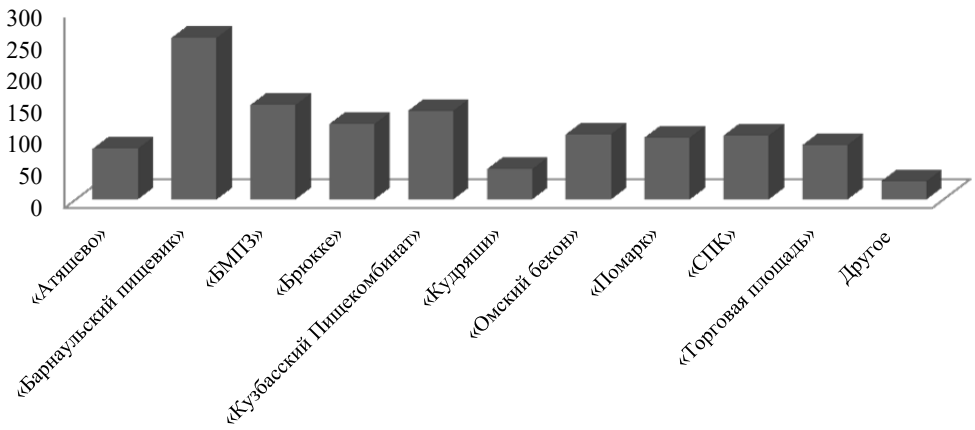


Рис. 9. Знание потребителями брендов на рынке г. Барнаул

ООО «Алтайские колбасы» – это мясоперерабатывающий завод, специализирующийся на производстве широкого ассортимента колбасных изделий и деликатесов под торговой маркой «Барнаульский пищевик». Ассортиментный бренд охватывает несколько категорий товаров. Так, под брендом «Курмилово» выпускают колбасную и деликатесную продукцию из мяса курицы: колбасы вареные, варено-копченые, полукопченые, ветчины, сардельки, сосиски, деликатесы. ООО «Алтайские колбасы» выпускает продукцию под двумя региональными брендами: «Барнаульский пищевик» и «Курмилово» [5].

Относительно предпочтения потребителями мясных изделий торговой марки «Курмилово» на рынке г. Барнаул получены следующие данные: из числа опрошенных респондентов 35 % знакомы с торговой маркой «Курмилово» и 65 % – не знакомы с ней. Из числа потребителей, знакомых с торговой маркой «Курмилово», 17,75 % постоянно приобретают данную продукцию, а 82,25 % – не приобретали вообще.

Бренд «Курмилово» знаком меньше, чем половине респондентов (35 %). Все респонденты, знающие о нем, покупают его достаточно регулярно. Уровень предпочтения – низкий (17,75 %). В качестве преимуществ данного бренда отмечен «хороший вкус». Потребители не указали значимых недостатков продукции этого бренда. Отношение к бренду – нейтральное, он малоизвестен, потребителям нравится вкус продукции, однако высокой лояльности они не проявляют, отсутствует также положительное эмоциональное отношение.

Основными факторами, оказывающими влияние на выбор нового бренда мясной продукции, являются более низкая цена, активная реклама, стимулирующие акции (рис. 10).

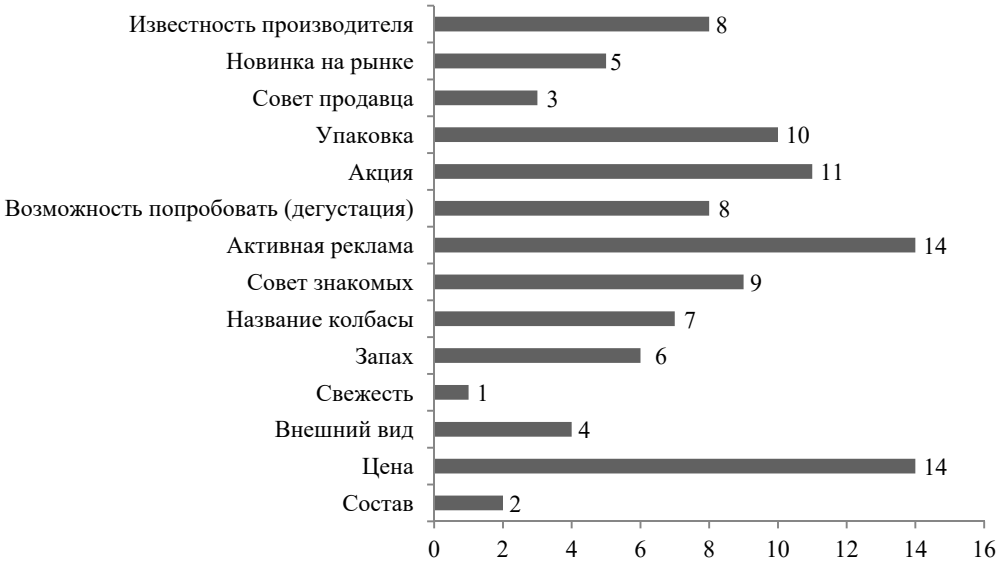


Рис. 10. Факторы, оказывающие влияние на потребителей при покупке нового бренда мясных изделий

В итоге основные тенденции брендинга на барнаульском рынке мясной продукции заключаются в следующем: основой для позиционирования и продвижения мясной продукции на рынке выступают цена и качество продукта; доход и вкусовые пристрастия выступают ключевыми критериями, сегментирующими потребителей по мотивам потребления мясной продукции. Исследование

подтвердило тот факт, что региональный брендинг находится на стадии зарождения, и фактически отсутствуют сильные бренды с четким позиционированием. При формировании программы продвижения брендов необходимо учитывать следующие аспекты [6]:

- существенную разницу в социальном положении потребителей;
- уровень конкуренции в данной отрасли или в регионе – высокий уровень конкуренции обязывает производителей более качественно разрабатывать стратегию бренда;
- тенденции развития регионального рынка мясных продуктов, наличие товаров-заменителей.

По результатам проведенного исследования предложены следующие рекомендации.

1. При разработке рационального компонента бренда «Курмилово» необходимо особое внимание уделить таким факторам, как качественные параметры продукта (использование натурального сырья, натуральной оболочки, вкус, запах), а также фактор цены.

2. На основе вышеперечисленных факторов, а также с учетом различных вариантов использования и предпочтительных каналов ознакомления потребителей с новым брендом, необходимо разработать план мероприятий по продвижению бренда «Курмилово» на 2017 г., включающий промомероприятия на местах продаж, а также программы лояльности для торгового персонала и своих торговых представителей.

3. Вывести данный продукт на перспективные рынки г. Омск и г. Кемерово, рассмотрев возможные варианты позиционирования в этих регионах.

4. Сфокусировать внимание на качественной политике дистрибуции продукта и представленности в розничных точках: обеспечить присутствие «Курмилово» в сбытовых сетей «Мария-Ра» и «Магнит».

5. При разработке политики продвижения продукта уделить наибольшее внимание промоакциям, ориентированным на конечного потребителя, с целью закрепления в его сознании таких важных аспектов рационального компонента бренда, как вкусовые характеристики, цвет, запах. Для этого рекомендовано провести серию дегустаций в торговых точках для увеличения потребительской лояльности.

6. С целью повышения узнаваемости бренда «Курмилово» организовать размещение POS-материалов в местах продаж.

7. Разработать ценовую политику продукции под брендом «Курмилово» с учетом требований ритейла и потребителей, но не разрушая при этом образ марки.

Итак, при выводе нового бренда на рынок необходимо тщательно продумать стратегию брендинга, осознать ее и довести эту информацию до всех сотрудников предприятия. В перспективе деятельность предприятия будет направлена на повышение числа потребителей за счет высокого качества продукции, увеличения числа торговых точек и расширения ассортиментного ряда.

Список литературы

1. Рыбченко, С.А. Формирование стратегий брендинга на российском рынке мясной продукции / С.А. Рыбченко. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 165 с.
2. Busch, P. S. Marketing Strategic Foundation / P. S. Busch, M. J. Houston. – Homewood Free Press, 1988. – 76 p.
3. Капферер, Ж.-Н. Бренд навсегда: создание, развитие, поддержка ценности бренда / Ж.-Н. Капферер. – М.: Вершина, 2007. – 448 с.
4. Бельских, И.Е. Региональные бренды: специфика развития в России / И.Е. Бельских // Региональная экономика: теория и практика. – 2014. – № 20. – С. 2–7.
5. Беляев, В.И. Маркетинговые исследования в решении задач регионального воспроизводства отраслей агропромышленного комплекса и обеспечения продовольственной безопасности регионов России (на материалах рынка мясной продукции в Алтайском крае) / В.И. Беляев, Н.М. Сурай, А.А. Ковалев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 10. – С. 142–150.
6. Крутиков, В.К. Региональный рынок мяса: конкурентоспособность предприятий и продукции / В.К. Крутиков, М.В. Якунина. – М.: Ноосфера, 2011. – 160 с.
7. A Meta-Analysis of Geographical Indication Food Valuation Studies: What Drives the Premium for Origin-Based Labels? / Oana C. Deselnicu, Marco Costanigro, Diogo M. Souza-Monteiro, Dawn Thilmany McFadden // Journal of Agricultural and Resource Economics. – 2013. – Vol. 38. – No. 2. – Available at: https://www.questia.com/read/1P3-3112162831/a-meta-analysis-of-geographical-indication-food-valuation/. (accessed 14 September 2016).
8. Irimies, C. Basic Notions of Branding. Definitions, History, Architecture. Journal of Media research. – 2012. – Vol. 5. – No. 3. – Available at: https://www.questia.com/read/1P3-3007301091/basic-notions-of-branding-definition-history-architecture / (accessed 15 September 2016).
9. Vecchio, R. The Role of PDO/PGI Labelling in Italian Consumers' Food Choices / R. Vecchio, A. Annunziata // Agricultural Economics Review. – 2011. – Vol. 12. – No. 2. –Available at: https://www.questia.com/read/1P3-2994902381/the-role-of-pdo-pgi-labelling-in-italian-consumers / (accessed 28 September 2016).

References

1. Rybchenko S.A. *Formirovanie strategiy brendinga na rossiyskom rynke myasnoy produktsii* [Brand strategies formation on the Russian maet products market]. Ul'yanovsk: UlGTU Publ., 2009. 165 p.
2. Busch P.S. *Marketing Strategic Foundation*. Homewood Free Press, 1988. 76 p.
3. Kapferer J.N. *The new strategic brand management: creating and sustaining brand equity long term*. 4th ed. London: Kogan page, 2008. 577 p. (Russ.ed.: Kapferer J.N. *Brend navsegda: sozdanie, razvitie, podderzhka tsennosti brenda*. Moscow: Vershina, 2007. 448 p.).
4. Bel'skih I.E. Regional'nye brendy: spetsifika razvitiya v Rossii [Regional brands: promotion know-how in Russia]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional economy: theory and practice.]. 2014, no. 20, pp. 2–7.

5. Belyaev V.I., Suray N.M., Kovalev A.A. Marketingovye issledovaniya v reshenii zadach regional'nogo vosproizvodstva otrasley agropromyshlennogo kompleksa i obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti regionov Rossii (na materialakh rynka myasnoy produktsii v Altayskom krae) [Marketing studies in solving the problems of regional reproduction of agricultural industry branches and food security of Russian regions (case study of meat market of the Altai region)]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University]. 2013, no. 10, pp. 142–150.

6. Krutikov V.K., Yakunina M.V. *Regional'nyy rynok myasa: konkurentosposobnost' predpriyatiy i produktsii* [Regional meat market: competitiveness of manufacturers and products]. Moscow: Noosfera Publ., 2011. 160 p.

7. Deselnicu O.C., Costanigro M., Souza-Monteiro D.M., McFadden D.T. A Meta-Analysis of Geographical Indication Food Valuation Studies: What Drives the Premium for Origin-Based Labels? *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2013, vol. 38, no. 2. Available at: https://www.questia.com/read/1P3-3112162831/a-meta-analysis-of-geographical-indication-food-valuation/. (accessed 14 September 2016).

8. Irimies C. Basic Notions of Branding. Definitions, History, Architecture. *Journal of Media research*, 2012, vol. 5, no. 3. Available at: https://www.questia.com/read/1P3-3007301091/basic-notions-of-branding-definition-history-architecture /. (accessed 15 September 2016).

9. Vecchio R., Annunziata A. The Role of PDO/PGI Labelling in Italian Consumers' Food Choices. *Agricultural Economics Review*, 2011, vol. 12, no. 2. Available at: https://www.questia.com/read/1P3-2994902381/the-role-of-pdo-pgi-labelling-in-italian-consumers. /. (accessed 28 September 2016).

Дополнительная информация / Additional Information

Сурай, Н.М. Исследование потребительских предпочтений на рынке мясной продукции при формировании рационального компонента региональных брендов / Н.М. Сурай, О.А. Высоцкая // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 144–151.

Suray N.M., Vysotskaya O.A. Consumer preference research in forming rational component of regional brands in the meat product market. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 144–151 (In Russ.).

Сурай Наталья Михайловна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры товароведения и маркетинга, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», 656049, Россия, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98, тел.: +7 (3852) 62-39-49, e-mail: natalya.mixajlovna.1979@mail.ru

Высоцкая Ольга Анатольевна
старший преподаватель кафедры товароведения и маркетинга, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел.: +7 (3852) 29-09-12, e-mail: vyssotskaya_olga@mail.ru

Natalia M. Suray
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Merchandising and Marketing, Altai State Agricultural University, 98, Krasnoarmeyskiy Ave., Barnaul, 656049, Russia, phone: +7 (3852) 62-39-49,
e-mail: natalya.mixajlovna.1979@mail.ru

Olga A. Vysotskaya
senior lecturer of the Department, Polzunov Altai State Technical University, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038 Russia, phone: +7 (3852) 29-09-12, e-mail: vyssotskaya_olga@mail.ru

УДК 543–1.06: 637.146.21

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НИЗКОАЛЛЕРГЕННЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ

Е.И. Мельникова, Н.В. Пономарева, Е.В. Богданова*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

**e-mail: ek-v-b@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 06.09.2016
Дата принятия в печать: 10.01.2017

Аннотация. Для получения кисломолочных напитков со сниженной остаточной антигенностью нами предложено применение гидролизата β-лактоглобулина, полученного с применением ферментных препаратов Flavorpro 750MDP и Promod 439L. При этом необходимо обеспечить нормируемые физико-химические и приемлемые органолептические показатели полученного кисломолочного напитка. Цель проведенных исследований – изучение возможности применения метода искусственных нейронных сетей для прогнозирования свойств, а также показателей качества и безопасности нормализованных молочных смесей, используемых для получения низкоаллергенных кисломолочных напитков. Органолептические характеристики и физико-химические свойства нормализованных смесей изучены с помощью сенсорометрического метода. С применением метода искусственных нейронных сетей адаптирован способ оценки показателей качества нормализованных смесей и кисломолочных напитков. Использована трехслойная нейронная сеть с 6 нейронами во входном слое, 12 нейронами во внутреннем слое и 4 нейронами в выходном слое по числу выходных параметров. Обучение сети осуществлялось с применением алгоритма обратного распространения ошибки. Полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанная нейронная сеть прогнозирует основные характеристики нормализованных смесей с гидролизатом β-лактоглобулина с относительной погрешностью, не превышающей 2,6 % при прогнозировании содержания β-лактоглобулина, 3,9 % – при прогнозировании остаточной антигенности и 3,1 % – при прогнозировании титруемой кислотности и органолептических показателей. Этот способ применим и для оценки качества готовых продуктов и позволяет заменить традиционные методы анализа, действующие на предприятиях молочной отрасли.

Ключевые слова. Искусственные нейронные сети, оценка показателей качества, низкоаллергенные кисломолочные напитки

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR THE ASSESSMENT OF QUALITY INDICES OF LOW-ALLERGY FERMENTED MILK DRINKS

E.I. Mel'nikova, N.V. Ponomareva, E.V. Bogdanova*

Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Avenue, Voronezh, 394036, Russia

**e-mail: ek-v-b@yandex.ru*

Received: 06.09.2016
Accepted: 10.01.2017

Abstract. The use of β-lactoglobulin hydrolysate produced with the use of Flavorpro 750MDP and Promod 439L enzyme preparations to obtain fermented milk drinks having reduced residual antigenicity has been suggested. It is necessary to provide normalized physical-chemical and acceptable organoleptic characteristics of resulting fermented milk drink. The purpose of the research is to study the possibility of applying the method of artificial neural networks for prediction of properties, quality indices and safety factors of normalized dairy mixes used to obtain low-allergenic fermented milk drinks. Organoleptic characteristics, physical and chemical properties of the normalized mixes have been studied with sensorymetric method. The method of evaluation of quality indices of normalized mixes and fermented milk drinks has been adapted using the method of artificial neural networks. Three-layer neural network with 6 neurons in the input layer, 12 neurons in the inner layer and 4 neurons in the output layer according to the number of output parameters has been used. The algorithm of back-propagation errors has been applied for training the network. The research results confirm that the obtained neural network predicts the main characteristics of normalized mixes with β-lactoglobulin hydrolysate almost accurately; the relative error does not exceed 2.6% when predicting β-lactoglobulin content, 3.9% when predicting residual antigenicity and 3.1% when predicting titratable acidity and organoleptic characteristics. This method is applicable for assessing the quality of finished goods and can replace the routine methods of analysis in force at the enterprises of dairy industry.

Keywords. Artificial neural networks, quality index evaluation, low-allergy fermented milk drinks

Введение

Для получения кисломолочных напитков со сниженной остаточной антигенностью нами предложено применение гидролизата β-лактоглобулина, полученного с применением ферментных препаратов Flavorpro 750MDP и Promod 439L [1]. При этом необходимо обеспечить нормируемые физико-химические и приемлемые органолептические показатели полученного кисломолочного напитка.

В производстве пищевых продуктов важное значение имеют экспресс-методы контроля показателей качества и безопасности сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов [2, 3]. В последние десятилетия в анализе ароматов пищевых продуктов и напитков все большее значение приобретают сенсоры на основе различных преобразователей и сенсорные системы [4], характеризующиеся компактностью, воспроизводимостью и надежностью результатов, быстротой формирования аналитического сигнала, низкими пределами обнаружения, не требующие специальной подготовки персонала [5–7].

Обработку результатов данных, полученных с помощью массива сенсоров, в мультисенсорном анализе проводят, используя современные достижения в изучении искусственного интеллекта, в том числе методы распознавания веществ по характерным визуальным характеристикам («образам»), специфичным для данной газовой смеси (искусственные нейронные сети, корреляционный анализ, линейно-дискриминантный анализ), а также многопараметрические градуировки [8, 9]. Идентификацию «образов» осуществляют при установлении или прогнозировании свойств объекта, которые непосредственно не могут быть определены, но косвенно зависят от измеряемых показателей.

Искусственные нейронные сети (ИНС) – непараметрический и нелинейный метод обработки данных. В последние годы он востребован в различных областях аналитической химии, в частности в мультисенсорном анализе [10]. Зависимость конечного результата от качества одновременной обработки информации всеми звеньями сети является основной особенностью ИНС. Применение такого метода способствует значительному ускорению обработки информации при большом количестве межнейронных связей, становится возможной трансформация откликов в масштабе реального времени. Стойкость к ошибкам сети, возникающим на некоторых линиях (синапсах), вырабатывается только при большом количестве межнейронных соединений. Кроме того, нейронные сети способны к обучению и обобщению полученных знаний [11].

Нейроны состоят из трех элементов (рис. 1): умножители (синапсы), сумматор и нелинейный преобразователь. Взаимодействие между нейронами осуществляется с помощью синапсов, которые умножают входные сигналы x_j (j = 1, 2, ..., N) на силу связи (вес синапса) w_{ij}, сигнал поступает в направлении от узла i к узлу j. Сигналы, поступающие по синаптическим связям от других нейронов и внешних входных сигналов, обобщаются сумматором, а результат сравнивается с пороговым значением w_{i0}. Преобразователь реализует нелинейную функцию одного аргумента (сигнала с выхода сумматора), называемую функцией активации и представляющую собой передаточную функцию нейрона [12].

В состав многослойной искусственной нейронной сети входят нейроны, расположенные на разных уровнях, причем помимо входного и выходного слоев имеется еще как минимум один внутренний (скрытый) слой. Они способны обрабатывать несколько входных сигналов (входные данные или выходные сигналы других нейронов). Однако каждый нейрон характеризуется только одним выходом, который является конечным результатом или входным сигналом для других нейронов [11–13].

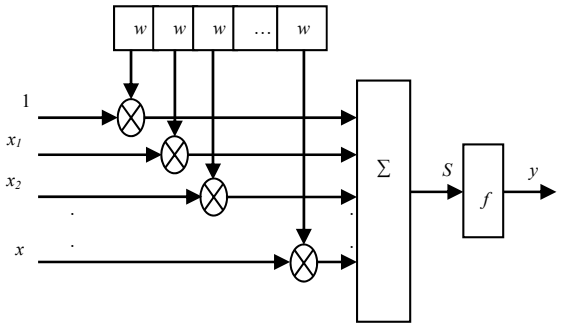


Рис. 1. Схематичное изображение искусственного нейрона [13]

При обучении нейронной сети осуществляют подбор таких значений весов нейронов w_{ij} скрытого и выходного слоев сети, чтобы при заданном входном векторе X получить на выходе сигналы y_j, которые с требуемой точностью совпадут с ожидаемыми значениями d_j для j = 1, 2, ..., M. При разработке способов прогнозирования посредством ИНС входными сигналами являются временные ряды, представляющие значения контролируемых параметров в некотором интервале времени [10].

Цель проведенных исследований – изучение возможности применения метода ИНС для прогнозирования свойств, а также показателей качества и безопасности нормализованных молочных смесей, используемых для получения низкоаллергенных кисломолочных напитков.

Объекты и методы исследований

Органолептические характеристики и физико-химические свойства нормализованных смесей (табл. 1) были изучены с помощью сенсорометрического метода. Легколетучие осмофорические компоненты анализировали посредством отбора паров равновесных газовых фаз и последующего инжекторного ввода пробы в статическом режиме в мультисенсорную экспериментальную установку.

Таблица 1

Соотношения рецептурных ингредиентов в исследованных нормализованных смесях

Образец	Молочная смесь / гидролизат β-лактоглобулина, %	Массовая доля β-лактоглобулина, %	Массовая доля общего белка, %	Массовая доля истинного белка, %
1	90 : 10	0,29	3,2	3,06
2	80 : 20	0,25	3,2	2,93
3	70 : 30	0,22	3,2	2,72
4	60 : 40	0,20	3,2	2,37

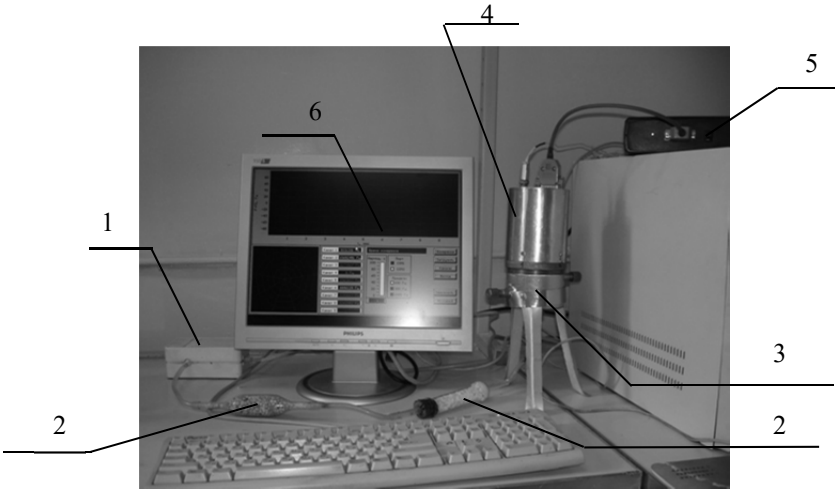


Рис. 2. Внешний вид мультисенсорной экспериментальной установки

Основные блоки мультисенсорной экспериментальной установки для газового анализа в статическом инжекторном режиме (рис. 2) представлены: насосом для воздуха при регенерации сорбента (1); системой осушки воздуха (2); ячейкой детектирования с 9 пьезосенсорами (3); генераторами колебаний в защитном кожухе (4); частотомером (5); персональным компьютером с соответствующим программным обеспечением (6). Регистрация и запись часто́т всех модифицированных пьезокварцевых резонаторов в виде файлов происходила одновременно.

Оригинальная мультисенсорная ячейка детектирования представляет собой корпус, изготовленный из нержавеющей стали в виде цилиндрического сосуда с герметично завинчивающейся крышкой (по кругу расположены панели для 9 сенсоров) и съемным основанием [14]. Герметичность резьбового соединения крышки и основания с цилиндром обеспечивается посредством двух резиновых колец.

На корпусе мультисенсорной ячейки имеется три патрубка с герметично закрывающимися полиуретановыми прокладками и прижимными заглушками. Схематичное изображение ячейки детектирования мультисенсорной экспериментальной установки представлено на рис. 3.

Пьезоэлектрические кварцевые резонаторы АТ-среза (колебания типа «сдвиг по толщине») применены в качестве сенсоров, модифицированных тонкой пленкой сорбента. С целью обеспечения стабильных результатов и хорошей адгезии модификатора на поверхности применяли электроды с тонкой пленкой оксида алюминия, структура которого характеризовалась многочисленные порами и дефектами. АТ-срез кварца [срез под углом (35,15 ± 1)] минимизировал влияние температуры [15].

Механически и термически прочные пластины α-кварца (SiO_2) с малым внутренним трением и стабильными электрофизическими параметрами [16] были применены в качестве трансдьюсеров пьезокварцевых резонаторов. Это способствовало повышению метрологических характеристик датчиков на основе пьезоэлектрических кварцевых резонаторов.

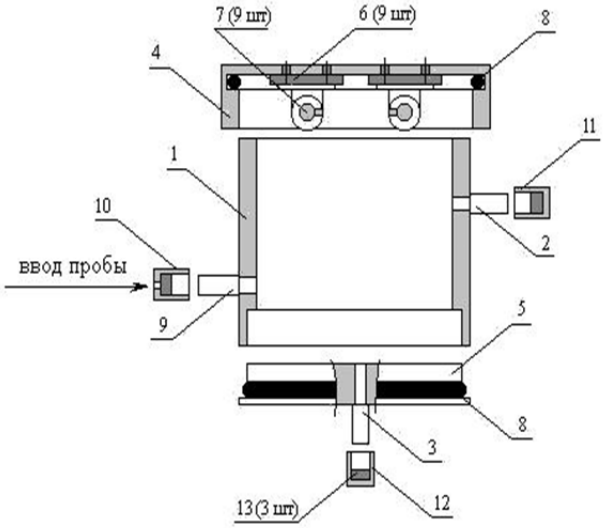


Рис. 3. Схематичное изображение ячейки детектирования мультисенсорной экспериментальной установки:
1 – полый цилиндр; 2 – патрубок для выхода воздуха при регенерации; 3 – патрубок для ввода пробы; 4 – крышка; 5 – съемное основание; 6 – панели для крепления шести сенсоров; 7 – сенсоры; 8 – резиновые уплотнительные кольца; 9 – патрубок для ввода пробы; 10 – прижимная заглушка с отверстием для прокола; 11, 12 – глухие прижимные заглушки; 13 – полиуретановые прокладки

Аналитический сигнал электродов пьезокварцевого резонатора был незначительным, поскольку их поверхность слабо адсорбировала исследуемые осмофорические вещества. Поэтому такую поверхность (диаметр 9 мм) с собственной частотой колебаний 8–10 МГц модифицировали равномерным нанесением раствора сорбентов с помощью микрошприца объемом 10 мкл с последующим удалением растворителя высушиванием при 40 ºС в течение 30 мин. Это способствовало многократному усилению сигнала Al-электродов пьезокварцевого резонатора АТ-среза в результате увеличения концентрации активных центров сорбента и возрастания энергии адсорбции на поверхности по сравнению с немодифицированным сенсором.

Электроды пьезокварцевых резонаторов модифицировали с применением стандартных неподвижных газохроматографических фаз с различной

полярностью, а также специфических сорбентов (табл. 2). В результате адсорбции на поверхности электродов образовывались тонкие и однородные по толщине пленки, устойчивые на воздухе (не окисляющиеся и не разлагающиеся). Для них характерны: сродство к сорбату, малая летучесть, механическая стабильность (это свойство способствует проведению большого числа экспериментов на одной пленке) и незначительные акустические потери, вносимые модификатором в резонансную систему сенсора (что обеспечивает получение пленок с высоким модулем упругости на поверхности Al-электродов [16]).

Таблица 2

Характеристика модификаторов пьезокварцевых резонаторов

Номер сенсора в массиве	Сорбент	Сорбируемое вещество
1	ТХ-100	Этанол
2	Рибонуклеиновая кислота	Диацетил, ацетоин
3	Трисоксиметиламинометан	Масляная, уксусная, каприновая и др. кислоты
4	Tween-40	Ацетальдегид
5	Сульфосалициловая кислота	Амины, пептиды, аминокислоты
6	Полиэтиленгликольсебацинат (ПЭГСб)	Этилацетат, ацетон, метилэтилкетон, бутанол-1 и бутанол-2

В качестве растворителей модификаторов применяли дистиллированную воду, этиловый спирт, ацетон, толуол. Выбор этих веществ обусловлен соответствием следующим требованиям: летучесть, химическая инертность к сорбционным фазам, высокая растворяющая способность в отношении сорбента, отсутствие прочных сольватов.

9-канальный цифровой измерительный комплекс обеспечивал измерение и обработку сигналов сенсоров с применением ПК посредством подключения через последовательный интерфейс RS–232 C. Изменение частоты колебаний модифицированных сенсоров фиксировалось с промежутками в 1 с, одновременно данные выводились на монитор компьютера. В частотомере предусмотрен выбор выдержек измерения от 1 до 60 с.

Частотомер функционировал на базе микроконтроллера PIC16F628 фирмы MICROCHIP, который имел встроенную память программ, несколько таймеров-счетчиков и последовательный интерфейс. Микроконтроллер позволяет уменьшить габаритные размеры частотомера, благодаря чему он может быть использован как портативное (переносное) устройство. По окончании каждого цикла сенсорометрического анализа полученные результаты передавались группами, состоящими из четырех байтов, на ПК. Дальнейшая их обработка и хранение осуществлялись под управлением программы компьютера [17].

Перед измерениями проверяли стабильность работы сенсоров. Показателем стабилизации служил сдвиг частоты колебаний в течение 1 мин, не превышающий 5 Гц. Затем в мультисенсорную ячейку инжектировали пары равновесной газовой фазы анализируемого образца с помощью микрошприца. После измерения ячейку детектирования и пленочные покрытия регенерировали продувкой системы осушенным лабораторным воздухом.

Аналитические сигналы пьезосенсоров были получены в идентичных условиях в процессе их экспонирования в парах равновесных газовых фаз осмофорических компонентов. Условия проведения сенсорометрического анализа: объем вводимой пробы 2 см^3, масса пленки сорбента на электродах $m_{пл}$ = 15 ± 5 мкг, концентрация ароматобразующих веществ 10 мг/м^3, температура в ячейке детектирования 20 ± 1 °С. Образование бóльшей по массе пленки модификатора приводит к увеличению погрешности анализа вследствие затухания колебаний объемной акустической волны в пленке сорбента [18].

Обработку полученных результатов проводили методами математической статистики по данным 5–10 опытов в трехкратной последовательности. Результаты экспериментальных исследований подвергали нейросетевой аппроксимации, а также обработке с помощью программы «Анализ потока данных» [17].

Результаты и их обсуждение

С применением сенсорометрического анализа методом искусственных нейронных сетей в сочетании с компьютерной обработкой сигналов сенсоров разработан способ оценки показателей качества нормализованных смесей для низкоаллергенных кисломолочных напитков, который включал следующие операции:

- получение аналитических сигналов матрицы сенсоров при их одновременном экспонировании в многокомпонентной парогазовой смеси ароматобразующих веществ нормализованных смесей с гидролизатом β-лактоглобулина;
- обучение нейронной сети;
- проверка полученной модели по тестовой выборке.

Предварительное обучение нейронной сети обеспечивает корректные выходные сигналы. Этот процесс проводили по величинам аналитических сигналов матрицы пьезосенсоров с пленками сорбентов на электродах, полученным при одновременном экспонировании в парах равновесной газовой фазы нормализованных смесей.

Одновременно определяли наиболее значимые для технологического процесса показатели качества нормализованной смеси: титруемую кислотность проб, массовую долю β-лактоглобулина, остаточную антигенность, органолептические показатели. При обучении нейронной сети входными параметрами являлись результаты анализа физико-химических и органолептических свойств нормализованных смесей, а выходными – разность частот модифицированных сенсоров до и после сорбции.

Применяли трехслойную нейронную сеть (рис. 4) с 6 нейронами во входном слое по числу сенсоров в массиве, 12 нейронами во внутреннем

слое и 4 нейронами в выходном слое по числу выходных параметров. Обучение сети осуществляли с применением алгоритма обратного распространения ошибки.

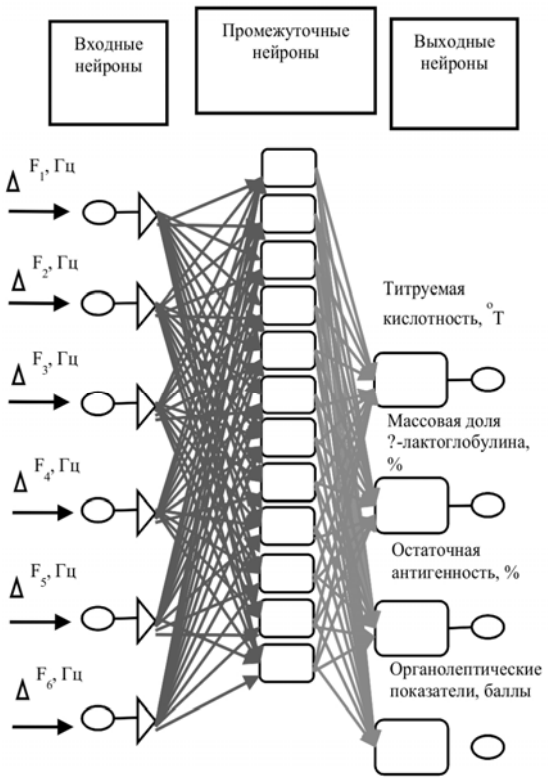


Рис. 4. Многослойный персептрон, адаптированный к модели прогнозирования показателей качества исследуемых нормализованных смесей

Результаты обучения подтверждают, что полученная нейронная сеть прогнозирует основные характеристики нормализованных смесей с гидролизатом β-лактоглобулина с относительной погрешностью, не превышающей 2,6 % при прогнозировании содержания β-лактоглобулина, 3,9 % − при прогнозировании остаточной антигенности и 3,1 % − при прогнозировании титруемой кислотности и органолептических показателей (табл. 3). Этот способ применим и для оценки качества готовых продуктов.

Таблица 3

Сравнительная оценка результатов нейросетевой аппроксимации

Номер образца	Значение измеренного показателя с применением метода		Относительная погрешность, %
	традиционного	искусственных нейронных сетей	
Титруемая кислотность, °Т			
1	17,0	17,5	2,94
2	18,0	18,5	2,78
3	19,0	19,5	2,63
4	20,0	20,5	2,50
Массовая доля β-лактоглобулина, %			
1	0,286	0,292	2,10
2	0,256	0,259	1,17
3	0,223	0,228	2,24
4	0,198	0,203	2,53
Остаточная антигенность, %			
1	58,3	60,0	2,92
2	47,0	48,1	2,34
3	41,2	42,8	3,88
4	35,2	36,4	3,41
Органолептические показатели, баллы			
1	4,80	4,65	3,13
2	4,67	4,53	3,00
3	3,95	4,01	1,52
4	3,12	3,19	2,24

Таким образом, разработанный экспресс-способ позволяет установить органолептические свойства и стандартные показатели качества нормализованных смесей и готовых продуктов на их основе, заменить традиционные методы анализа, действующие на предприятиях молочной отрасли.

Список литературы

1. Пономарева, Н.В. Биоконверсия молочных белков для снижения остаточной аллергенности / Н.В. Пономарева, Е.И. Мельникова, Е.В. Богданова // Биотехнология. – 2015. – № 1. – С. 70 – 74.

2. Мельникова, Е.И. Микропартикуляты сывороточных белков как имитаторы молочного жира в производстве продуктов питания / Е.И. Мельникова, Е.Б. Станиславская // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 57. – С. 23.

3. Изучение хранимоспособности молокосодержащего продукта сметанного типа / Л.В. Голубева, О.И. Долматова, Е.И. Бочарова, Ж.С. Долматова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – № 4 (54). – С. 90–91.

4. Химические сенсоры и их системы / Ю.Г. Власов, Ю.Е. Ермоленко, А.В. Легин, А.М. Рудницкая [и др.] // Журнал аналитической химии. – 2012. – Т. 65. – № 9. – С. 900–919.

5. Власов, Ю.Г. Электронный язык – системы химических сенсоров для анализа водных сред / Ю.Г. Власов, А.В. Легин, А.М. Рудницкая // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т. LII. – № 2. – С. 101–112.

6. Кучменко, Т.А. Инновационные решения в аналитическом контроле / Т.А. Кучменко. – Воронеж: ВГТА, 2009. – 252 с.

7. Перспективы использования «электронного языка» в контроле бродильных производств / Р.А. Еникеева, П.С. Никаноров, А.В. Насоненко, В.А. Сергеева [и др.] // Известия СПбГТИ(ТУ). – 2015. – № 29. – С. 76–79.

8. System of piezosensors for prognostication of the storage life of food products / Ya.I. Korenman, E.I. Mel'Nikova, S.I. Niftaliev, S.E. Boeva, A.A. Selivanova, E.S. Rudnichenko, E.V. Bogdanova // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2009. – Vol. 82. – no. 8. – P. 1380–1383. DOI: 10.1134/S1070427209080114.

9. Tang, Kea-Tiong. A Local Weighted Nearest Neighbor Algorithm and a Weighted and Constrained Least-Squared Method for Mixed Odor Analysis by Electronic Nose Systems / Kea-Tiong Tang, Yi-Shan Lin, Jyuo-Min Shyu // Sensors. – 2010. – No. 10. – P. 10467−10483; DOI: 10.3390/s101110467.

10. Рассел, С. Искусственный интеллект. Современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Вильямс, 2007. – 1410 с.

11. Korotcenkov, G. Chemical sensors: comprehensive sensor technologies [Text] / G. Korotcenkov.–Momentum Press, LLC, 2012. – 77 p.

12. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2016. – 1104 с.

13. Сенсорометрический анализ и нейросетевые технологии в оценке качества молокосодержащих продуктов / Е.И. Мельникова, Я.И. Коренман, С.И. Нифталиев, С.Е. Боева. – Воронеж: ВГТА, 2009. – 202 с.

14. Патент № 2288468 РФ. Универсальная пьезосорбционная ячейка детектирования / А.А. Киселев, С.И. Нифталиев, Я.И. Коренман, Е.И. Мельникова, С.Е. Светолунова // Изобретения. – 2006. – № 33. – Ч. I. – С. 318.

15. Партс, Я.А. Многочастотные пьезорезонансные датчики: принцип действия, способы построения, решаемые задачи / Я.А. Партс // Нелинейный мир. – 2009. – № 5. – С. 17–23.

16. Еремин, Н.И. Неметаллические полезные ископаемые / Н.И. Еремин. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 464 с.

17. Боева, С.Е. Анализ и оценка качества некоторых молокосодержащих продуктов / С.Е. Боева. – Дис. ... канд. хим. наук: спец. 02.00.02 – Аналитическая химия. – Воронеж, 2007. – 163 с.

18. Санина, М.Ю. Применение экспресс- и тест-методов в анализе природных объектов / М.Ю. Санина // Известия ВГПУ. – 2013. – Т. 260. – № 1. – С. 258–262.

References

1. Ponomareva N.V., Mel'nikova E.I., Bogdanova E.V. Biokonversiya molochnykh belkov dlya snizheniya ostatochnoy allergennosti [Bioconversion of dairy proteins to reduce the residual allergenicity]. *Biotekhnologiya*, 2015, no. 1, pp. 70–74.

2. Mel'nikova E.I., Stanislavskaya E.B. Mikropartikulyaty syvorotochnykh belkov kak imitatory molochnogo zhira v proizvodstve produktov pitaniya [Microparticulate whey protein as imitators of milk fat in food production]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2009, no. S7, p. 23.

3. Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Bocharova E.I., Dolmatova Zh.S. Izuchenie hranimosposobnosti molokosoderzhashhego produkta smetannogo tipa [Study of storage life of sour-type milk product]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2012, vol. 54, no. 4, pp. 90−91.

4. Vlasov Yu.G., Ermolenko Yu.E., Legin A.V., Rudnitskaya A.M. et al. Khimicheskie sensory i ikh sistemy [Chemical sensors and their systems]. *Zhurnal analiticheskoy khimii* [Journal of analytical chemistry], 2012, vol. 65, no. 9, pp. 900–919.

5. Vlasov Yu.G., Legin A.V., Rudnitskaya A.M. Elektronnyy yazyk – sistemy khimicheskikh sensorov dlya analiza vodnykh sred [Electronic tongue is a system of chemical sensors for analysis of aquatic environments]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal* [Journal of the Russian chemical society. D. I. Mendeleev], 2008, vol LII, no. 2, pp. 101–112.

6. Kuchmenko T.A. *Innovatsionnye resheniya v analiticheskom kontrole* [Innovative solutions in analytical control]. Voronezh: VSTA Publ., 2009. 252 p.

7. Enikeeva R.A., Nikanorov P.S., Nasonenko A.V., Sergeeva V.A. et al. Perspektivy ispol'zovaniya «elektronnogo yazyka» v kontrole brodil'nykh proizvodstv [Prospects of using of «electronic tongue» in the control of fermentation industries]. *Izvestiya SPbGTI(TU)* [Bulletin of St PbSIT(TU)], 2015, no. 29, pp. 76–79.

8. Korenman Ya.I., Mel'Nikova E.I., Niftaliev S.I., Boeva S.E., Selivanova A.A., Rudnichenko E.S., Bogdanova E.V. System of piezosensors for prognostication of the storage life of food products. *Russian Journal of Applied Chemistry,* 2009, vol. 82, no. 8, pp. 1380–1383. DOI: 10.1134/S1070427209080114.

9. Kea-Tiong Tang, Yi-Shan Lin, Jyuo-Min Shyu A Local Weighted Nearest Neighbor Algorithm and a Weighted and Constrained Least-Squared Method for Mixed Odor Analysis by Electronic Nose Systems. *Sensors*, 2010, no. 10, pp. 10467−10483. DOI: 10.3390/s101110467.

10. Rassel S., Norvig P. *Iskusstvennyy intellekt. Sovremennyy podkhod* [Artificial intelligence. A modern approach]. Moscow: Vil'yams Publ., 2007. 1410 p.

11. Korotcenkov G. *Chemical sensors: comprehensive sensor technologies.* Momentum Press, LLC, 2012. 77 p.

12. Khaykin, S. *Neural networks: full course* [Neural networks: a complete course]. Moscow: Williams Publ., 2016. 1104 p.

13. Mel'nikova E.I., Korenman Ya.I., Niftaliev S.I., Boeva S.E. *Sensorometricheskiy analiz i neyrosetevye tekhnologii v otsenke kachestva molokosoderzhashchikh produktov* [Sensorometrichesky analysis and neural network technology in the assessment of the dairy products quality]. Voronezh: VSTA Publ., 2009. 202 p.

14. Kiselev A.A., Niftaliev S.I., Korenman Ya.I., Mel'nikova E.I., Svetolunova S.E. *Universal'naya p'ezosorbtsionnaya yacheyka detektirovaniya* [Universal p'ezosorbtsionnaya cell of detection]. Patent RF, no. 2288468, 2006.

15. Parts Ya.A. Mnogochastotnye p'ezorezonansnye datchiki: printsip deystviya, sposoby postroeniya, reshaemye zadachi [Multifrequency piezoresonance sensors: principle of operation, methods of construction, solved problems]. *Nelineynyy mir* [Nonlinear world], 2009, no. 5, pp. 17–23.

16. Eremin N.I. *Nemetallicheskie poleznye iskopaemye* [Non-metallic minerals]. Moscow: MSU Publ., 2007. 464 p.

17. Boeva, S.E. *Analiz i otsenka kachestva nekotorykh molokosoderzhashchikh produktov. Dis. kand. khim. nauk* [Analysis and quality evaluation of some dairy-containing products. Cand. chem. sci. dis.]. Voronezh, 2007. 163 p.

18. Sanina, M. Yu., Primenenie ekspress- i test-metodov v analize prirodnykh ob"ektov [Application express- and test-methods in analysis of natural objects]. *Izvestiya VGPU* [Ivzestia of the VSPU], 2013, vol. 260, no. 1, pp. 258–262.

Дополнительная информация / Additional Information

Мельникова, Е.И. Искусственные нейронные сети в оценке показателей качества низкоаллергенных кисломолочных напитков / Е.И. Мельникова, Н.В. Пономарева, Е.В. Богданова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 152–158.

Mel'nikova E.I., Ponomareva N.V., Bogdanova E.V. Artificial neural networks for the assessment of quality indices of low-allergy fermented milk drinks. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2016, vol. 43, no. 4, pp. 152–158 (In Russ.).

Мельникова Елена Ивановна
д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19, тел.: +7 (473) 255-27-65, e-mail: melnikova@molvest.ru

Пономарева Неля Валерьевна
канд. техн. наук, ассистент кафедры технологии продуктов животного происхождения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19,
тел.: +7 (473) 255-27-65, e-mail: secretar@molvest.ru

Богданова Екатерина Викторовна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов животного происхождения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19,
тел.: +7 (473) 255-27-65, e-mail: ek-v-b@yandex.ru

Elena I. Mel'nikova
Dr. Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of technology of animal products, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (473) 255-27-65,
e-mail: melnikova@molvest.ru

Nelya V. Ponomareva
Cand.Sci.(Eng.), Assistant of the Department of technology of animal products,Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (473) 255-27-65, e-mail: secretar@molvest.ru

Ekaterina V. Bogdanova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of technology of animal products, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (473) 255-27-65,
e-mail: ek-v-b@yandex.ru

УДК 338.436.33:001

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АПК И МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ПОИСКА

В.А. Панфилов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

e-mail: info@timacad.ru

Дата поступления в редакцию: 12.12.2016
Дата принятия в печать: 23.01.2017

Аннотация. Современные технологии АПК по пространственно-временной организации, строению и функционированию отвечают математическому методу исследования, основанному на вероятностном, статистическом принципе. В связи с усложнением существующих и созданием нового сложного класса технологий в современной науке зарождается новый методологический подход. В статье предлагается рассмотреть семь основных вех, которые станут ориентирами в проведении фундаментальных научных изысканий при создании промышленной основы производства продовольствия путем объединения в системные комплексы технологий производства сельскохозяйственного сырья и технологий его переработки с высоким уровнем автоматизации и компьютеризации. Каждая веха является элементом стратегии научного поиска при развитии совокупности технологий. Согласно первой вехе, необходимо устанавливать закономерности функционирования технологии как системы процессов. Вторая веха требует осмысления необходимости применения процессов анализа и синтеза, что в свою очередь ведет к построению детерминированной либо стохастической модели объекта. Третья веха рассматривает основные требования, которым должны отвечать технологии (системы процессов) как объекты исследования и оптимизации. Четвертая веха подразумевает построение графической модели технологии системного комплекса благодаря последовательному использованию анализа и синтеза. Последующие две вехи предполагают диагностику технологической системы с точки зрения качества ее функционирования и последующий процесс корректировки с целью повышения эффективности. Последняя веха подразумевает поиск наиболее эффективных методов подвода энергии к процессам производства, хранения и переработки сельскохозяйственного сырья в продукты питания. Благодаря сформулированной стратегии научного поиска при развитии совокупности технологий можно увидеть ее методологические отличия от стратегии, применяемой при решении традиционных задач усовершенствования отдельных процессов.

Ключевые слова. Технологическая система, система процессов, АПК

DEVELOPMENT OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX TECHNOLOGIES AND METHODOLOGY OF SCIENTIFIC SEARCH

V.A. Panfilov

Russian State Agrarian University – Moscow them. K.A. Timiryazeva, 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russia

e-mail: info@timacad.ru

Received: 12.12.2016
Accepted: 23.01.2017

Abstract. According to spatially – temporary organization, structure and functioning, modern technologies of Agro-Industrial Complex respond to the mathematical method of a research based on the probabilistic, statistical principle. Due to the of complication of existing technologies and creating new complex ones belonging to the whole class, a new methodological approach arises in the modern science. In the article it is offered to consider seven main milestones which will become reference points in carrying out fundamental scientific researches during creation of an industrial basis of food production by consolidation into system complexes of agricultural raw materials technologies and technologies of their conversion with the high level of automation and computerization. Each milestone is an element of the strategy of scientific search in the development of the technologies' total combination. According to the first milestone it is necessary to determine consistent patterns of technology functioning as systems of processes. The second milestone requires judgment about the need for the analysis and synthesis process application that in its turn leads to creation of the model of an object, either determined or stochastic. The third milestone considers the main requirements to which technologies (system of processes) as objects of research and optimization should respond. The fourth milestone implies the creation of the graphical model of a system complex technology thanks to the consistent use of the analysis and synthesis. The subsequent two milestones imply diagnostics of technological system from the point of view of its quality functioning and the subsequent process of adjustment for the purpose of increasing its efficiency. The last milestone implies search for the most effective methods of energy supply to the processes of production, storage and conversion of agricultural raw materials into food. Thanks to the formulated strategy of scientific research in the development of the combination of technologies it is possible to see its methodological differences from the strategy applied in the fulfillment of traditional tasks for separate processes enhancement.

Keywords. Technological system, system of processes, Agro-Industrial Complex

Введение

Научные изыскания по своей внутренней структуре делятся на два класса: детерминированные и стохастические. В соответствии с объектом исследования и условиями его функционирования можно говорить и о математическом методе исследования, основанном или на принципе жесткой детерминации, или на вероятностном, статистическом. Этому последнему по пространственно-временной организации, строению и функционированию отвечают современные технологии АПК как системы процессов. Но с дальнейшим усложнением этих технологий, в том числе с разработкой и созданием системных комплексов «Аграрно-пищевая технология» [1], в современной науке зарождается новый методологический подход, идущий на смену простому вероятностно-статистическому. Речь идет о технологических системах, которые вбирают в себя и биологические процессы производства растениеводческой и животноводческой продукции, и физические, химические и биохимические процессы производства продуктов питания. Это новый исключительно сложный класс технологий, создаваемый в АПК. Поэтому надо готовиться к переходу науки к познанию очень сложных вероятностных систем, управляющих систем, систем упорядоченной сложности и т.д. В связи с этим методы исследования и оптимизации таких образований необходимо связывать с разработкой средств преодоления новых видов сложности.

Современная наука вырабатывает формы и средства, все более ориентированные на раскрытие свойств и структуры сложных, высокоорганизованных технологических систем. При этом научный поиск идет не по столбовой дороге. Один из основателей квантовой механики Макс Борн писал: «…мы находимся в джунглях и отыскиваем свой путь посредством проб и ошибок, строя свою дорогу позади себя, по мере того, как мы продвинулись вперед». Надо сказать, что строительство такой дороги в джунглях – дорогое занятие. Какие же основные вехи можно и нужно поставить, чтобы упростить и удешевить строительство аналогичной дороги в АПК в связи с созданием сложных технологических комплексов?

Цель статьи – сформировать вехи, которые станут ориентирами в проведении фундаментальных научных изысканий при создании промышленной основы производства продовольствия путем объединения в системные комплексы технологий сельскохозяйственного сырья и технологий его переработки с высоким уровнем автоматизации и компьютеризации.

Первая веха – это вероятностный стиль мышления ученого и инженера. Старая физико-химическая картина отдельных технологических процессов заменяется новой стохастической картиной, поскольку все технологии как системы процессов функционируют по закономерностям теории вероятности, математической статистики и теории информации. Необходимо устанавливать эти закономерности и делать практические выводы. Другого пути адаптации к внешней среде и оптимизации функционирования сложных производственных систем (системных комплексов) нет.

Вторая веха – это осмысление необходимости процессов анализа и синтеза. В настоящее время складывается впечатление, что в науке процессы дифференциации превалируют над процессами синтеза. Но это впечатление связано с классом решаемых задач. Анализ и синтез – две стороны методологии познания. Если в Государственном Русском музее (Санкт-Петербург) нас волнует композиция картины И.Е. Репина «Запорожцы» («Запорожцы пишут письмо турецкому султану»), ее сюжет, то мы отходим от полотна подальше, чтобы взглянуть на произведение искусства целиком.

Если нас привлекают образы отдельных запорожцев, то мы подходим к картине поближе. Если же нас интересует физическое состояние картины, то мы вооружаемся увеличительным стеклом и рассматриваем микротрещины краски. Разные цели – разная степень детализации.

При исследовании и оптимизации одного-единственного процесса внутри технологии, содержащей десятки способов преобразования ресурсов, исследователь выполняет процедуру анализа и, пренебрегая влиянием внешних факторов, строит детерминированную модель. Конечная технологическая цель часто остается вне его внимания. Но процедура синтеза уже требует учета внешних возмущающих факторов и учета взаимовлияния ведущих процессов в технологии. Это ведет к смене математического аппарата и построению стохастической модели объекта.

Третья веха – это необходимость рассматривать технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции как системы процессов [2]. Такие технологии как объекты исследования и оптимизации должны удовлетворять следующим требованиям:

- объект (целое) должен состоять из подсистем (частей);
- объединение подсистем в систему должно способствовать формулированию цели исследования;
- должен существовать системообразующий фактор, определяющий взаимосвязь подсистем в системе и создающий синергетический эффект;
- должна быть установлена количественная мера, определяющая уровень организации (целостности) системы;
- система должна быть частью (подсистемой) охватывающей ее системы (надсистемы).

Четвертая веха – это построение графической модели технологии как системы процессов. Процедура построения модели такого сложного объекта, как технология системного комплекса, состоит в последовательном использовании анализа и синтеза. В этой процедуре важнейший вопрос заключается в установлении элемента данной системы как минимального носителя качества технологии.

Далее решается вопрос о связях между элементами и формировании подсистем как достаточно автономных образований. При построении графической модели системы необходимо отразить два-три нижележащих подсистемных уровня.

При выделении элементов системы основным руководящим принципом является принцип функциональности. Между элементами существуют функциональные связи, которые обусловливают их совместное поведение и состояние внутри подсистемы. Таким образом, в результате анализа подсистем формируется их графическая модель, воспроизводящая несколько структурно-иерархических уровней организации системы. Далее из подсистем синтезируется полная графическая модель системного комплекса. Выходы подсистем – точки контроля качества функционирования технологии этого комплекса.

Пятая веха – это диагностика технологической системы с точки зрения качества ее функционирования. Диагностика – термин медицинский. Он подразумевает исследование организма человека (биологической системы) с целью повышения его жизнедеятельности. Но разве инженеры АПК не заняты «лечением» своих достаточно сложных технологических образований с целью повышения эффективности их функционирования? Здесь важно количественно оценить вклад каждой подсистемы в конечный результат и принять объективное решение о методе и средствах «лечения» технологической системы. Более того, необходимо выполнить две диагностики: перед и после соответствующего вмешательства в конкретную действующую технологию. Сравнение количественных результатов этих двух диагностик и покажет глубину проработки НИОКР [2].

Шестая веха – это собственно процесс «лечения» технологической системы по результатам первой диагностики, что выливается, например, во взаимную адаптацию технологических свойств исходного сельскохозяйственного сырья к процессам его преобразования, с одной стороны, и механизмов процессов в машинах, аппаратах и биореакторах перерабатывающих производств к технологическим свойствам сырья, – с другой. Цель такой адаптации – получить «здоровый технологический организм», устойчиво и стабильно функционирующий, то есть легко поддающийся автоматизации на всем протяжении сложного технологического потока.

Седьмая веха – это поиск наиболее эффективных методов подвода энергии к процессам производства, хранения и переработки сельскохозяйственного сырья в продукты питания. Речь идет, прежде всего, о волновых воздействиях на обрабатываемые среды: переменном электромагнитном поле сверхвысоких и низких частот, магнитных полях, световых импульсах, пульсирующих электрических полях, инфракрасном и ультрафиолетовом излучении, кавитации, ультразвуке, электрохимическом и лазерном воздействии. Широкие перспективы просматриваются в сочетании этих волновых процессов с традиционными методами подвода энергии к обрабатываемым средам. Системные комплексы в АПК с их высокой эффективностью открывают эру «волновых технологий» во всем спектре процессов производства продовольствия.

Надо также иметь в виду, что XXI век характеризуется реализацией пятого и шестого технологических укладов в АПК [3]. Это время, когда будут создаваться и уже создаются крупномасштабные производства в сельском хозяйстве и в перерабатывающих отраслях, оснащенные автоматикой и электроникой.

Заключение

Таким образом, стратегия научного поиска при развитии совокупности технологий (системный комплекс) методологически отличается от стратегии научного поиска при решении традиционных задач усовершенствования отдельных процессов в машинах, аппаратах и биореакторах в технологиях растениеводства, животноводства или переработки сельхозсырья. Эти отличия заключаются и в пространственно-временном соотношении исследуемых объектов, и в методологическом обеспечении, и в применяемом математическом аппарате.

Нет сомнений в том, что необходимо форсированное инновационное развитие технологий АПК, потому что мы стоим на пороге совершенно нового мира [4].

Список литературы

1. Панфилов, В.А. Системный комплекс «Аграрно-пищевая технология» / В.А. Панфилов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 4. – С. 6–9.
2. Панфилов, В.А. Теория технологического потока. 2-е изд. / В.А. Панфилов. – М.: Колос, 2007. – 319 с.
3. Панфилов, В.А. Продовольственная безопасность России и шестой технологический уклад в АПК / В.А. Панфилов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 10–12.
4. Антипов, С.Т. Инновационное развитие техники пищевых технологий / С.Т. Антипов, А.В. Журавлев, Д.А. Казарцев, А.Г. Мордасов [и др.]; под ред. акад. РАН В.А. Панфилова. – М.: «Лань», 2016. – 660 с.

References

1. Panfilov V.A. Sistemnyy kompleks «Agrarno–pishchevaya tekhnologiya» [System complex “Agro–food technology”]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bulletin of the Russian agricultural science], 2015, no. 4, pp. 6–9.
2. Panfilov V.A. *Teoriya tekhnologicheskogo potoka. 2-e izdanie* [Theory of the process stream. 2nd edn]. Moscow: KolosS Publ., 2007. 319 p.
3. Panfilov V.A. Prodovol'stvennaya bezopasnost' Rossii i shestoy tekhnologi-cheskiy uklad v APK [Food security of Russia and sixth technological way in the AIC]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bulletin of the Russian agricultural science], 2016, no. 1, pp. 10–12.
4. Antipov S.T., Zhuravlev A.V., Kazartsev D.A., Mordasov A.G. (ed.), Panfilov V.A. *Innovatsionnoe razvitie tekhniki pishchevykh tekhnologiy* [Innovative development of technology of food technologies]. Moscow: Lan' Publ., 2016. 660 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Панфилов, В.А. Развитие технологий АПК и методология научного поиска / В.А. Панфилов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 159–162.

Panfilov V.A. Development of agro-industrial complex technologies and methodology of scientific search *Food Processing: Techniques and Technology,* 2017, vol. 44, no. 1, pp. 159–162 (In Russ.).

Панфилов Виктор Александрович
д-р техн. наук, академик РАН, профессор кафедры процессов и аппаратов пищевых производств, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7 (499) 977-13-74,
e-mail: info@timacad.ru

Victor A. Panfilov
Dr.Sci.(Eng.), Academic RAAS, Professor of the Department of processes and devices of food manufactures, Russian State Agrarian University – Moscow them. K.A. Timiryazeva, 49, Timiryazevskaya str., Moscow, 127550, Russia,
phone: +7 (499) 977-13-74, e-mail: info@timacad.ru

ПОРЯДОК РАССМОТРЕНИЯ, УТВЕРЖДЕНИЯ И ОТКЛОНЕНИЯ СТАТЕЙ

В научно-техническом журнале «Техника и технология пищевых производств» публикуются статьи, обзорные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукописи, поступающие в журнал, должны иметь внешнюю рецензию специалистов соответствующих отраслей наук с ученой степенью доктора или кандидата наук.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность в системе «Антиплагиат», регистрируется.

Редакция подтверждает автору получение рукописи в течение 10 дней после ее поступления.

Редакция организует рецензирование представленных рукописей. В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Техника и технология пищевых производств», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Оригиналы рецензий хранятся в редакционной коллегии в течение пяти лет со дня публикации статей и по запросам предоставляются в экспертные советы ВАК.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной статьи.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлегией в целом.

Автору не принятой к публикации статьи ответственный за выпуск направляет мотивированный отказ. Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются автору.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Научно-технический журнал «Техника и технология пищевых производств» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть 5–7 страниц. Текст статьи должен быть напечатан на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа в одну колонку на принтере с четким шрифтом. Все страницы должны иметь сплошную нумерацию в верхнем правом углу.

Статья включает следующее.

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.

2. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов), но информативным и отражать основной результат исследований. Заголовок набирают полужирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заглавии не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.

3. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую. Фамилия автора, с которым следует вести переписку, обозначается звездочкой (*).

4. Официальное полное название учреждения (место работы каждого автора), город, почтовый адрес и индекс, e-mail автора, с которым следует вести переписку.

5. Аннотация (объемом от 200 до 250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами) должна быть информативной (не содержать общих слов), оригинальной, содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований), структурированной (повторять структуру статьи и включать введение, цели и задачи, методы, результаты, выводы).

Предмет, тема, цель работы в аннотации указываются в том случае, если они не ясны из заглавия ста-

тьи; метод или методологию проведения работы целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы.

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.

Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте авторского резюме.

Следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...»). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения, в авторском резюме не приводятся.

В тексте аннотации следует применять значимые слова из текста статьи. Аннотация НЕ разбивается на абзацы.

6. Ключевые слова (не более 9) должны способствовать индексированию статьи в поисковых системах.

7. На английском языке необходимо предоставить следующую информацию:

- заглавие статьи (должно быть грамотно с точки зрения английского языка, не должно содержать транслитераций с русского языка, кроме непереводимых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия);
- инициалы и фамилии авторов;
- официальное англоязычное название учреждения (см. на сайте организации), с указанием почтового адреса, e-mail автора, с которым следует вести переписку;
- текст аннотации (англоязычная версия аннотации должна по смыслу и структуре полностью соответствовать русскоязычной и быть грамотной с точки зрения английского языка);
- ключевые слова (Keywords);
- список литературы (References) приводится полностью отдельным блоком в конце статьи, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите (см. Рекомендации по подготовке списка литературы в латинице).

8. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

«Введение» – часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследования. Ссылки на цитированную литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследования.

«Объект и методы исследования»:

- для описания экспериментальных работ – часть, которая содержит сведения об объекте исследования, последовательности операций при постановке эксперимента, использованных приборах и реактивах. При упоминании приборов и оборудования указывается название фирмы на языке оригинала и страны (в скобках). Если метод малоизвестен или значительно модифицирован, кроме ссылки на соответствующую публикацию, дают его краткое описание;
- для описания теоретических исследований – часть, в которой поставлены задачи, указываются сделанные допущения и приближения, приводится вывод и решение основных уравнений. Раздел не следует перегружать промежуточными выкладками и описанием общеизвестных методов (например, методов численного решения уравнений, если они не содержат элемента новизны, внесенного авторами);

«Результаты и их обсуждение» – часть, содержащая краткое описание полученных экспериментальных данных. Изложение результатов должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. Обсуждение не должно повторять результаты исследования. В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

Текст статьи должен быть набран стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 10, межстрочный интервал – одинарный, поля – 2 см. Текст набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул Equation (MathType) или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские – курсивом (*Italic*), русские и греческие – прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9-м кеглем, математические – 10-м. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.jpg или *.bmp. Подрисуночная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. …). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Таблицы, графики и диаграммы не должны превышать по ширине 8 см. Допускаются смысловые выделения полужирным шрифтом.

9. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографи-

ческая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте. В тексте статьи дается порядковый номер источника из списка цитируемой литературы в квадратных скобках. Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Не рекомендуется использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет.

В список литературы не включаются неопубликованные работы, учебники, учебные пособия и тезисы материалов конференций.

Обязательно в список литературы включать зарубежные источники.

Рукопись следует тщательно выверить и подписать всем авторам на первой странице основного текста. В случае несоответствия оформления статьи предъявляемым требованиям статья не публикуется. Статьи подлежат общему редактированию.

В редакцию предоставляются:

1) электронная версия статьи в программе MS Word 2003. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов;

2) распечатанный экземпляр статьи, строго соответствующий электронной версии. В случае обнаружения расхождений редакция ориентируется на электронный вариант рукописи статей;

3) сведения об авторах (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, электронная почта. Звездочкой указывается автор, с которым вести переписку. Файл следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП_Анкета.doc;

4) гарантийное письмо на имя главного редактора журнала на бланке направляющей организации с указанием даты регистрации и исходящего номера, с заключением об актуальности работы и рекомендациями к опубликованию, с подписью руководителя учреждения;

5) рецензия на статью, оформленная согласно образцу, от внешнего рецензента. Подпись внешнего рецензента заверяется соответствующей кадровой структурой..

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 663.11

Подбор параметров стабилизации (замораживание и сушка) симбиотического консорциума с целью получения закваски прямого внесения

В.Ю. Крумликов[1,*], Л.А. Остроумов[1], О.А. Иванов[2], О.В. Кригер[1]

[1]ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

[2] ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

**e-mail: v_krumlikov@mail.ru*

Аннотация: Важной составляющей производства заквасок …(продолжение аннотации, объем от 200 до 250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами).

Ключевые слова: Сублимационная сушка, ….(ключевые слова – не более 9)

Choice of stabilization parameters (freezing and drying) of symbiotic consortium to obtain a starter of direct inoculation

V.Yu. Krumlikov[1,*], L.A. Ostroumov[1], O.A. Ivanov[2], O.V. Kriger[1]

[1]Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

[2]Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650043, Russia

**e-mail: v_krumlikov@mail.ru*

Abstract: An important component in the production of starters ……...

Keywords: Freeze drying, lyophilisation, …….

Введение

Важной задачей при производстве бактериальных препаратов……..
…….
…….
Целью работы является ……..

Объекты и методы исследования

Для подготовки объекта сушки …….
……
……
……

Результаты и их обсуждение

Микроорганизмы, подвергаемые консервации методом сублимационной сушки……..
……..
……..

$$\cdots\cdots\cdots\cdots h = h_0 \cdot \left(1 - \frac{l \cdot tg\theta}{2 \cdot h_0}\right), \qquad (1)$$

где l – ширина лопасти ротора.

……

Рис. 1. Результаты анализа выживаемости бактериальных клеток закваски прямого внесения в процессе хранения

Таблица 1

Физико-химические показатели лиофилизированной закваски прямого внесения в течение всего срока хранения

Наименование показателя	Значение				
	0 мес.	3 мес.	6 мес.	9 мес.	12 мес.
Активность сквашивания, ч	12	12	12	10	9
Предельное значение pH	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Массовая доля влаги, %	5,0	5,4	5,7	6,4	7,2
Количество бактерий на конец срока годности, КОЕ/г.106	28,4	27,0	25,0	22,4	21,3

Таким образом, установлены параметры сублимационной сушки симбиотического консорциума микроорганизмов: температура замораживания минус 25 °С; температура нагрева 25 °С; продолжительность сушки 240 мин; толщина слоя сушки 3,0 мм.

Список литературы

1. Харитонова, И. Изучение качественных характеристик концентратов лактобактерий в процессе криозамораживания и сублимационной сушки / И. Харитонова, А.Ю. Просеков, М.И. Шрамко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – № 2(47). – С. 87–90.

2. Бабич, О.О. Оптимизация лиофилизации L-фенилаланин-аммоний-лиазы / О.О. Бабич, А.Ю. Просеков // Биомедицинская химия. – 2013. – Т. 59. – № 6. – С. 682–692.

3. Мотовилов, О.К. Научное обоснование технологий пищевой продукции с использованием гидромеханического диспергирования и оценка ее качества: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.18.15 / Мотовилов Олег Константинович. – Кемерово, 2012. – 39 с.

4. Широков, Е.П. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. Ч. 1: Картофель. Плоды, овощи / Е.П. Широков, В.И. Полегаев. – М.: Колос, 1999. – 254 с.

5. ГОСТ 32951-2014. Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.

6. Ivanets V. N. Intensification of bulk materialmixing in new designs of drum, vibratory andcentrifugal mixers / V.N. Ivanets, D. M. Borodulin, A. B. Shushpannikov, D. V. Sukhorukov // Foods and Raw Materials. – 2015, Vol.3, (No. 1). – P. 62–69. DOI 10.12737/11239.

7. Wioletta Błaszczak, Danuta Zielińska, Henryk Zieliński, Dorota Szawara-Nowak & Józef Fornal / Antioxidant Properties and Rutin Content of High Pressure-Treated Raw and Roasted Buckwheat Groats // Food Bioprocess Technol. (2013) 6:92–100. DOI 10.1007/s11947-011-0669-5.

References

1. Kharitonova I., Prosekov A.Yu., and Shramko M.I. Izuchenie kachestvennykh kharakteristik kontsentratov laktobakteriy v protsesse kriozamorazhivaniya i sublimatsionnoy sushki [Investigation into quality features in lactobacilli concentrate through cryo-freezing and sublimation dryin]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta* [Newsleter of North-Caucasus State Technical University], 2015, no. 2(47), pp. 87–90.

2. Babich O.O. and Prosekov A.Yu. Optimizatsiya liofilizatsii L-fenilalanin-ammoniy-liazy [Optimization of lyophilization L-phenylalanine-ammonium-lyase]. *Biomeditsinskaya khimiya* [Biomedical chemistry], 2013, t. 59, no. 6, pp. 682–692.

3. Motovilov O.K. *Nauchnoe obosnovanie tekhnologiy pishchevoy produktsii s ispol'zovaniem gidromekha-nicheskogo dispergirovaniya i otsenka ee kachestva. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Scientific justification of food technologies with hydromechanical dispergating and assessment of its quality. Dr. eng. sci. diss.], Kemerovo, 2012, 39 p.

4. Shirokov E.P. and Polegaev V.I. *Khranenie i pererabotka produktsii rastenievodstva s osnovami standartizatsii i sertifikatsii. Chast' 1. Kartofel'. Plody, ovoshchi* [Storage and processing of crop production with basics of standardization and certification. Part 1. Potatoes. Fruits, vegetables]. Moscow: Kolos Publ., 1999. 254 p.

5. *GOST 32951-2014. Polufabrikaty myasnye i myasosoderzhashchie. Obshchie tekhnicheskie usloviya.* [State Standard 32951-2014. Semis, meat and meat-containing. General technical conditions]. Moscow: Standartinform Publ., 2015. 20 p.

6. Ivanets V.N., Borodulin D.M., Shushpannikov A.B., and Sukhorukov D.V. Intensification of bulk materialmixing in new designs of drum, vibratory andcentrifugal mixers. *Foods and Raw Materials*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 62–69. DOI: 10.12737/11239.

7. Błaszczak W., Zielińska D., Zieliński H., Szawara-Nowak D., and Fornal J. Antioxidant properties and rutin content of high pressure-treated raw and roasted buckwheat groats. *Food Bioprocess Technol.,* 2013, no. 6, pp. 92–100. DOI: 10.1007/s11947-011-0669-5.

Крумликов Владислав Юрьевич
аспирант кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: v_krumlikov@mail.ru

Остроумов Лев Александрович
д-р техн. наук, профессор, профессор-консультант Научно-образовательного центра, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

Иванов Олег Алексеевич
младший научный сотрудник лаборатории микробиологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Кригер Ольга Владимировна
канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-74, e-mail: olgakriger58@mail.ru

Vladislav Yu. Krumlikov
Postgraduate Student of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: v_krumlikov@mail.ru

Lev A. Ostroumov
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor and Consultant of the Center of Research and Education, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

Oleg A. Ivanov
Junior Researcher of the Laboratory of Microbiology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650043, Russia

Olga V. Kriger
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-74, e-mail: olgakriger58@mail.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ (FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY) № 1 (44), 2017

Ответственный за выпуск *А.И. Лосева*

Литературный редактор *Е.Н. Шуранова*

Компьютерная верстка и оформление обложки *О.П. Долгополова*

Учредитель:
Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)

Адрес учредителя:
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47,
Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)

Подписано в печать 21.03.2017.
Дата выхода в свет 21.03.2017. Формат $60\times84^{1/8}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать офсетная. Усл. п. л. 24,0. Уч.-изд. л. 24,0.
Тираж 100 экз. Заказ № 17. Цена свободная.

Адрес редакции:
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, к. 1212, тел. (3842)39-68-45
http: fptt-journal.ru, e-mail: food-kemtipp@yandex.ru

Адрес типографии:
650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 7, к. 2006, тел. (3842)39-09-81