

Техника и технология пищевых производств

Food Processing: Techniques and Technology

№ 3'17



Министерство образования
и науки Российской Федерации

Кемеровский технологический
институт пищевой
промышленности (университет)

**ТЕХНИКА
И ТЕХНОЛОГИЯ
ПИЩЕВЫХ
ПРОИЗВОДСТВ
№ 3 (46), 2017**

**Научно-технический
журнал**

Издается с 1998 года

Главный редактор

А.Ю. Просеков, доктор техни-
ческих наук, профессор РАН, лауре-
ат премии Правительства РФ в об-
ласти науки и техники

Зам. главного редактора

А.Н. Петров, доктор технических
наук, академик РАН

Редакционная коллегия:

П.П. Баранов, доктор экономичес-
ких наук, доцент;

А.Л. Верещагин, доктор химичес-
ких наук, профессор;

Г.Б. Гаврилов, доктор технических
наук, заслуженный работник пище-
вой индустрии;

И.Ф. Горлов, доктор сельскохо-
зяйственных наук, академик РАН;

Н.И. Дунченко, доктор техниче-
ских наук, академик РАЕН;

Г.В. Гуринович, доктор техниче-
ских наук, профессор;

В.П. Зотов, доктор экономических
наук, профессор;

Т.А. Краснова, доктор технических
наук, профессор, заслуженный эко-
лог РФ, почетный работник высше-
го профессионального образования
РФ;

Л.А. Маюрникова, доктор
технических наук, профессор;

Л.А. Остроумов, доктор техниче-
ских наук, профессор, заслуженный
деятель науки и техники, лауреат
премии Правительства РФ в области
науки и техники;

В.М. Позняковский, доктор био-
логических наук, профессор, заслу-
женный деятель науки, почетный
работник высшего профессиональ-
ного образования РФ;

В.А. Помозова, доктор техниче-
ских наук, профессор;

Л.В. Терещук, доктор технических
наук, профессор;

С.Н. Хабаров, доктор сельско-
хозяйственных наук, академик
РАСХН;

А.Г. Храмов, доктор технических
наук, академик РАН;

В.Г. Шелепов, доктор сельско-
хозяйственных наук, член-
корреспондент РАН;

Marco Tieman, Ph.D. in Business
Management, Adjunct Professor,
Universiti Tun Abdul Razak,
Universiti Malaysia Pahang

16+

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

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

<i>Асякина Л.К., Долганюк В.Ф., МиленТЬева И.С., Носкова С.Ю., Бабич О.О.</i> Характеристика физико-химических свойств и показателей химической и микробиологической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы.....	5
<i>Бородулин Д.М., Шульбаева М.Т., Мусина О.Н., Шенцев Б.М.</i> Инновационная технология получения талгана как компонента функциональных пищевых продуктов, учитывающих национальные традиции питания.....	15
<i>Быков Д.Е., Макарова Н.В., Демидова А.В., Еремеева Н.Б.</i> Использование пектина в качестве компонента комбинированной съедобной пленки.....	23
<i>Евелева В.В., Черпалова Т.М.</i> Технологическое вспомогательное средство для обработки натуральных колбасных оболочек.....	29
<i>Крикунова Л.Н., Песчанская В.А., Дубинина Е.В.</i> Некоторые аспекты производства дистиллята из клубней топинамбура. Часть 3. Характеристика дистиллята.....	36
<i>Лушинская С.М., Ганцева А.Н.</i> Изучение процесса плавления творожного сырья при производстве плавленых сыров.....	43
<i>Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Журахова С.Н.</i> Желейно-фруктовый мармелад повышенной пищевой ценности с соком из ягод облепихи.....	50
<i>Майоров А.А., Усатюк Д.А.</i> Термический анализ жиров с использованием установки «Термоскан».....	55
<i>Малюткина К.В., Гуринович Г.В.</i> Изучение состава и технологических свойств свинины четвертой категории, предназначенной для промышленной переработки.....	61
<i>Мышалова О.М.</i> Изучение антиоксидантной активности эфирных масел при изготовлении копченых колбас из мяса маралов.....	67
<i>Сергеева И.Ю., Кассаб А.А.</i> Аль Моделирование процесса синтеза белка в ряске <i>Letna minor</i>	74
<i>Черкунова А.Д., Храмова В.Н., Мгебришвили И.В., Животова Т.Ю.</i> Преимущества использования регионального сырья при производстве полуфабрикатов рубленых в оболочке.....	82
<i>Чижикова О.Г., Коршенко Л.О., Павлова М.А.</i> Разработка композитных мучных смесей с использованием измельченных семян чечевицы.....	89
<i>Школьникова М.Н., Аверьянова Е.В., Дonya Д.В., Хлопотов И.В.</i> Разработка состава и технологии получения таблетированной формы концентрата безалкогольного напитка.....	96

ПРОЦЕССЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

<i>Злочевский В.Л., Мухонад К.А.</i> Аэродинамическое сопротивление винтового канала в циклоне-сепараторе.....	102
<i>Короткий И.А., Сахобутдинова Г.Ф., Шафрай А.В.</i> Анализ параметров, влияющих на продолжительность замораживания овощных полуфабрикатов комбинированным способом.....	108
<i>Шмалько Н.А., Смирнов С.О.</i> Способ очистки зерна амаранта от примесей	114

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

<i>Лобач Е.Ю., Гурьянов Ю.Г., Позняковский В.М., Костин А.Н.</i> Специализированные продукты пробиотического назначения: показатели качества и функциональной направленности.....	121
---	-----

Ответственный за выпуск

А.И. Лосева

Литературный редактор

О.Б. Глушкова

Литературный редактор

(англ. язык)

Г.А. Жданова

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, б-р 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

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

Журнал считается включенным в Перечень рецензируемых научных изданий, в соответствии с приказом Минобрнауки России от 12.12.2016 г. № 1586.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-61609 от 30 апреля 2015 г. Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Подписано в печать 22.09.2017.

Дата выхода в свет 25.09.2017.

Усл. п. л. 24,0. Уч.-изд. л. 24,0.

Тираж 100 экз. Заказ № 84.

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.

Материалы публикуются на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)

г. Кемерово, б-р Строителей, 47

© КемТИПП, 2017

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ

- Гомбоева С.В., Бадмаева И.И., Балданов Б.Б., Ранжуров Ц.В., Николаев Э.О.* Воздействия низкотемпературной плазмы на продукты растительного происхождения..... 129
- Россиева Д.В., Ермолаева Е.О., Трофимова Н.Б., Трофимов И.Е.* Разработка программного продукта для обеспечения процесса внутреннего аудита пищевого предприятия..... 135

ЭКОНОМИКА

- Даваасурэн Лхагвадолгор, Хамаганова И.В.* Анализ потребительских предпочтений рубленых полуфабрикатов из мяса овец монгольской породы..... 141
- Ожерельева А.В., Куракин М.С.* Исследование предпочтений населения города Кемерово в отношении потребительских свойств продукции общественного питания..... 147

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

- Лобасенко Б.А., Сазонова Е.К., Мусаев П.А., Пачкин С.Г.* Математическое моделирование и экспериментальные исследования мембранного концентрирования в аппаратах с отводом поляризационного слоя..... 152

ИНФОРМАЦИЯ

- Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей..... 160
- Требования к оформлению статьи..... 160

**FOOD PROCESSING:
TECHNIQUES AND
TECHNOLOGY
No. 3, Vol. 46, 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

A.N. Petrov, Doctor of agricultural sciences, academician of RAS

Editorial board members:

P.P. Baranov, Doctor of economic sciences, associate professor;

A.L. Vereshchagin, Doctor of chemical sciences, professor;

G.B. Gavrilov, Doctor of technical sciences, Honoured Worker of Food Industry;

I.F. Gorlov, Doctor of agricultural sciences, academician of RAS;

N.I. Dunchenko, Doctor of technical sciences, academician of RAS;

G.V. Gurinovich, Doctor of technical sciences, professor;

V.P. Zotov, Doctor of economic sciences, professor;

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. Pomezova, Doctor of technical sciences, professor;

L.V. Tereshchuk, Doctor of technical sciences, professor;

S.N. Khabarov, Doctor of agricultural sciences, academician of RAAS;

A.G. Khramtsov, Doctor of technical sciences, academician of RAS;

V.G. Shelepov, Doctor of agricultural sciences, corresponding member of RAS;

Marco Tieman, Ph.D. in Business Management, Adjunct Professor, Universiti Tun Abdul Razak, Universiti Malaysia Pahang

CONTENTS

FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

<i>Asyakina L.K., Dolganuk V.F., Milentieva I.S., Noskova S.Yu., Babich O.O.</i> Physico-chemical properties and indices of chemical and microbiological safety for enzyme hydrolysates of feather waste.....	5
<i>Borodulin D.M., Shulbaeva M.T., Musina O.N., Shepieva B.M.</i> Innovative technology of talgan production as a component of functional foods taking into account national traditions of nutrition.....	15
<i>Bykov D.E., Makarova N.V., Demidova A.V., Ereemeva N.B.</i> The use of pectin as a component for combined edible films.....	23
<i>Eveleva V.V., Cherpalova T.M.</i> Technological auxiliary agent for treatment of natural sausage casings.....	29
<i>Krikunova L.N., Peschanskaya V.A., Dubinina E.V.</i> Some aspects of production of the distillate from Jerusalem artichoke tubers. Part 3. Characteristics of the distillate.....	36
<i>Lupinskaya S.M., Gantseva A.N.</i> Investigation of the process of melting of cottage cheese raw material when manufacturing processed cheeses.....	43
<i>Magomedov G.O., Lobosova L.A., Zhurahova S.N.</i> Jelly-fruit marmalade of high nutritional value with juice from sand buckthorn berries.....	50
<i>Mayorov A.A., Usatyuk D.A.</i> Thermal analysis of fats using the «Termoscan» unit.....	55
<i>Malyutina K.V., Gurinovich G.V.</i> The study of composition and technological properties of pork of the fourth grade intended for commercial processing.....	61
<i>Myshalova O.M.</i> Study of the antioxidant activity of essential oils when making smoked sausage from maral meat.....	67
<i>Sergeeva I.Yu., Kassab A.A.AI.</i> Modeling the process of protein synthesis in the duckweed <i>Lemna minor</i>	74
<i>Cherkunova A.D., Khramova V.N., Mgebrishvili I.V., Zhivotova T.Yu.</i> Advantages of using regional raw materials for production of chopped semifinished products in casing.....	82
<i>Chizhikova O.G., Korshenko L.O., Pavlova M.A.</i> Development of composite flour mixes with the use of milled lentil seeds.....	89
<i>Shkolnikova M.N., Averyanova E.V., Donya D.V., Khlopotov I.V.</i> Development of composition and technology for production of nonalcoholic beverage concentrate tablet.....	96

**PROCESSES, EQUIPMENT, AND APPARATUS
FOR FOOD PRODUCTION**

<i>Zlochevskiy V.L., Mukhopad K.A.</i> Aerodynamic drag of the screw channel in the cyclone-separator.....	102
<i>Korotkiy I.A., Sakhabutdinova G.F., Shafray A.V.</i> Analysis of parameters influencing period of vegetable semi-finished products freezing with combined method.....	108
<i>Shmalko N.A., Smirnov S.O.</i> Method for cleaning amaranth seeds from impurities.....	114

FOOD HYGIENE

<i>Lobach E.Yu., Gur'yanov Yu.G., Poznyakovskiy V.M., Kostin A.N.</i> Specialized products of probiotic use: quality and functionality.....	121
---	-----

Publishing editor
A.I. Loseva
Script editor
O.B. Glushkova
Script editor (Eng)
G.A. Zhdanova
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 address:

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 address:

650056, Russia, Kemerovo,
Stroiteley Boulevard, 47,
FSBEI HE «KemIFST»

Printing Office:

650002, Russia, Kemerovo,
ul. Institutskaya 7, office 2006,

The Journal is included in the International Databases: AGRIS, FSTA (on platforms Thomson Reuters Web of Science, EBSCOhost, etc.), ProQuest, CABI, 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 PI № FS 77-61609 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 22.09.2017.
Date of issue 25.09.2017. Printed
sheet 24,0. Conventional printed
sheet 24. Circulation 100 cop.
Order № 84. 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.

All articles are published and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Public License (CC BY 4.0).

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

STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND SAFETY

- Gomboeva S.V., Badmaeva I.I., Baldanov B.B., Ranzhurov Ts.V., Nikolaev E.O.* Effects of low-temperature plasma on plant products..... 129
Rossieva D.V., Ermolaeva E.O., Trofimova N.B., Trofimov I.E. Development of software product to support the process of internal audit of a food company 135

ECONOMICS

- Davaasuren Lkhagvadolgor, Khamaganova I.V.* Analysis of consumer preference to chopped semi-finished goods from sheep meat of mongolian breed..... 141
Ozherel'eva A.V., Kurakin M.S. The study of preferences of inhabitants of the city of Kemerovo as far as consumer properties of products of public catering is concerned..... 147

AUTOMATION AND INFORMATIONAL SUPPORT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

- Lobasenko B.A., Sazonova E.K., Musaev P.A., Pachkin S.G.* Mathematical modeling and experimental studies of membrane concentration in apparatuses with the withdrawal of the polarization layer..... 152

INFORMATION

- Order of consideration, approval and rejection of articles..... 160
Requirements for the article formatting..... 160

УДК 637.54:66.022.32

ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКОЙ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ ОТХОДОВ ПОТРОШЕНИЯ ПТИЦЫ

Л.К. Асякина*, В.Ф. Долганюк, И.С. Милентьева, С.Ю. Носкова, О.О. Бабич

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

*e-mail: alk_kem@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 19.05.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Полноценное обеспечение животных, в том числе птицы, высокобелковыми кормами необходимо для производства продуктов животноводства таких объемов, которые бы позволили обеспечить в стране продовольственную безопасность. К одному из путей решения данной проблемы относится использование в качестве сырья отходов птицеперерабатывающей промышленности для выделения полезных компонентов из них. Правильно подобранный способ утилизации таких отходов обеспечит получение компонентов, используемых в дальнейшем для обогащения кормов и комбикормов. В ходе данной работы были получены ферментативные гидролизаты из отходов потрошения кур разных пород (перо, пух и подкрылок) с применением мультиферментной композиции, подобранной в результате изучения пептидного и аминокислотного состава отходов потрошения. Мультиферментная композиция включала в составе штаммы микроорганизмов (*Bacillus endophyticus* 2102, *Bacillus safensis* sp., *Bacillus pumilus* SAFR032, *Bacillus licheniformis* B-2986, *Streptomycesparvus* sp.) в соотношении 1:1:3:3:2. Были изучены физико-химические свойства полученных гидролизатов. Максимальное содержание кальция в пересчете на массовую долю влаги составляло 11,2 %, фосфора – 9,2 %. Массовая доля жира в пересчете на массовую долю влаги не превышала 2,3 %, массовая доля сырой клетчатки не превышала 0,9 %. Таким образом, по данным показателям все ферментативные гидролизаты отходов потрошения птицы соответствовали необходимым параметрам. По массовой доле кальция и фосфора, пересчитанной на массовую долю влаги, соответствовал только 24-часовой ферментативный гидролизат. Что касается массовой доли белка (81,4 %), пересчитанной на массовую долю влаги, ни один из тестируемых гидролизатов не соответствовал необходимой норме для производства кормовой добавки, что говорит о необходимости очистки и обезжиривания ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы с целью повышения массовой доли белка. Содержание токсичных элементов, радионуклидов, бактериальных организмов в тестируемых ферментативных гидролизатах отходов потрошения птицы не превышало нормируемых значений согласно ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

Ключевые слова. Ферментативные гидролизаты, отходы потрошения птицы, физико-химические свойства, химическая безопасность, микробиологическая безопасность, многофакторный эксперимент

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND INDICES OF CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL SAFETY FOR ENZYME HYDROLYSATES OF FEATHER WASTE

L.K. Asyakina*, V.F. Dolganuk, I.S. Milentjeva, S.Yu. Noskova, O.O. Babich

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

*e-mail: alk_kem@mail.ru

Received: 19.05.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. Full-fledged provision of animals, including poultry, with high-protein feed is necessary for the production of livestock products of such volumes that would ensure the country's food security. One of the ways to solve this problem is the use of raw materials for the recovery of useful components from the waste of the poultry processing industry. The right method chosen for utilization of such waste will ensure the production of components used for further enrichment of feed and mixed fodders. In the course of our research, enzymatic hydrolysates from wastes of evisceration of chickens of different breeds have been obtained using a multienzyme composition selected as a result of studying the peptide and amino acid composition of evisceration waste. The multienzyme composition included strains of microorganisms: *Bacillus endophyticus* 2102, *Bacillus safensis* sp., *Bacillus pumilus*

SAFR032, *Bacillus licheniformis* B-2986, *Streptomyces parvus* sp. In the ratio 1: 1: 3: 3: 2. The physicochemical properties of the hydrolysates obtained have been studied. The maximum content of calcium in terms of the mass fraction of moisture is 11.2%, that of phosphorus - 9.2%. The mass fraction of fat in terms of the mass fraction of moisture does not exceed 2.3%; the mass fraction of crude fiber does not exceed 0.9%. Thus, according to these indices, all enzymatic hydrolysates of the gut evisceration products correspond to necessary parameters. Only a 24-hour fermentative hydrolysate corresponds to the mass fraction of calcium and phosphorus in terms of the mass fraction of moisture. As for the mass fraction of protein (81.4%), recalculated for the mass fraction of moisture, none of the tested hydrolysates corresponds to the necessary norm for the production of feed additives, which indicates the need for cleaning and degreasing enzymatic hydrolysates of gut evaporation waste in order to increase the mass fraction of protein. The content of toxic elements, radionuclides, bacterial organisms in the tested enzymatic hydrolysates of evisceration of poultry does not exceed the normalized values in accordance with GOST 17536-82 "Animal feed fodder. Specifications».

Keywords. Enzymatic hydrolysates, feather waste, physical and chemical properties, chemical safety, microbiological safety, multifactor experiment

Введение

Птицеводство считается одной из важнейших отраслей сельскохозяйственного производства России, развитие которой всемерно зависит от сбалансированного и полноценного кормления животных. Полнорационные корма являются главным фактором, влияющим на продуктивность птицы и качество готовой продукции в промышленном птицеводстве. Мировое производство кормов в последние годы ежегодно увеличивается и уже в 2015 году составило более 1000 млн. т., из которых на долю кормов для птицы приходится примерно половина. При этом количество произведенных полнорационных комбикормов отдельно не выделяется. Наибольшую значимость проблема белкового кормления приобрела в последнее время, так как потребность в белке увеличивается очень высокими темпами, а удовлетворить ее только за счет повышения производства известных полноценных источников протеина становится практически невозможно [5].

Полноценное обеспечение животных, в том числе птицы, высокобелковыми кормами необходимо для производства продуктов животноводства таких объемов, которые бы позволили обеспечить в стране продовольственную безопасность. К одному из путей решения данной проблемы относится использование в качестве сырья для выделения полезных компонентов (витамины, микроэлементы и пр.) отходов птицеперерабатывающей промышленности. Известно, что многие отходы птицефабрик обладают уникальными полезными свойствами за счет содержания в них биологически активных веществ. Правильно подобранный способ утилизации таких отходов обеспечит получение компонентов, используемых в дальнейшем для обогащения кормов и комбикормов [6, 10].

Обогащение кормов и комбикормов белком в птицеводстве в основном осуществляется за счет добавления к ним сои и продуктов ее переработки. Однако большой интерес в качестве источника белка (кератин, эластин и коллаген) представляют отходы потрошения птицы (перопуховое сырье), поскольку они составляет 30 % от массы всех отходов. Основным белком, входящим в состав отходов птицеперерабатывающих предприятий, является кератин [7].

Для максимального расщепления белка исходное сырье подвергается ферментативному гидролизу мультиферментным препаратом до получения

полипептидов, пептидов и отдельных аминокислот в усвояемой форме для организма животного [2].

Корма и кормовые добавки – это сложные многокомпонентные композиции, которые в процессе применения, переработки, транспортировки и хранения способны изменять свои физико-химические свойства, химические и микробиологические показатели. Поэтому изучение и контроль данных характеристик является одним из важнейших этапов исследований [8].

Так как потребление мяса птицы в настоящее время находится на стабильно высоком уровне, а производство мяса птицы является одним из ключевых в сельском хозяйстве, то соблюдение и контроль показателей безопасности продукции данного производства является основной задачей отрасли. При этом особое внимание следует уделять безопасности кормов и комбикормов для сельскохозяйственной птицы, так как они оказывают непосредственное влияние на санитарное состояние готового продукта [9].

Для кормов и комбикормов выделяют три вида безопасности: радиационная, химическая и микробиологическая.

Радиационная безопасность предполагает защиту жизни и здоровья человека и животных от вредного влияния радиации и радиоактивных элементов (радионуклидов).

В процессе производства кормовых добавок радиационную безопасность можно обеспечивать несколькими путями:

- наличие системы радиационного контроля на предприятии;
- грамотность персонала в области радиационной защиты;
- санитарно-эпидемиологическая оценка и лицензирование деятельности с источниками излучения;
- зонирование территории вокруг опасных объектов и др.

Обеспечение химической безопасности – это комплекс мероприятий, направленный на максимальное снижение или полное исключение опасности вредного воздействия опасных токсичных веществ как на готовый продукт, так и на организм человека и животного [3].

Корма, обсемененные значительным количеством как патогенных, так и непатогенных микроорганизмов, назвать полноценными для здоровья невозможно, так как большое содержание жизне-

способных клеток говорит о неэффективной температурной обработке сырья, в результате которой большое число бактерий не погибает. Такой продукт является источником различных инфекций и имеет низкую питательную ценность. Помимо этого, наличие повышенного содержания микроорганизмов в готовом продукте приводит к преждевременной порче в процессе хранения [1].

Общая токсичность – важный показатель безопасности комбикормовой продукции, который складывается из совокупности химических и биологических характеристик. Токсичность определяется способностью вещества или продукта в средних дозировках вызывать негативную реакцию у живого организма [4].

Целью работы являлось изучение химического и пептидного состава отходов потрошения птицы, подбор мультиферментной композиции для наиболее эффективного гидролиза сырья, а также характеристика физико-химических свойств и показателей химической и микробиологической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследований использовались: ферментативные гидролизаты отходов потрошения птицы (перопуховое сырье, железистые и мышечные желудки, головы, ноги, шеи, сердца, костная фракция, получаемая при ручной и механической обвалке тушек кур), произрастающей на территории ООО «Кузбасский бройлер» (Кемеровская область, Россия).

При анализе полученных ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы мультиферментной композицией использовали следующие методы.

Массовую долю сырого протеина определяли методом озоления серной кислотой в присутствии катализатора, с последующим подщелачиванием продукта реакции, отгонкой и титрованием выделяющегося аммиака по ГОСТ 32044.1-2012 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина».

Массовую долю золы, не растворимой в соляной кислоте, определяли по ГОСТ 13496.14-87 «Комбикорма, комбикормовое сырье, корма. Метод определения золы, не растворимой в соляной кислоте».

Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 17681-82 «Мука животного происхождения. Методы испытаний».

Изучение массовой доли общего белка проводили методом Дюма с применением анализатора белкового азота RAPID N Cube.

Массовую долю жира определяли по ГОСТ 32905-2014 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого жира».

Массовую долю сырой клетчатки в ферментативных гидролизатах определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 13496.2-91 «Корма,

комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки».

Массовую долю хлористого натрия в ферментативных гидролизатах определяли ионометрическим методом в соответствии с требованиями ГОСТ 13496.1-98 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения натрия и хлорида натрия».

Массовую долю кальция в ферментативных гидролизатах определяли комплексонометрическим методом в соответствии с ГОСТ 26570-85 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция».

Массовую долю минеральных примесей, нерастворимых в соляной кислоте, в ферментативных гидролизатах определяли методом флотации воды в соответствии с ГОСТ 25555.3-82 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения минеральных примесей».

Массовую долю фосфора в ферментативных гидролизатах определяли в соответствии с ГОСТ 26657-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора».

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов», ГОСТ 25311-82 «Мука кормовая животного происхождения. Методы бактериологического анализа».

Количество бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий) определяли по ГОСТ 30518-97 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)», ГОСТ 26670-91 «Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов».

Наличие патогенных и токсинообразующих микроорганизмов определяли по ГОСТ 25311-82 «Мука кормовая животного происхождения. Методы бактериологического анализа», наличие сальмонелл определяли по ГОСТ 30519-97 «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*».

Наличие бактерий рода *Proteus* определяли по ГОСТ 28560-90 «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий родов *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*».

Содержание мышьяка в исследуемых образцах определяли в соответствии с ГОСТ 26930-86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка».

Определение токсичных элементов:

- для свинца по ГОСТ 26932-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца»;

- кадмия по ГОСТ 26933-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия»;

- стронция-90 по ГОСТ 32163-2013 «Продукты пищевые. Метод определения содержания стронция Sr-90»;

- пестицидов по ГОСТ 32194-2013 «Корма, комбикорма. Определение остатков хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии»;

- ртути по ГОСТ Р 53183-2008 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением»;
- меди по ГОСТ 26931-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди»;
- цинка по ГОСТ 26934-86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка»;
- афлатоксина В1 по ГОСТ 31653-2012 «Корма. Метод иммуноферментного определения микотоксинов»;
- цезия-137 по ГОСТ 32161-2013 «Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137».

Определение пептидных фракций проводили по методу Лэммли электрофорезом в полиакриламидном геле в системе 6–12 %.

Определение аминокислот проводили методом капиллярного электрофореза согласно документу М 04-38-2009 «Методика измерения массовой доли аминокислот».

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования по проработке основных технологических решений при реализации технологии получения ферментативногидролизированных отходов переработки птицы из отходов потрошения птицы рассматривали химический состав отходов потрошения (послеубойная смесь пера, пуха и подкрылка), полученного от кур разных пород «РОСС-708», «Хайсекс Уайт», «Кросс Смена» ООО «Кузбасский бройлер» (Кемеровская область, Россия). Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав отходов потрошения, полученного от кур разных пород

Показатель	Значение показателя для сырья от кур разных пород		
	«РОСС-708»	«Хайсекс Уайт»	«Кросс Смена»
Массовая доля сырого жира, %	4,22±0,25	4,52±0,27	4,48±0,27
Массовая доля сырого протеина, %	20,60±1,23	22,93±1,37	21,82±1,31
Массовая доля золы, не растворимой в соляной кислоте, %	1,81±0,11	1,98±0,12	1,97±0,12
Массовая доля кальция, %	0,87±0,05	1,05±0,06	0,56±0,03
Массовая доля натрия, %	1,00±0,06	1,03±0,06	0,87±0,05
Массовая доля фосфора, %	0,58±0,03	0,93±0,05	0,45±0,02
Массовая доля влаги, %	75,16±4,50	74,05±4,44	73,98±4,44

Из табл. 1 видно, что отходы потрошения, полученные от кур всех изучаемых пород, характеризуются содержанием массовой доли сырого протеина

от 20,0 до 23,0 % и золы не более 2,0 %. Наибольшее содержание массовой доли белка (22,93 %) наблюдалось в отходах, полученных от кур породы «Хайсекс Уайт». По микроэлементному составу первое место также принадлежит отходам от кур породы «Хайсекс Уайт».

Далее с целью получения более полного представления о составе пептидных фракций отходов потрошения проводили электрофорез в полиакриламидном геле по методу Лэммли. Полученные результаты представлены на рис. 1.

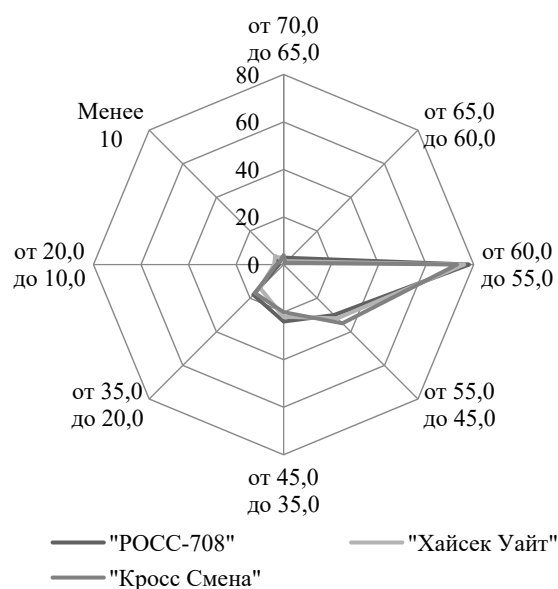


Рис. 1. Молекулярно-массовое распределение белков отходов потрошения птицы

Результаты, представленные рис. 1, свидетельствуют о наличии в исследуемых отходах потрошения птицы значительного количества белковых фракций с различными молекулярными массами. При этом большая половина всех выделенных белков приходится на фракции с молекулярной массой от 60,0 до 55,0 кДа. В достаточном количестве в отходах потрошения содержатся низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой меньше 20 кДа. Согласно литературным источникам, данную белковую фракцию можно интерпретировать как α -кератин. Кроме того, на электрофореграмме обнаружены белковые фракции с молекулярной массой 45,0–35,0 кДа, вероятно, представители β -кератинов.

Учеными ранее установлено, что кератин в природном виде чрезвычайно устойчив к действию гидролитических агентов ввиду преобладания в его структуре сложных ковалентных связей типа дисульфидных связей, образованных серосодержащей аминокислотой (цистеином). В связи с этим для гидролиза протеинсодержащего сырья использовали известный способ, суть которого заключается в предварительном измельчении образцов исследования с последующим проведением щелочного гидролиза. Для гидролиза применяли смесь, содержащую перекись водорода, гидроксид натрия и сульфит натрия. Результаты содержания аминокис-

лот в отходах потрошения (послеубойная смесь пера, пуха и подкрылка) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание аминокислот в отходах потрошения, полученном от кур разных пород

Наименование аминокислоты	Содержание аминокислот, г/100 г образца		
	«РОСС-708»	«Хайсекс Уайт»	«Кросс Смена»
Аспарагиновая кислота	9,24±0,27	10,14±0,36	9,58±0,34
Серин	5,34±0,27	5,59±0,28	5,21±0,26
Треонин	6,11±0,10	6,34±0,27	4,68±0,35
Пролин	0,53±0,03	0,44±0,02	0,50±0,03
Глутаминовая кислота	4,22±0,21	5,00±0,25	4,67±0,23
Глицин	6,65±0,33	6,72±0,34	6,20±0,31
Аланин	5,25±0,26	5,41±0,27	5,38±0,27
Изолейцин	3,26±0,16	3,98±0,20	3,34±0,17
Лейцин	6,18±0,31	6,32±0,32	6,24±0,31
Метионин	13,01±0,65	12,24±0,61	12,17±0,61
Цистеин	8,09±0,40	9,19±0,46	10,11±0,51
Гистидин	2,28±0,11	2,09±0,10	1,32±0,07
Фенилаланин	4,18±0,21	4,25±0,21	4,15±0,21
Тирозин	5,02±0,25	5,34±0,27	5,10±0,26
Аргинин	5,89±0,29	6,06±0,30	6,01±0,30
Лизин	5,04±0,25	5,15±0,26	5,09±0,25
Всего:	85,60±4,28	89,06±4,45	85,25±4,26

Результаты исследования аминокислотного состава отходов потрошения свидетельствуют о том, что отходы потрошения богаты серосодержащими аминокислотами, такими как цистеин и метионин. Так, содержание цистеина составляет в среднем 9,13 мг/100 г образца, содержание метионина – 12,47 мг/100 г образца. Что касается других аминокислот, то высокое содержание отмечено для аспарагиновой кислоты (6,86 мг/100 г образца), серина (5,38 мг/100 г образца), глицина (6,52 мг/100 г образца), аланина (5,35 мг/100 г образца), лейцина (6,25 мг/100 г образца), тирозина (5,15 мг/100 г образца), лизина (5,09 мг/100 г образца), аргинина (5,99 мг/100 г образца).

Согласно данным табл. 2 наибольшие показатели для аминокислот наблюдаются в отходах потрошения, полученных от кур породы «Хайсекс Уайт». Отходы от этих кур богаты метионином, изолейцином, лейцином, тирозином. Худший аминокислотный состав наблюдается в отходах от кур породы «РОСС-708». Однако в сравнении с другими возможными источниками промышленного получения ферментативных гидролизатов отходы потрошения птицы являются легкодоступными и быстроусвояемыми.

Таким образом, данные по физико-химическому составу отходов потрошения, полученных от кур трех разных пород, позволяют рекомендовать данные отходы в качестве перспективного источника для получения ферментативно гидролизованного сырья.

Данные, полученные в результате исследований состава отходов потрошения, свидетельствуют о

том, что малоценные отходы потрошения птицы могут быть использованы в качестве перспективного сырья для получения высокобелковых кормов для сельскохозяйственных животных.

На основании избирательного ферментативного поиска по базе данных UniProt для гидролиза отходов потрошения птицы подобраны штаммы микроорганизмов: *Bacillus endophyticus* 2102, *Bacillus safensis* sp., *Bacillus pumilus* SAFR032, *Bacillus licheniformis* B-2986, *Streptomycesparvus* sp., *Streptomyces parvus* AC-1114. Данные штаммы обладают способностью к продуцированию ферментов и ферментных комплексов класса гидролаз. Для конструирования мультиферментной композиции была изучена протеолитическая активность путем измерения степень гидролиза белка. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследования протеолитической активности исследуемых штаммов микроорганизмов

Штамм	Значение показателя	
	Степень гидролиза, %	Протеолитическая активность, Е/мг белка
<i>Bacillus endophyticus</i> 2102	61,23±3,67	17,57±1,05
<i>Bacillus safensis</i> sp.	58,19±3,49	18,46±1,10
<i>Bacillus pumilus</i> SAFR032	53,91±3,23	20,64±1,24
<i>Bacillus licheniformis</i> B-2986	66,42±3,98	28,33±1,69
<i>Streptomycesparvus</i> sp.	57,66±3,46	16,18±0,97
<i>Streptomyces parvus</i> AC-1114	32,86±1,97	9,20±0,55

Результаты, представленные в табл. 3, показывают, что выбранные для гидролиза отходов потрошения птицы по базе данных UniProt штаммы микроорганизмов вырабатывают протеолитические ферменты с высокой активностью. Наименьшую степень гидролиза показал штамм микроорганизма *Streptomyces parvus* AC-1114, степень гидролиза его составила (32,86±1,97) %, а протеолитическая активность – (9,20±0,55) Е/мг белка. Штамм микроорганизма *Bacillus endophyticus* 2102 в ходе эксперимента показал степень гидролиза (61,23±3,67) %, а степень гидролиза у штамма *Bacillus licheniformis* B-2986 составила (66,42±3,98) %, у штамма *Bacillus safensis* sp. составила 58,19±3,49 %, у штамма *Bacillus pumilus* SAFR032 составила (53,91±3,23) %, у штамма *Streptomycesparvus* sp. составила (57,66±3,46) %. На основании результатов для дальнейших исследований выбираем следующие виды штаммов микроорганизмов: *Bacillus endophyticus* 2102, *Bacillus safensis* sp., *Bacillus pumilus* SAFR032, *Bacillus licheniformis* B-2986, *Streptomycesparvus* sp.

Следующий этап исследования был связан с изучением биосовместимости выбранных штаммов микроорганизмов. Для этого применяли метод совместного культивирования с применением плотной

питательной среды. Массовую долю микробиологической суспензии определяли таким образом, чтобы количество исследуемых микроорганизмов в

опыте составило следующие показатели $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г, $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г, $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г, $1 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Полученные результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Оценка биосовместимости штаммов с протеолитической активностью методом совместного культивирования на плотной питательной среде

Наименование штамма	Наименование штамма				
	<i>Bacillus endophyticus</i> 2102	<i>Bacillus safensis</i> sp.	<i>Bacillus pumilus</i> SAFR032	<i>Bacillus licheniformis</i> B-2986	<i>Streptomycesparvus</i> sp.
<i>Bacillus endophyticus</i> 2102	-	БС	БС	БС	БС
<i>Bacillus safensis</i> sp.	БС	-	БС	БС	БС
<i>Bacillus pumilus</i> SAFR032	БС	БС	-	БС	БС
<i>Bacillus licheniformis</i> B-2986	БС	БС	БС	-	БС
<i>Streptomycesparvus</i> sp.	БС	БС	БС	БС	-

Данными эксперимента на биосовместимость (табл. 4) показано, что выбраны для исследования штаммы микроорганизмов *Bacillus endophyticus* 2102, *Bacillus safensis* sp., *Bacillus pumilus* SAFR032, *Bacillus licheniformis* B-2986, *Streptomycesparvus* sp. Следовательно, штаммы микроорганизмов подобраны таким образом, что рост и выпуск ферментов одним штаммом не обладает антагонистическим действием по отношению к другим штаммам.

Совокупный анализ результатов в соответствии с данными по химическому составу отходов, полученных после убоя и потрошения птицы позволил установить оптимальное соотношение подобранных культур для мультиферментной композиции – 1:1:3:3:2.

Подобранные микроорганизмы являются эффективными продуцентами внеклеточных ферментов (протеолитических, амилитических, кератинолитических, коллагенолитических и других внеклеточных комплексов ферментов). Подобная многоступенчатость позволяет обеспечивать глубокий гидролиз сложных органических соединений, входящих в состав отходов, полученных после потрошения птицы.

Условиями опыта для ферментных препаратов явились: температура (45 ± 2) °С, продолжительность 3 часа, концентрация 8,0 ед/г субстрата. Отходы потрошения птиц предварительно измельчали.

Полученные ферментативные гидролизаты отходов потрошения птицы были изучены на физико-химические свойства: массовая доля белка, массовая доля влаги, массовая доля жира, массовая доля сырой клетчатки, массовая доля кальция, массовая доля фосфора. Полученные результаты представлены в табл. 5.

Данные табл. 5 свидетельствуют о том, что максимальное содержание белка в пересчете на массовую долю влаги составляет 81,4 %, кальция – 11,2 % и фосфора – 9,2 %, что характерно для ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы, полученных в результате 24-часового гидролиза. Массовая доля жира, в пересчете на массовую долю влаги, во всех тестируемых образцах не превышает 2,3 %, массовая доля сырой клетчатки

не превышает 0,9 %. Также из табл. 5 следует, что по таким физико-химическим показателям, пересчитанным на массовую долю влаги, как массовая доля жира и сырой клетчатки, все ферментативные гидролизаты отходов потрошения птицы соответствуют ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

Таблица 5

Физико-химические свойства ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы

Наименование показателя	Значение показателя для образца		
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3*
Массовая доля влаги, %	94,5	95,8	97,2
Массовая доля белка, %	4,5/77,7	3,5/79,2	2,4/81,4
Массовая доля жира, %	0,10/1,7	0,10/2,3	0,06/2,0
Массовая доля сырой клетчатки, %	0,05/0,9	0,04/0,9	0,02/0,7
Массовая доля кальция, %	0,52/9,0	0,29/6,6	0,33/11,2
Массовая доля фосфора, %	0,25/4,3	0,22/5,0	0,27/9,2**

*образец № 1 – продолжительность гидролиза 2 ч, образец № 2 – продолжительность гидролиза 8 ч, образец № 3 – продолжительность гидролиза 24 ч; гидромодуль во всех вариантах равен 1:8; **числитель – без пересчета на массовую долю влаги; знаменатель – в пересчете на массовую долю влаги

По массовой доле кальция и фосфора, пересчитанной на массовую долю влаги, соответствует только 24-часовой ферментативный гидролизат. Что касается массовой доли белка, пересчитанной на массовую долю влаги, ни один из тестируемых гидролизатов не соответствует необходимой норме для производства кормовой добавки. Дальнейшие исследования будут направлены на очистку и обезжиривание ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы с целью повышения массовой доли белка.

Далее ферментативные гидролизаты, полученные из отходов потрошения птицы, были изучены

на параметры химической и биологической безопасности.

Токсичные элементы представляют собой весьма обширную и опасную группу веществ в токсикологическом отношении, которые при накоплении в организме способны отрицательно влиять на рост и развитие живого организма. К основным и наиболее опасным токсичным элементам, загрязняющим готовый продукт, относятся такие тяжелые металлы, как мышьяк, свинец, ртуть, кадмий, медь и цинк.

Ртуть обладает кумулятивным действием, т.е. способна накапливаться в организме. Механизм токсикологического действия данного металла свя-

зан с его способностью взаимодействовать и блокировать сульфгидрильные группы белков, инактивируя при этом жизненно необходимые ферменты. Самый распространенный токсикант – это свинец. Аналогично ртути данный металл способен блокировать сульфгидрильные группы белка с последующей инактивацией ферментов.

В ходе исследования изучали содержание в ферментативных гидролизатах отходов потрошения птицы свинца, кадмия, мышьяка, ртути, меди и цинка, афлатоксина В1, хлорорганических пестицидов, а также радионуклидов стронция-90 и цезия-137. Полученные результаты представлены в табл. 6.

Таблица 6

Показатели химической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы, полученных при оптимальных условиях гидролиза

Показатели безопасности	Норматив	Результаты испытаний			НТД на методы испытания
		Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	
Свинец, мг/кг	Не более 0,5	0,0015	0,0010	Не обнаружено	ГОСТ 26932-86
Кадмий, мг/кг	Не более 0,3	0,0020	0,0010	0,001	ГОСТ Р 51301-99
Мышьяк, мг/кг	Не более 1,0	0,050	0,030	0,020	ГОСТ 26930-86
Ртуть, мг/кг	Не более 0,2	0,0012	Не обнаружено	Не обнаружено	ГОСТ 53183-2008
Медь, мг/кг	Не более 80,0	5,0	15,0	7,0	ГОСТ 26931-86
Цинк, мг/кг	Не более 250,0	25,0	22,0	24,5	ГОСТ 26934-86
Содержание афлатоксина В ₁ , мг/кг	Не более 0,01	0,005	0,0080	0,0060	ГОСТ 31653-2012
Содержание ДДТ (сумма дихлордифенилтрихлорметилметана, дихлордифенилди-хлорметилметана, дихлордифенилди-хлорэтилена), мг/кг	Не более 0,05	0,010	0,010	0,0090	ГОСТ 32194-2013
Содержание эндосульфана (сумма альфа-, бета изомеров и эндосульфансульфата), мг/кг	Не более 0,1	0,050	0,010	0,025	ГОСТ 32194-2013
Содержание эндрина (сумма эндрина и дельта-кето-эндрина), мг/кг	Не более 0,01	0,0070	0,004	0,003	ГОСТ 32194-2013
Содержание гептахлора и гептахлорэпоксида, мг/кг	Не более 0,01	0,0050	0,0045	0,0060	ГОСТ 32194-2013
Содержание гексахлорциклогексана (сумма изомеров), мг/кг	Не более 0,01	0,0035	0,0025	0,0045	ГОСТ 32194-2013
⁹⁰ Sr, Бк/кг	Не более 200,0	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	ГОСТ 32163-2013
¹³⁷ Cs, Бк/кг	Не более 600,0	20,0	30,0	27,0	ГОСТ 32161-2013

Из табл. 6 следует, что содержание токсичных элементов и радионуклидов в тестируемых ферментативных гидролизатах отходов потрошения птицы не превышает нормируемых значений по данным показателям согласно ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

Микробиологические показатели характеризуют общую микробиологическую обсемененность готового продукта или наличие определенных групп

микроорганизмов, образующих в процессе жизнедеятельности токсины или ухудшающих качество продукта. При определении микробиологической безопасности ведут контроль за несколькими группами микроорганизмов:

- бактерии группы кишечной палочки (БГКП) и мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (КМАФАнМ);
- условно-патогенные микроорганизмы (*S. aureus*, *E. coli*, сульфатредуцирующие бактерии и др.);

– патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы;

– дрожжи и плесневелые грибы.

Контроль за микробиологическими показателями кормов всегда должен осуществляться должным образом во избежание пищевых отравлений, инфекционных болезней, токсикоинфекции, наносящих большой экономический ущерб птицеводству.

В связи с тем, что бактериальная обсемененность кормов сельскохозяйственной птицы является главной причиной отравления и возбудителем различных инфекционных заболеваний, далее исследовали микробиологические показатели ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 7.

Таблица 7

Микробиологические показатели ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы, полученных при оптимальных условиях гидролиза

Микробиологические показатели	Нормативы	Результаты испытаний			НТД на методы испытания
		Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ в 1,0 г не более	$5,0 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^1$	ГОСТ 25311-82, ГОСТ 10444.15-94
Масса продукта (г), в которой не обнаружены бактерии группы кишечной палочки (колиформы)	50,0	50,0	50,0	50,0	ГОСТ 25311-82, ГОСТ 30518-97
Масса продукта (г), в которой не обнаружены патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы	50,0	50,0	50,0	50,0	ГОСТ 25311-82, ГОСТ 30519-97
Масса продукта (г), в которой не обнаружены анаэробы (токсикообразующие)	50,0	50,0	50,0	50,0	ГОСТ 25311-82, ГОСТ 29185-91
Масса продукта (г), в которой не обнаружены <i>Proteus</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	ГОСТ 28560-90

Данные табл. 7 свидетельствуют о том, что по микробиологическим свойствам образцы ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы соответствуют ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

Таким образом, в ходе выполнения данной работы были получены следующие результаты.

1. Рассмотрен химический состав отходов потрошения (перопуховое сырье, железистые и мышечные желудки, головы, ноги, шеи, сердца, костная фракция, получаемая при ручной и механической обвалке тушек кур), полученного от кур разных пород «РОСС-708», «Хайсекс Уайт», «Кросс Смена» ООО «Кузбасский бройлер» (Кемеровская область, Россия). Отходы характеризовались содержанием массовой доли сырого протеина от 20,0 до 23,0 % и золы не более 2,0 %. Наибольшее содержание массовой доли белка (22,93 %) наблюдалось в отходах, полученных от кур породы «Хайсекс Уайт». По микроэлементному составу первое место также принадлежало отходам от кур породы «Хайсекс Уайт».

2. Изучен состав пептидных фракций и аминокислотного профиля. Большая половина всех выделенных белков приходилась на фракции с молекулярной массой от 60,0 до 55,0 кДа. В достаточном количестве в отходах потрошения содержались низкомолекулярные пептиды с молекулярной массой меньше 20 кДа. Согласно литературным источникам, данную белковую фракцию можно интерпретировать как α -кератин. Также были обнаружены белковые фракции с молекулярной массой 45,0–35,0 кДа, вероятно, представители β -кератинов. Результаты исследования аминокислотного состава отходов потрошения свидетельствуют о том, что

содержание цистеина составляет в среднем 9,13 мг/100 г образца, содержание метионина – 12,47 мг/100 г образца. Что касается других аминокислот, то высокое содержание отмечено для аспарагиновой кислоты (6,86 мг/100 г образца), серина (5,38 мг/100 г образца), глицина (6,52 мг/100 г образца), аланина (5,35 мг/100 г образца), лейцина (6,25 мг/100 г образца), тирозина (5,15 мг/100 г образца), лизина (5,09 мг/100 г образца), аргинина (5,99 мг/100 г образца). На основании данных аминокислотного и пептидного профили отходов потрошения птицы, а также протеолитической активности и биосовместимости штаммов была подобрана мультиферментная композиция, включающая в себя штаммы микроорганизмов *Bacillus endophyticus* 2102, *Bacillus safensis* sp., *Bacillus pumilus* SAFR032, *Bacillus licheniformis* B-2986, *Streptomyces parvus* sp. в соотношении 1:1:3:3:2.

3. Изучены физико-химические свойства ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы. Максимальное содержание белка в пересчете на массовую долю влаги составляло 81,4 %, кальция – 11,2 % и фосфора – 9,2 %, что характерно для ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы, полученных в результате 24-часового гидролиза. Массовая доля жира в пересчете на массовую долю влаги во всех тестируемых образцах не превышала 2,3 %, массовая доля сырой клетчатки не превышала 0,9 %. Таким образом по данным показателям все ферментативные гидролизаты отходов потрошения птицы соответствовали ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия». По массовой доле кальция и фосфора, пересчитанной на массовую долю влаги, соответствовал только 24-часовой

ферментативный гидролизат. Что касается массовой доли белка, пересчитанной на массовую долю влаги, ни один из тестируемых гидролизатов не соответствовал необходимой норме для производства кормовой добавки.

4. Определены показатели химической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы, полученных в ходе ферментативного гидролиза. Содержание токсичных элементов и радионуклидов в тестируемых ферментативных гидролизатах отходов потрошения птицы не превышало нормируемых значений согласно ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

5. Определены показатели микробиологической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы. По микробиологическим свойствам образцы ферментативных гидроли-

затов отходов потрошения птицы соответствовали ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения. Технические условия».

Работа была выполнена в рамках комплексного проекта, финансируемого Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках постановления Правительства 218 «Организация высокотехнологичного производства высокобелковых кормовых добавок и биодобавок на основе комплексной технологии переработки пуховые сырья и других малоценных отходов птицеводства» по государственному контракту №02.G25.31.0151 от 01.12.2015 года. Главной исполнитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)».

Список литературы

1. Долгов, В.А. Методологические аспекты ветеринарно-санитарной экспертизы продовольственного сырья и пищевой продукции / В.А. Долгов, С.А. Лавина // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2016. – № 3 (19). – С. 11–19.
2. Ефремова, А.А. Состояние и перспективы развития российского рынка мяса птицы в новых экономических условиях / А.А. Ефремова // Вестник Алтайской науки. – 2015. – № 3–4 (25–26). – С. 234–242.
3. Задачи по обеспечению ветеринарно-санитарной безопасности при производстве и реализации продукции животного происхождения в Российской Федерации / В.И. Дорожкин, М.П. Бутко, А.С. Герасимов, Т.Ф. Посконная, В.И. Белоусов // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2016. – № 1. – С. 6–16.
4. К вопросу безотходной переработки сырья птицеперерабатывающих производств и пути ее интенсификации / Е.А. Денисюк, И.А. Носова [и др.] // Вестник Нижегородской гос. сельскохозяйственной академии. – 2013. – Т. 3. – С. 323–328.
5. Мясо-костная мука - по новой технологии / В. Волик, С. Зиновьев, Д. Исмаилова, О. Ерохина // Животноводство России. – 2016. – № 4. – С. 9–11.
6. Дорожкин, В.И. Основные направления исследований, этапы становления и перспективы развития лаборатории токсикологии и санитарии кормов ВНИИВСГЭ / В.И. Дорожкин, Г.И. Павленко, Н.С. Крутько // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2015. – № 1 (13). – С. 76–80.
7. Повышение ресурса белка при переработке птицы / В.Г. Волик, О.Н. Ерохина, С.В. Зиновьев, Д.Ю. Исмаилова // Мясные технологии. – 2014. – № 9 (141). – С. 64–69.
8. Разработка системы безотходного производства продукции в условиях специализированных птицеводческих хозяйств / С.В. Семенченко, А.С. Дегтярь, И.В. Засемчук, А.П. Бахурец // Вестник Донского гос. аграрного у-та. – 2014. – № 4–1 (14). – С. 46–58.
9. Свойства гидролизатов кератинсодержащего сырья, полученных под действием консорциума микроорганизмов-деструкторов / О.В. Кригер, А.В. Изгарышев, И.С. Милентьева, П.В. Митрохин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2015. – № 2–3 (344–345). – С. 25–27.
10. Keratinase production and biodegradation of polluted secondary chicken feather wastes by a newly isolated multi heavy metal tolerant bacterium-Alcaligenes sp AQ05-001 / Y. Ibrahim, A.S. Aqlima, P.L. Yee и др. // Journal of environmental management. – 2016. – Vol. 183. – P. 182–195.

References

1. Dolgov V.A., Lavina S.A. Metodologicheskie aspekty veterinarno-sanitarnoy ekspertizy prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevoy produktzii [Methodological aspects of veterinary-sanitary expertise of food raw materials and food products]. *Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii* [Problems on Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology], 2016, vol. 16, no. 3, pp. 11–19.
2. Efremova A.A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya rossiyskogo rynka myasa ptitsy v novykh ekonomicheskikh usloviyakh [The state and development prospects of russian market of poultry meat in the new economic environment]. *Vestnik Altayskoy nauki* [Bulletin of the Altai Science], 2015, vol. 25–26, no. 3–4, pp. 234–242.
3. Dorozhkin V.I., Butko M.P., Gerasimov A.S., Posconnaya T.F., Belousov V.I. Zadachi po obespecheniyu veterinarno-sanitarnoy bezopasnosti pri proizvodstve i realizatsii produktzii zhivotnogo proiskhozhdeniya v Rossiyskoy Federatsii [Tasks for maintenance of veterinary-sanitary safety in the manufacture and sale of products of animal origin to the russian federation]. *Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii* [Problems on Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology], 2016, no. 1, pp. 6–16.
4. Denisyuk E.A., Nosova I.A., Guseynov K.T., Erakhtin K. Voprosu bezotkhodnoy pererabotki syr'ya pitsepererabatyvayushchikh proizvodstv i puti ee intensivatsii [On the issue of non-waste processing of raw materials of poultry processing industries and ways of its intensification]. *Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Vestnik of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy], 2013, vol. 3, pp. 323–328.
5. Volik V., Zinovyyev S., Ismailova D., Yerokhina O. Myaso-kostnaya muka - po novoy tekhnologii [Meat-and-bone meal: using a new technology]. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Livestock of Russia], 2016, no. 4, pp. 9–11.
6. Dorozhkin V.I., Pavlenko G.I., Krutsko N.S. Osnovnye napravleniya issledovaniy, etapy stanovleniya i perspektivy razvitiya laboratorii toksikologii i sanitarii kormov VNIIVSGE [Laboratory of toxicology and sanitation of feeds. The main trends in

the researches, stages of formation and perspectives of the development]. *Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii* [Problems on Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology], 2015, vol. 13, no. 1, pp. 76–80.

7. Volik V.G., Erokhina O.N., Zinov'ev S.V., Ismailova D.Yu. Povyshenie resursa belka pri pererabotke pititsy [Increase of the protein resource during poultry processing]. *Myasnye tekhnologii* [Meat technologies.], 2014, vol. 141, no. 9, pp. 64–69.

8. Semenchenko S.V., Degtyar A.S., Zasemchuk I.V., Bakhurets A.P. Razrabotka sistemy bezotkhodnogo proizvodstva produktsii v usloviyakh spetsializirovannykh pitsevodcheskikh khozyaystv [Development non-waste production system in the conditions of specialized poultry farms]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Don State Agrarian University], 2014, vol. 14, no. 4–1, pp. 46–58.

9. Kriger O.V., Izgaryshev A.V., Milenteva I.S., Mitrokhin P.V. Svoystva gidrolizatov keratinsoderzhashchego syr'ya, poluchennykh pod deystviem konsortsiума mikroorganizmov-destruktorov [Hydrolyzates properties of keratin-containing raw materials obtained under influence of microorganisms destructors consortium]. *Izvestia vuzov. Pishevaya tekhnologia* [News institutes of higher Education. Food technology], 2015, vol. 344–345, no. 2–3, pp. 25–27.

10. Yusuf I., Ahmad S.A., Phang L.Y., Syed M.A., Shamaan N.A., Abdul Khalil K., Dahalan F.A., Shukor M.Y. Keratinase production and biodegradation of polluted secondary chicken feather wastes by a newly isolated multi heavy metal tolerant bacterium-Alcaligenes sp AQ05-001. *Journal of environmental management*, 2016, no.183, pp.182–195.

Дополнительная информация / Additional Information

Характеристика физико-химических свойств и показателей химической и микробиологической безопасности ферментативных гидролизатов отходов потрошения птицы / Л.К. Асякина, В.Ф. Долганюк, И.С. Милентьева, С.Ю. Носкова, О.О. Бабич // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 5–14.

Asyakina L.K., Dolganuk V.F., Milenteva I.S., Noskova S.Yu., Babich O.O. Physico-chemical properties and indices of chemical and microbiological safety for enzyme hydrolysates of feather waste. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 5–14 (In Russ.).

© Асякина Людмила Константиновна

младший научный сотрудник НОЦ, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: alk_kem@mail.ru

© Долганюк Вячеслав Федорович

канд. техн. наук, старший научный сотрудник НОЦ, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: dolganuk_vf@mail.ru

© Милентьева Ирина Сергеевна

канд. техн. наук, доцент кафедры бионанотехнологии, к.т.н., ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: irazumnikova@mail.ru

© Носкова Светлана Юрьевна

канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: svykrum@mail.ru

© Бабич Ольга Олегова

д-р техн. наук, кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olich.43@mail.ru

© Lyudmila K. Asyakina

Junior Researcher of the Center of Research and Education, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: Alk_kem@mail.ru

© Vyacheslav F. Dolganuk

Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Center of Research and Education, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: dolganuk_vf@mail.ru

© Irina S. Milenteva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: irazumnikova@mail.ru

© Svetlana Yu. Noskova

Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: svykrum@mail.ru

© Olga O. Babich

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: olich.43@mail.ru



ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТАЛГАНА КАК КОМПОНЕНТА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, УЧИТЫВАЮЩИХ НАЦИОНАЛЬНЫЕ ТРАДИЦИИ ПИТАНИЯ

Д.М. Бородулин¹, М.Т. Шулбаева^{1,*}, О.Н. Мусина², Б.М. Шепиева¹

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

²ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия»,
656016, Россия, г. Барнаул, ул. Советской Армии, 66

*e-mail: sh-m-t@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 19.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Приоритетными направлениями в сфере пищевых производств являются разработка новых видов высококачественных пищевых продуктов, способов их производства, хранения и транспортировки. Объектом исследования – зерно ячменя и зерно пшеницы урожая 2016 года, выращенного на территории Таштыпского района Республики Хакасия. Установлены рациональные параметры и технологические режимы получения талгана повышенного качества. Изучено влияние тепловой обработки на химический состав зерна пшеницы и ячменя. Изучена кинетика изменения влажности измельченных фракций зерна. Получена регрессионная модель, позволяющая прогнозировать качество продукта. На основе полученных данных разработано аппаратное оформление технологической линии производства талгана улучшенным способом. Особенностью предлагаемой технологической схемы является ее легкая встраиваемость в современные существующие предприятия по переработке зерна. Приготовление талгана инновационным способом осуществляется следующим образом: зерна с оболочкой подвергают очистке от посторонних примесей на вибросите с магнитным улавливателем. Затем зерновую основу подвергают измельчению в вальцовом станке до размера частиц 0,35–0,65 мм. Очищенные от оболочек и измельченные зерновые культуры порционно направляют в обжарочный аппарат на 2–3 минуты, при температуре 110 °С. Вследствие того, что тепловой обработке подвергается измельченное (в 3–4 раза) зерно, сокращается его время пребывания в обжарочном аппарате в 2 раза, оставляя все ценные компоненты в готовом продукте. Далее продукт и измельченные композиции дополнительных компонентов поступают в смеситель, в котором перемешиваются до однородной сыпучей массы. Готовый зерновой продукт подается в фасовочный аппарат. Талган предназначен для использования в рецептуре новых или традиционных пищевых изделий, что позволит целенаправленно изменить химический состав комбинированных продуктов и повысить в них содержание ряда эссенциальных нутриентов, таких как белок, углеводы, витамины, минеральные вещества.

Ключевые слова. Традиции питания, инновационный способ, термомеханическая обработка зерна, кривые сушки, технологическая схема, талган

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF TALGAN PRODUCTION AS A COMPONENT OF FUNCTIONAL FOODS TAKING INTO ACCOUNT NATIONAL TRADITIONS OF NUTRITION

D.M. Borodulin¹, M.T. Shulbaeva^{1,*}, O.N. Musina², B.M. Shepieva¹

¹Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

²Siberian Research Institute of Cheese Making,
66, Sovetskoi Armii Str., Barnaul, 656016, Russia

*e-mail: sh-m-t@yandex.ru

Received: 19.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. Priority directions in the food production sphere are the development of new types of high quality food products, their production methods, storage and transportation. The objects of study are barley grain and wheat grain of 2016 harvest grown on the territory of the Tashtypsky district of the Republic of Khakassia. Rational parameters and technological modes for the production of improved talgan have been established. The influence of heat treatment on the chemical composition of wheat and barley grain has been studied. Kinetics of the change in moisture content of crushed grain fractions has been investigated. The regression model has been obtained which enables us to predict the product quality. The system of apparatuses of the talgan production line has been developed using the improved method on the basis of the data obtained. The characteristic of the proposed technological scheme is its easy integration into modern grain processing enterprises. Talgan production with the innovative method is carried out as follows:

grain in shell is subjected to cleaning from foreign impurities on a vibrating screen with magnetic catcher. Then, the grain base is ground in a roller machine to a particle size of 0.35- 0.65 mm. Free from shells ground grain cultures are sent by portions to the cereal fryer for 2-3 minutes, at the temperature of 110 °C. Since the ground grain is subjected to heat treatment (3-4 times), the time in the cereal fryer is halved, leaving all the valuable components in the finished product. Further, the product and the ground compositions of the additional components are fed to a mixer in which they are mixed to a homogeneous dry mass. The finished grain product is fed to the filling machine. Talgan is intended for use in recipes of new or traditional foods. It will enable to change the chemical composition of combined food products and increase the content of a number of essential nutrients, such as protein, carbohydrates, vitamins and minerals.

Keywords. Food traditions, innovative method, thermomechanical grain processing, drying curves, technological scheme, talgan

Введение

Оптимизация структуры питания, повышение его качества и безопасности являются одной из важнейших и приоритетных задач государственной политики. Здоровье человека зависит от многих факторов: экологии, наследственности, вредных привычек, от ежедневно потребляемых продуктов питания. В этой связи безопасность и качество продуктов питания можно отнести к основным факторам, определяющим здоровье нации. Интерес научной общественности к проблемам питания диктуется социальными, экономическими и медицинскими аспектами, наличием в мире значительного недостатка пищевых ресурсов, постоянством действия и определяющим влиянием фактора питания на состояние здоровья населения и, разумеется, возможностью существенного исправления сложившегося положения при условии использования рекомендаций и практических выводов науки о питании [1, 2]. Создание продуктов питания массового потребления повышенной пищевой и биологической ценности, а также продуктов профилактического и диетического назначения требует расширения и совершенствования сырьевой базы. Одним из таких направлений может стать производство талгана по инновационной технологии.

В условиях, когда особенно важно сохранить достигнутый в последние годы уровень потребления продуктов питания, возрастает роль пищевых ингредиентов, полученных по улучшенным, инновационным технологиям. С помощью таких технологий можно добиться более глубокой переработки и бережного использования сельхозсырья, усовершенствовать технологический процесс, повысить качество продуктов питания, оптимизировать стоимость продукции. Специалисты пищевой и перерабатывающей промышленности надеются с помощью таких ингредиентов обеспечить потребности населения в энергетически полноценных, физиологически функциональных, сбалансированных, оптимальных по цене продуктах питания. В течение ряда лет отечественными и зарубежными авторами проводятся исследования по разработке научных и практических основ создания продуктов, характеризующихся оптимальным с точки зрения науки о питании соотношением компонентов [3, 4]. Продукты переработки зерна традиционно широко используются в нашем питании. Национальная кухня – это часть народной культуры, она отражает особенности уклада жизни населения.

В соответствии с мировыми тенденциями развития сельского хозяйства стоимость продуктов животного происхождения неуклонно повышается.

Отчасти пищевые потребности человека в белке могут быть удовлетворены за счет продуктов из растительного сырья. Из-за наличия достаточного количества сырья предпочтение отдается соевым и пшеничным белкам, однако сегодня все больше появляется исследований, посвященных переработке зернобобовых (горох, чечевица, фасоль, нут, люпин), хлебных крупяных культур (рожь, овес, ячмень, тритикале), масличных (рапс, лен, кунжут, подсолнечник), псевдозлаковых (амарант), зеленых частей растений, отходов переработки фруктов, ягод, орехов [2]. Продукты из зерна – один из основных источников углеводов, растительных белков, витаминов группы В, макро- и микроэлементов, пищевых волокон [5, 6, 7]. Однако белки растений являются неполноценными и несбалансированными по аминокислотному составу. В мировой практике одним из распространенных способов корректировки состава продуктов стало комбинирование в рационе продуктов растительного и животного происхождения [8, 9, 14–17]. Особый интерес в этом отношении представляют зерновые, зернобобовые культуры и молочные белки [2, 5–9]. Это обеспечивает возможность взаимного обогащения получаемых продуктов эссенциальными ингредиентами, а также позволяет регулировать их состав в соответствии с основными требованиями науки о питании. В продуктах со сложным сырьевым составом молочное и растительное сырье используется в различных сочетаниях, что позволяет придавать этим продуктам требуемые функциональные свойства, учитывать привычки и традиции в культуре питания населения разных регионов.

Одно из традиционных хакасских блюд – это талган (в другой транскрипции – талкан), приготовленный из обжаренных и измельченных особым способом зерен ячменя, пшеницы [10, 11]. С древности талган служит продуктом повседневного питания хакасов. И в наши дни у хакасов талган пользуется большой популярностью. Среди других народностей, населяющих Алтай, также широко распространено национальное блюдо талган (талган). Оно представляет собой муку из обжаренных зерен ячменя, протертых между двух камней с плоскими гранями. Использование муки из поджаренных зерен проса, ячменя, пшеницы, овса и кукурузы широко встречается у тюрко-монгольских народов Южной Сибири и Центральной Азии [10]. Талган очень удобен для питания охотников, чабанов, строителей, туристов, надолго уезжающих из дома. Основная особенность хакасской кухни – активное сочетание талгана с различными продук-

тами (молоко, айран, простокваша, пахта, сливочное или топленое масло). В настоящее время талган употребляют как в виде каши, так и в качестве добавки к различным продуктам (чай, йогурт, кефир, котлеты, выпечка, супы, десерты и т.д.). В составе талгана [12, 13] от 9,8 до 10,5 % белка, массовая доля жира в нем колеблется от 1,3 до 2,0 %, причем в состав липидов входят и ненасыщенные жирные кислоты. Из углеводов в нем содержится 60 % крахмала, 7,75 % пентозанов и около 10 % пищевых волокон. В минеральный состав входят (мг/100 г): натрий – 10–15; калий – 147–205; фосфор – 275–343; кальций – 58–80. Из витаминов присутствуют E, B₁, B₂, PP.

Формирование свойств новых пищевых продуктов, содержащих сырье животного и растительного происхождения, на современном этапе развития науки можно осуществлять с применением принципа пищевой комбинаторики, заключающейся в обоснованном количественном подборе компонентов сырья и добавок, обеспечивающих комплекс заданных органолептических и функциональных характеристик путем оптимизации состава готового продукта по результатам анализа сочетаний отдельных пищевых ингредиентов [2].

Таким образом, актуальным является направление по комбинированию с молочной основой талгана, полученного по новой улучшенной технологии, что позволит целенаправленно изменить химический состав комбинированных продуктов и повысить в них содержание ряда эссенциальных нутриентов, таких как белок, углеводы, витамины, минеральные вещества. Талган, полученный по инновационной технологии, предназначен для использования в рецептуре новых или традиционных пищевых изделий. При минимальной обработке и максимальном сохранении ценных свойств исходного зерна талган может быть использован в рецептуре целого ряда продуктов, обладающих лечебно-профилактическими и функционально-технологическими свойствами.

В традиционной технологии талгана предусмотрена термическая обработка зерен (ячменя, пшеницы) с последующим их измельчением. Традиционный способ приготовления талгана включает в себя следующие технологические этапы:

- зерна ячменя/пшеницы с оболочкой подвергают очистке от посторонних примесей на зерноочистительных сепараторах или на виброситах с магнитными улавливателями;
- сепарированный или очищенный от оболочек ячмень/пшеницу направляют в накопительный бункер с дозатором и оттуда порционно подают в обжарочный аппарат;
- зерно подвергается термической обработке (обжарке) на протяжении 10 минут при 150 °С;
- обжаренные зерна после выгрузки из обжарочного аппарата поступают в стабилизатор-накопитель, где они охлаждаются;
- зерна подвергаются измельчению в вальцовом станке до размера частиц 0,25–0,7 мм.

Недостатком данного способа авторы считают длительную термообработку при высокой температуре, приводящую к повышенным энергозатратам и частичному разрушению биологически активных веществ, микро- и макронутриентов зерна.

Предлагаемая инновационная технология предполагает поменять порядок следования этих технологических этапов: сначала измельчать зерно, а затем его термообрабатывать. Гипотеза авторов состоит в том, что такой подход позволит сократить время термической обработки при одновременном повышении качества и пищевой ценности получаемого талгана – мелкие частицы требуют более щадящего воздействия повышенных температур, что позволит сохранить биологически активные вещества зерна и сэкономить трудовые и энергетические ресурсы. Глубокая переработка растительного сырья и получение на его основе сухих порошкообразных ингредиентов является одним из наиболее эффективных способов компактного транспортирования и организации длительного хранения продуктов, исключая потери и снижение качества. Кроме того, использование местного сырья для производства новых комбинированных продуктов позволит решить актуальный вопрос импортозамещения, не зависеть от колебаний цен на мировом рынке, работать с местными сельхозпроизводителями, выпускать востребованную продукцию.

Целью работы является установление режимов и параметров получения талгана повышенного качества и разработка на основе полученных данных инновационной технологии выработки талгана.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – зерно ячменя и зерно пшеницы урожая 2016 года, выращенного на территории Таштыпского района Республики Хакасия.

Для проведения экспериментальных исследований был разработан опытно-исследовательский стенд, представленный на рис. 1. Зерно измельчали до крупности частиц от 1 до 5 мм на вальцовом станке. Для проведения термической обработки измельченного зерна использовали конвективную сушилку, позволяющую регулировать температуру сушильного агента в диапазоне от 50 до 200 °С. В опытах температуру сушильного агента меняли от 150 до 190 °С с шагом 10 °С. Высушиванию подвергалась навеска 2 грамма. Измерение влажности продуктов измельчения зерна проводили в соответствии с методикой, описанной в ГОСТ 13586.5-2015 «Зерно. Метод определения влажности». Термическую обработку навесок измельченного зерна вели до постоянной массы (достижение равновесной влажности), при этом изменение массы навески фиксировалось и заносилось в журнал наблюдений ежеминутно. Эксперименты проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку осуществляли встроенными средствами Microsoft Excel, а также с помощью программы комплексного статического анализа «Statistika», модулей «Промышленная статистика», «Нелинейное оценивание» и «Общие регрессионные модели».

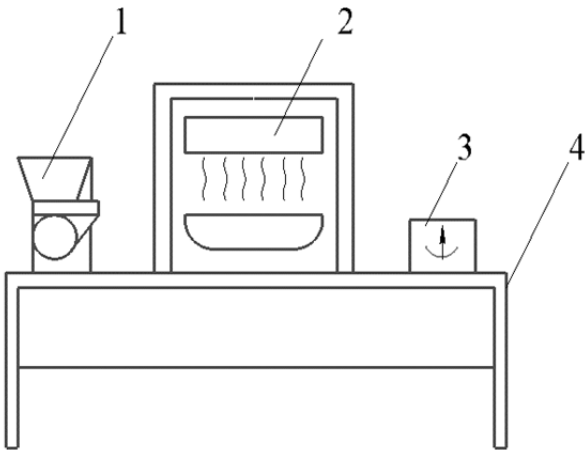


Рис. 1. Лабораторно-исследовательский стенд:
1 – вальцовый станок, 2 – конвективная сушилка,
3 – весы; 4 – стол

Обработка зерна для получения талгана осуществляется в следующей последовательности:

- очистка зерна от примесей на сите диаметром 2–3 мм;
- получение доброкачественных зерна сходом сита с диаметром 1,5 мм;
- измельчение зерна до размеров 1 мм; 2 мм; 3 мм; 4 мм; 5 мм;
- подготовка навесок по 2 грамма;
- термообработка продуктов измельчения зерна в конвективной сушилке при температурах 150 °С; 160 °С; 170 °С; 180 °С; 200 °С с экспозицией от 15 до 50 минут;
- охлаждение полученного талгана до температуры, не превышающей температуру воздуха окружающей среды более, чем на 6–8 °С.

Результаты и их обсуждение

Предварительными исследованиями было установлено, что из исследуемого диапазона температур оптимальное воздействие на зерно оказывает сушильный агент с температурой 160–170 °С с продолжительностью воздействия 12–15 минут. При этом талган приобретает золотистый цвет и приятный, характерный запах. Увеличение температуры до 180–190 °С приводит к потемнению зерна до темно-коричневого цвета и образования выраженного горелого запаха. А использование агента сушки с температурой 150 °С вызывает неоправданное удлинение технологического процесса, при этом продукт термомеханической обработки зерна не отличается по цвету и запаху от исходного зерна. Кинетика изменения влажности измельченных фракций зерна описывается регрессионным уравнением (1):

$$W_c = 0,0458 \cdot \tau^2 - 1,1954 \cdot \tau + 7,747 \quad (1)$$

где W_c – влажность измельченного зерна, %; τ – продолжительность термической обработки (конвективной сушки), мин.

Регрессионная модель процесса описывается уравнением (2):

$$W_p = -7,9271 + 0,2203 \cdot d + 0,0918 \cdot t - 0,0002 \cdot t \cdot d - 0,0317 \cdot d^2 - 0,0003 \cdot t^2 \quad (2)$$

где W_p – равновесная влажность, %; t – температура агента сушки, °С; d – средний размер частиц измельченного зерна, мм.

Установлено, что регрессионная модель значима и адекватна [11]. Графическая интерпретация модели представлена на рис. 2. Модель получена с помощью инструмента «Регрессия поверхности смеси», предназначенного специально для анализа экспериментов по смешиванию, модуля «Нелинейные модели». Модель может быть использована для прогнозирования влажности образцов измельченного зерна при соблюдении условий постановки эксперимента, известных размерах части и температуре сушки при конвективной термообработке полуфабриката талгана.

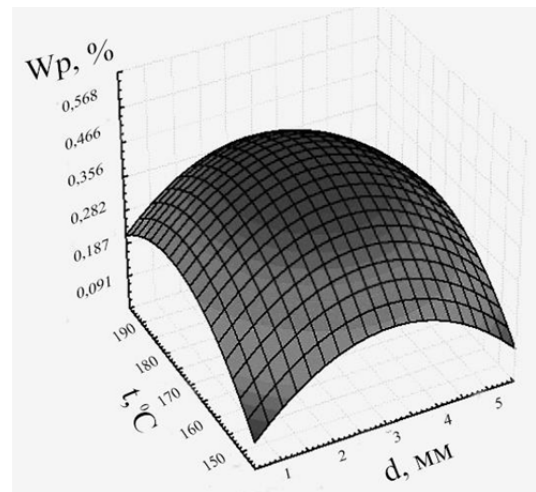


Рис. 2. Зависимость равновесной влажности измельченного зерна ячменя от размера частиц и температуры сушильного агента

Таблица 1

Характеристика химического состава пшеничного талгана до и после обработки (размер частиц 2 мм)

Компонент	Содержание компонента до обработки, %	Содержание компонента после сушки, %	
		при $t=160$ °С	при $t=200$ °С
Вода	14,0±0,1	7,00±0,1	4,50±0,01
Белок	11,8±0,1	9,8±0,1	9,56±0,01
Жир	4,2±0,1	1,30±0,1	0,8±0,01
Углеводы:			
крахмал	64,4±0,1	65,20±0,1	65,35±0,1
сахар	3,00±0,05	2,48±0,05	0,98±0,05
пищевые волокна	2,00±0,05	1,75±0,05	1,72±0,05
Минеральные вещества	3,50±0,05	3,20±0,05	3,40±0,05

Проведено исследование сырья (зерно пшеницы) и продукта, полученного термомеханической обработкой зерна по описанному выше способу (талгана). Данные представлены в табл. 1.

В результате данной обработки происходит изменение химического состава зерна пшеницы: снижается содержание белка от 2 до 2,24 %; содержание жира уменьшается примерно в 3 раза. При этом увеличивается содержание крахмала с 64,4 до 65,35 %, также претерпевают изменения минеральные вещества. Снижение содержания углеводов, вероятно, объясняется следующим. Углеводы пшеницы представлены в основном крахмалом, который в результате термической обработки может частично разрушаться до декстринов, обладающих лучшей усвояемостью. Процесс термической обработки пшеницы играет важную роль в формировании вкуса, цвета и аромата, в частности за счет протекания реакции меланоидинообразования и карамелизации сахаров. Моносахара, представленные пентозанами, и сахара могут вступать в реакцию карамелизации с образованием фурфурола, муравьиной и леулиновой кислот. При реакции карамелизации происходит альдольная конденсация карбонильных соединений, которые далее переходят в безазотистые коричневые полимеры. В результате термической обработки также происходит инактивация ингибиторов ферментов, в частности, многих протеиназ, что повышает усвояемость всех пищевых нутриентов.

Таким образом, при измельчении и в процессе сушки зерно теряет часть белка, происходят изменения жировой фракции пшеницы, происходят изменения с углеводами и уменьшается содержание влаги.

Типичные кривые изменения влажности в процессе конвективной сушки измельченного зерна при различных температурах даны на рис. 3 (в качестве примера кривые приведены для размера частиц зерна 2 мм и трех температур агента сушки). Анализ приведенных кривых показывает, что при температуре 150 °С пшеница достигает равновесной влажности за 11 минут (при этом зерно приобретает светло-коричневый с золотистым оттенком цвет, а также приятный вкус и аромат). При температуре 200 °С пшеница достигает равновесной

влажности за 7 минут, но при этом приобретает горелый запах, что является неприемлемым в талгане. Таким образом установлено, что оптимальный режим сушки для зерна измельченного до размера частиц 2 мм составляет 160–170 °С, продолжительность сушки около 9 минут.

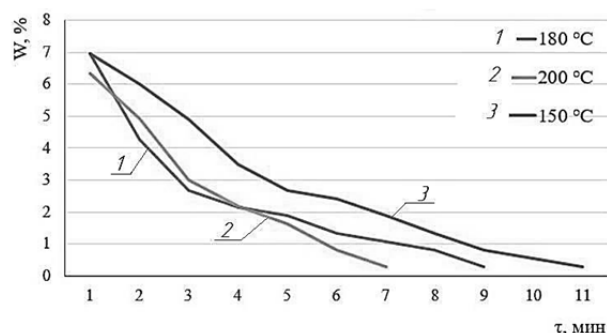


Рис. 3. Кривые сушки (размер частиц зерна 2 мм)

Аналогичные кривые сушки для размера частиц зерна 5 мм приведены на рис. 4. Поскольку в данном случае частицы крупнее, то равновесной влажности они достигают несколько дольше, чем в первом случае – от 10 до 27 мин. Однако поведение и характеристики получающегося талгана аналогичны предыдущему варианту. Таким образом, подтверждено, что оптимальный режим сушки для зерна измельченного до размера частиц 5 мм также составляет 160–170 °С, хотя достижение равновесной влажности требует большего времени (около 15 мин).

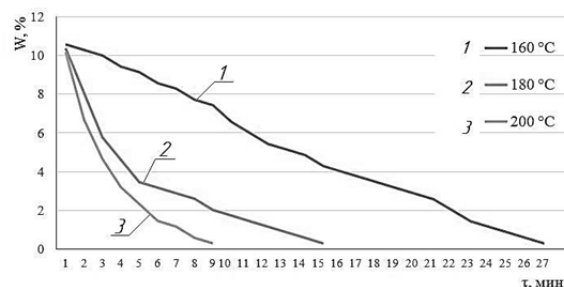


Рис. 4. Кривые сушки (размер частиц зерна 5 мм)

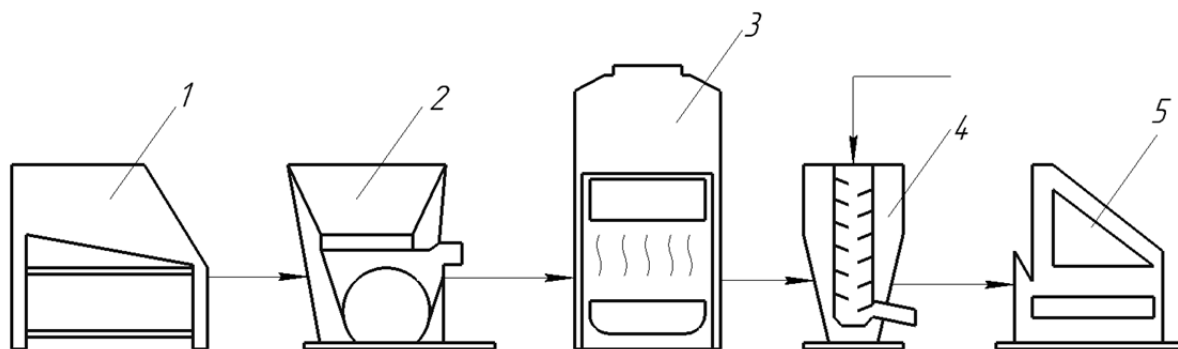


Рис. 5. Аппаратурно-технологическая схема производства талгана по инновационной технологии:
1 – вибросито с магнитными улавливателями; 2 – вальцовый станок; 3 – обжарочный аппарат;
4 – смеситель; 5 – фасовочный аппарат

Разработана аппаратно-технологическая схема получения талгана, представленная на рис. 5. Характерной особенностью предлагаемой схемы является ее легкая встраиваемость в современное существующее предприятие по переработке зерна – все виды оборудования являются серийно-выпускаемыми, хорошо известными в отрасли, не требуют дополнительного обучения персонала и привлечения финансовых ресурсов для приобретения дорогостоящих импортных комплектующих.

По материалам исследований оформлена и подана в Роспатент заявка на изобретение «Способ производства сухого зернового продукта». Согласно изобретению приготовление талгана инновационным способом осуществляется следующим образом: зерна с оболочкой подвергают очистке от посторонних примесей на вибросите с магнитным улавливателем. Затем зерновую основу подвергают измельчению в вальцовом станке до размера частиц 0,35–0,65 мм. Очищенные от оболочек, измельченные зерновые культуры порционно направляют в обжарочный аппарат на 2–3 минуты при температуре 110 °С. Вследствие того, что тепловой обработке подвергается измельченное в 3–4 раза зерно, сокращается его время пребывания в обжарочном аппарате в 2 раза, оставляя все ценные компоненты в гото-

вом продукте. Далее продукт и измельченные композиции дополнительных компонентов поступают в смеситель, в котором перемешиваются до однородной сыпучей массы. Готовый зерновой продукт подается в фасовочный аппарат и далее к потребителю. При данных технологических условиях продукт приобретает светло-коричневый с золотистым оттенком цвет, а также приятный вкус и аромат.

Таким образом, полученные композиции имеют мелкозернистую, рассыпчатую структуру, легко взаимодействуют с вязкими и жидкими компонентами, равномерно распределяясь в них и способствуя более быстрому ее структурообразованию, а в кисломолочных продуктах (йогурт, кефир, ряженка) таган равномерно смешивается и стабилизирует массу. Использование талгана в качестве компонента позволяет повысить лечебно-профилактические свойства продукта. Заявка успешно прошла формальную экспертизу и экспертизу по существу, Роспатентом было принято положительное решение о выдаче патента на изобретение. Инновационная технология получения талгана соответствует всем критериям, предъявляемым к изобретениям, а именно – мировой новизне, высокому изобретательскому уровню, промышленной применимости.

Список литературы

1. Consumers' associations with wellbeing in a food-related context: A cross-cultural study / G. Aresa, L. Saldamando, A. Giménez, A. Claret, L.M. Cunhac, L. Guerrerob, A.P. Mourad, D. Oliveirae, R. Symoneaux, R. Delizag // *Food Quality and Preference*. – 2014. – № 6. DOI: 10.1016/j.foodqual.2014.06.001.
2. Мусина, О.Н. Формула молочно-зерновых продуктов / О.Н. Мусина // *Молочная промышленность*. – 2011. – № 5. – С. 70–71.
3. Борисенко, Л.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование получения нутриентнобалансированных пищевых продуктов, блюд и рационов питания нового поколения / Л.А. Борисенко, А.А. Борисенко, А.А. Борисенко // *Наука-Парк*. – 2013. – № 6–2 (18). – С. 27–31.
4. Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: A case study / Olga Musina, Predrag Putnik, Mohamed Koubaa, Francisco J. Barba, Ralf Greiner, Daniel Granato, Shahin Roohinejad // *Trends in Food Science & Technology*. – Vol. 64. – June 2017. – P. 48–59. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.011>.
5. A dietary pattern characterized by high consumption of whole-grain cereals and low-fat dairy products and low consumption of refined cereals is positively associated with plasma adiponectin levels in healthy women / M. Yannakoulia, N. Yiannakouris, L. Melistas, M.D. Kontogianni, I. Malagaris, S. M. Christos // *Metabolism*. – 2008. – Vol. 57. – № 6. – P. 824–830. DOI: 10.1016/j.metabol.2008.01.027.
6. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review / D. Charalampopoulos, R. Wang, S.S Pandiella, C. Webb // *International Journal of Food Microbiology*. – 2012. – Vol. 79. – № 1–2. – P. 131–141. DOI: 10.1016/S0168-1605(02)00187-3.
7. Иванова, Г.В. Повышение пищевой ценности традиционных блюд коренных народов Севера: монография / Г.В. Иванова; ГОУ ВПО Красноярский гос. торгово-экономический ин-т. – Красноярск. – 2007. – 186 с.
8. Джамаева, А.Э. К вопросу расширения ассортимента напитков функционального назначения / А.Э. Джамаева // *Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова*. – 2016. – Т. 39. – № 2. – С. 150–153.
9. Жаркеев, М. Совершенствование линии для производства зерновых продуктов / М. Жаркеев // *Хлебопродукты*. – 2011. – № 5. – С. 46–47.
10. Горбатов, Л.В. Национальные традиции хакасов в сфере питания / Л.В. Горбатов // *Успехи современной науки*. – 2016. – № 4. – С. 62–65.
11. The generalized equation of creep talkan in conditions uniaxial compression in the closed volume / Y. Spandiyarov, M. Nemerebayev, A. Borankulova, B. Soltibaeva // *Механика и технологии*. – 2014. – № 3(45). – С. 131–135.
12. Спандияров, Е. Расчет пищевой ценности многокомпонентного талкана / Е. Спандияров, Т.Л. Аязбаев, Д.У. Кенжебеков // *Современный научный вестник*. – 2013. – Т. 4. – № 1. – С. 76–79.
13. Жаркеев, М.К. Исследование химического состава национального крупяного продукта талкан / М.К. Жаркеев // *Мельница-2011. Модернизация. Инновации. Техническое перевооружение: сб. материалов VI междунар. конференции*. – М.: Пищепромиздат, 2011. – С. 225–227.
14. Гращенков, Д.В. Разработка технологии и товароведная оценка мучных кулинарных изделий с использованием «талкана овсяного» / Д.В. Гращенков, О.В. Чугунова, О.В. Феофилактова // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2015. – № 2 (31). – С. 76–82.
15. Галеева, С.С. Производство рубленых полуфабрикатов из мяса птицы с добавлением растительного компонента – талкана / С.С. Галеева, А.Ф. Шарипова // *Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной про-*

дукции сельского хозяйства: сб. материалов Всероссийской научно-практ. конференции с междунар. участием. – Уфа, Изд-во Башкирского государственного аграрного университета. – 2013. – С. 10–11.

16. Яйцева, Н.Э. Применение талкана в технологии продуктов из мяса птицы / Н.Э. Яйцева, Е.А. Савинкова, О.Ю. Петров // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2016. – № 18. – С. 167–168.

17. Абдуллина, А.М. Разработка технологии производства йогурта с овсяным талканом / А.М. Абдуллина, С.Г. Канарейкина // Инновации, экобезопасность, техника и технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сб. материалов III Всероссийской научно-практ. конференции с междунар. участием. – Уфа, Изд-во Башкирского государственного аграрного университета. – 2012. – С. 120–121.

References

1. Aresa G., Saldamando L., Giménez A., Claret A., Cunhac L.M., Guerrerob L., Mourad A.P., Oliveirae D., Symoneaux R., Delizag R. Consumers' associations with wellbeing in a food-related context: A cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, 2014, no. 6. DOI: 10.1016/j.foodqual.2014.06.001.

2. Musina O.N. Formula molochno-zernovykh produktov [Formula of milk-cereal products]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2011, no. 5, pp. 70–71.

3. Borisenko L.A., Borisenko A.A., Borisenko A.A. Teoreticheskoe i eksperimental'noe obosnovanie polucheniya nutrient-nosbalansirovannykh pishchevykh produktov, blyud i ratsionov pitaniya novogo pokoleniya [Theoretical and experimental substantiation of obtaining nutrient-balanced foodstuffs, dishes and diets of a new generation]. *NaukaPark* [Science Park], 2013, vol. 18, no. 6–2, pp. 27–31.

4. Musina O., Putnik P., Koubaa M., Barba F.J., Greiner R., Granato D., Roohinejad Sh. Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: A case study. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, vol. 64, June, pp. 48–59. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.03.011.

5. Yannakoulia M., Yiannakouris N., Melistas L., Kontogianni M.D., Malagaris I., Christos S. M. A dietary pattern characterized by high consumption of whole-grain cereals and low-fat dairy products and low consumption of refined cereals is positively associated with plasma adiponectin levels in healthy women. *Metabolism*, 2008, vol. 57, no. 6, pp. 824–830. DOI: 10.1016/j.metabol.2008.01.027.

6. Charalampopoulos D., Wang R., Pandiella S.S., Webb C. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 2012, vol. 79, no. 1–2, pp. 131–141. DOI: 10.1016/S0168-1605(02)00187-3.

7. Ivanova G.V. Povyshenie pishchevoy tsennosti traditsionnykh blyud korennykh narodov Severa [Improving the nutritional value of traditional dishes of indigenous peoples of the North]. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Trade and Economic Institute Publ., 2007. 186 p.

8. Dzhamayeva A.E. K voprosu rasshireniya assortimenta napitkov funktsional'nogo naznacheniya [To the issue of expanding the range of drinks for functional purposes]. *Izvestiya Kyrgyzskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I.Razzakova* [News Kyrgyz State Technical University. I. Razzakov], 2016, vol. 39, no. 2, pp. 150–153.

9. Zharkeev M. Sovershenstvovanie linii dlya proizvodstva zernovykh produktov [Perfection of the line for the production of grain products]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2011, no. 5, pp. 46–47.

10. Gorbatov L.V. Natsional'nye traditsii khakasov v sfere pitaniya [National traditions of Khakas in the field of nutrition]. *Uspekhi sovremennoy nauki* [Successes of modern science], 2016, no. 4, p. 62–65.

11. Spandiyarov Y., Nemerebayev M., Borankulova A., Soltibaeva B. The generalized equation of creep talkan in conditions uniaxial compression in the closed volume. *Mekhanika i tekhnologii* [Mechanics and technology], 2014, vol. 45, no. 3, pp. 131–135.

12. Spandiyarov E., Ayazbaev T.L., Kenzhebekov D.U. Raschet pishchevoy tsennosti mnogokomponentnogo talkana [Calculation of the nutritional value of multicomponent talcane]. *Sovremennyy nauchnyy vestnik* [The Modern Scientific Herald], 2013, vol. 4, no. 1, pp. 76–79.

13. Zharkeev M.K. Issledovanie khimicheskogo sostava natsional'nogo krupyanogo produkta talkan [Study of the chemical composition of the national cereal product Talcans]. *Materialy VI mezhdunarodnoy konferentsii «Mel'nitsa-2011. Modernizatsiya. Innovatsii»* [Proc. of the Intern. Conf. «The Windmill-2011. Modernization. Innovation»]. Moscow, 2011, pp. 225–227.

14. Grashchenkov D.V., Chugunova O.V., Feofilaktova O.V. Razrabotka tekhnologii i tovarovednaya otsenka muchnykh kulinarnykh izdeliy s ispol'zovaniem «talkana ovsyanyog» [Development of technology and commodity evaluation of flour culinary products using "oatmeal fatcane"]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov* [Technology and Commodity Research of Innovative Food Products], 2015, vol. 31, no. 2, pp. 76–82.

15. Galeeva S.S., Sharipova A.F. Proizvodstvo rublenykh polufabrikatov iz myasa ptitsy s dobavleniem rastitel'nogo komponenta – talkana [Manufacture of chopped semi-finished products from poultry meat with the addition of the plant component – talcane]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Sostoyanie i perspektivy uvelicheniya proizvodstva vysokokachestvennoy produktsii sel'skogo khozyaystva»* [Proc. of the All-Russian Sci. Prac. Conf. «The state and prospects of increasing production of high-quality agricultural products»]. Ufa, 2013, pp. 10–11.

16. Yaitseva N.E., Sавинкова E.A., Petrov O.Yu. Primenenie talkana v tekhnologii produktov iz myasa ptitsy [Application of talcane in the technology of poultry products]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva* [Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products], 2016, no. 18, pp. 167–168.

17. Abdullina A.M., Kanareykina S.G. Razrabotka tekhnologii proizvodstva yogurta s ovsyanyim talkanom [Development of technology for production of yoghurt with oatmeal]. *Materialy III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Innovatsii, ekobezopasnost', tekhnika i tekhnologii v proizvodstve i pererabotke sel'skokhozyaystvennoy produktsii»* [Proc. of the All-Russian Sci. Prac. Conf. «Innovations, safety, technology and technologies in the production and processing of agricultural products»]. Ufa, 2012, pp. 120–121.

Дополнительная информация / Additional Information

Инновационная технология получения талгана как компонента функциональных пищевых продуктов, учитывающих национальные традиции питания / Д.М. Бородулин, М.Т. Шулбаева, О.Н. Мусина, Б.М. Шепиева // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 15–22.

Borodulin D.M., Shulbaeva M.T., Musina O.N., Shepieva B.M. Innovative technology of talgan production as a component of functional foods taking into account national traditions of nutrition. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 15–22 (In Russ.).

© **Бородулин Дмитрий Михайлович**

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-37, e-mail: borodulin_dmitri@list.ru

© **Шулбаева Маргарита Терентьевна**

канд. техн. наук, доцент кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-68, e-mail: sh-m-t@yandex.ru

© **Мусина Ольга Николаевна**

канд. техн. наук, доцент, ученый секретарь, заведующая сектором научно-технического анализа, ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия», 656016, Россия, г. Барнаул, ул. Советской Армии, 66, тел.: +7 (3852) 56-46-12, e-mail: sibniis.altai@mail.ru

© **Шепиева Бэлла Мухаматовна**

магистрант кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-68, e-mail: bella_krg@mail.ru

© **Dmitriy M. Borodulin**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-37, e-mail: borodulin_dmitri@list.ru

© **Margarita T. Shulbaeva**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-68, e-mail: sh-m-t@yandex.ru

© **Olga N. Musina**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Scientific Information' Analyses Department, Siberian Research Institute of Cheese Making, 66, Sovetskoi Armii Str., Barnaul, 656016, Russia, phone: +7 (3852) 56-46-12, e-mail: sibniis.altai@mail.ru

© **Bella M. Shepieva**

Undergraduate of the Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-68, e-mail: bella_krg@mail.ru



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕКТИНА В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА КОМБИНИРОВАННОЙ СЪЕДОБНОЙ ПЛЕНКИ

Д.Е. Быков, Н.В. Макарова, А.В. Демидова, Н.Б. Еремеева*

ФГБОУ ВО «Самарский государственный
технический университет»,
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

*e-mail: rmvnatasha@rambler.ru

Дата поступления в редакцию: 10.08.2017

Дата принятия в печать: 15.09.2017

Аннотация. В настоящее время актуальной задачей является разработка биodeградируемых составов, с целью выработки из них съедобных, не загрязняющих окружающую среду, покрытий и упаковочных материалов для пищевого сырья и продуктов питания. Съедобные пленки и покрытия, полученные из полисахаридов, белков и липидов, имеют ряд преимуществ, таких как биоразлагаемость, съедобность, биосовместимость, эстетичный внешний вид и барьерные свойства против кислорода. Пектин широко используется как компонент съедобной пленки, так как он обладает рядом положительных свойств: доступностью, простотой в переработке, низкой стоимостью. Целью данной работы является оценка органолептических свойств, структуры, влагопоглощения, механических характеристик для съедобных двухслойных пленок, полученных на основе яблочного пюре, первый слой которых в качестве пластификатора содержит пектин. Были изготовлены 6 образцов пленки с различными видами и содержанием пластификаторов. Все пленки имеют темно-золотой оттенок, характерный для яблочного пюре. Структура у всех образцов пленок однородная, губчатая. Все пленки обладают привкусом яблочного пюре. Для съедобной пленки с добавлением клетчатки во второй слой зафиксирована наиболее плотная структура с наименьшим количеством пузырьков. Аналогичная структура наблюдается для съедобной пленки на основе яблочного пюре с добавлением пектина в первый и второй слой. Высокие показатели водопоглощения пленок с ксантановой камедью и желатином во втором слое обеспечивают их пережевываемость. Пленки с добавлением пектина, агар-агара и каррагинана имеют достаточно высокие значения предела прочности (6,48, 6,07 и 6,87 МПа). На основании результатов проведенных исследований можно констатировать, что двойные съедобные пленки являются перспективным направлением развития технологии производства съедобных пленок.

Ключевые слова. Двойная съедобная пленка, пектин, яблочное пюре, пластификатор

THE USE OF PECTIN AS A COMPONENT FOR COMBINED EDIBLE FILMS

D.E. Bykov, N.V. Makarova, A.V. Demidova, N.B. Ereemeeva*

Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 443100, Russia

*e-mail: rmvnatasha@rambler.ru

Received: 10.08.2017

Accepted: 15.09.2017

Abstract. Currently, an urgent task is the development of biodegradable formulations for production of edible, non-polluting, coating and packaging materials for food raw materials and food products. Edible films and coatings derived from polysaccharides, proteins and lipids have several advantages such as biodegradability, edibility, biocompatibility, esthetic appearance, and barrier properties against oxygen. Pectin is widely used as a component of edible films since it has a number of positive properties: availability, easy processing, low cost. The aim of this work is to assess the organoleptic properties, structure, water absorption, mechanical characteristics of edible double-ply films obtained on the basis of apple puree. The first layer contains pectin as the plasticizer. Six samples with different film types and content of plasticizers have been prepared. All films have a dark golden hue, characteristic for apple puree. The texture of all film samples is homogeneous and spongy. All the films have a flavor of the apple puree. Edible films with added fiber in the second layer have the densest texture with the smallest number of bubbles. A similar texture is observed for edible film based on apple puree with added pectin in the first and second layers. High rates of water absorption of the films with xanthan gum and gelatin in the second layer provide the ability for their chewing. Films containing pectin, agar-agar and carrageenan have sufficiently high values of tensile strength (6.48, 6.07 and 6.87 MPa). Based on the results of the conducted research it can be stated that double-ply edible films are a promising direction for the development of technology of edible films production.

Keywords. Double-ply edible films, pectin, apple puree, plasticizer

Введение

В настоящее время актуальной научно-технической и народно-хозяйственной задачей является разработка биodeградируемых составов с

целью выработки из них съедобных, не загрязняющих окружающую среду, покрытий и упаковочных материалов для пищевого сырья и продуктов питания [1]. Съедобные пленки и покрытия, получен-

ные из полисахаридов, белков и липидов, имеют ряд преимуществ, таких как биоразлагаемость, съедобность, биосовместимость, эстетичный внешний вид и барьерные свойства против кислорода [2].

Пектин широко используется как компонент съедобной пленки, так как он обладает рядом положительных свойств: доступностью, простотой в переработке, низкой стоимостью и т.д.

Пектинами (*pektos* в переводе с греческого – свернувшийся, замерзший) называется группа высокомолекулярных гетерогликанов, входящих наряду с целлюлозой, гемицеллюлозой и лигнином в состав клеточных стенок и межклеточных образований высших растений, а также присутствующих в растительных соках. Растворимость пектинов в воде повышается с увеличением степени этерификации их молекул и уменьшением молекулярной массы.

Главное свойство, на котором основано применение пектинов в пищевых технологиях, это гелеобразующая способность.

Гелевая структура растворов пектинов образуется в результате взаимодействия пектиновых молекул между собой и зависит от особенностей строения молекулы – молекулярной массы, степени этерификации, характера распределения карбоксильных групп. Кроме того, на процесс гелеобразования влияют температура, pH среды и содержание дегидратирующих веществ.

На целом ряде фруктов (яблоко, черешни трех сортов, голубики, оливок) изучена [3] эффективность нескольких видов съедобных покрытий (сахарозы, глицерина, глюкозы, этилцеллюлозы, низкометоксилированного пектина) при осмотическом обезвоживании. Именно пектин показывает наилучшие результаты.

Для свеженарезанной дыни сорта *Piel de Sapo* применялось [4] съедобное покрытие из желатина, альгината, пектина. Дыню хранили 15 дней при 4 °С. В образцах дыни контролировали пропускание CO₂, O₂, этилена, химический состав (содержание витамина С, фенолов, антирадикальную активность по методу DPPH). Для сохранения витамина С, фенолов, антирадикальной активности лучшим было покрытие из желатина, а вот по изменению состава газовой атмосферы сложно выделить лидера.

Для пищевых пленок из пектина, пшеничной клейковины, хитозана, пуллулана, белка мышечных волокон изучена [5] проницаемость O₂ и CO₂. Селективность проницаемости пищевых пленок сравнены с синтетическими полимерными пленками.

Итальянские ученые получили [6] трехмерную пленку на основе соевой муки, пектина, трансглутаминазы. Структура пленки изучена методом электронной спектроскопии. Для диетического кекса болгарские ученые предложили [7] использовать съедобную пленку на основе пектина. Пектиновая пленка позволяет сохранить влажность кекса и его качество. Проведены эксперименты по анализу цветовых характеристик, гомогенности, прозрачности, прочности на разрыв, растяжимости, проницаемости для водяного пара для пленки из альгина-

та натрия, пектина или их смеси. Более эластичной и более прочной является пленка 50:50 % пектина и альгината, низкой водопроницаемостью обладает пленка из чистого альгината.

Все эти данные показывают большой интерес к пектину как компоненту съедобных пленок. Среди направлений исследования съедобных пленок отдельно можно выделить литературные ссылки по изучению их антиоксидантного действия.

Испанские ученые предложили [8] для увеличения срока годности сардин холодного копчения использовать покрытия на основе пленки из желатина с добавлением экстрактов из орегано или розмарина или с добавкой хитозана. Для сардин изучено изменение показателей окисления: перекисное число и тиобарбитуровые числа, содержание свободных радикалов жирных кислот. Пленки проявляют антимикробные и антиокислительные свойства.

Для пищевых продуктов с высоким содержанием липидов с включением в состав этих продуктов подсолнечного масла испанскими учеными предложено [9] использовать съедобную пленку на основе изолята сывороточного белка. Эти пленки предотвращают липидное окисление, что выражается в уменьшении перекисного числа.

Португальские ученые разработали [10] технологию производства съедобной пленки с антиоксидантным действием на основе хитозана с добавками кофейной кислоты и генипина. Антиоксидантную активность изучали по методу ABTS. Именно кофейная кислота увеличивает антиокислительные свойства пленок, но прочностные характеристики и эластичность выше для пленок с использованием генипина.

Целью данной работы является оценка органолептических свойств, структуры, влагопоглощения, механических характеристик для съедобных двухслойных пленок, полученных на основе яблочного пюре, первый слой которых в качестве пластификатора содержит пектин.

Объекты и методы исследования

Для получения яблочного пюре яблоки подвергали подготовке, предусматривающей инспекцию, сортировку, калибровку и мойку, удаляли несъедобные части (плодоножку, семенную камеру и кожуру), измельчали до пюреобразного состояния, пюре протирали, к полученной массе добавляли пластификатор (табл. 1) 0,1–5,0 % от массы яблочного пюре, равномерно распределяя по всему объему.

Таким образом получают первый и второй слой. Слой совместно вальцуют.

Двойную пленку сушат при температуре 55–70 °С в течение 1–3 часов, а затем охлаждают до комнатной температуры.

Были изготовлены 6 образцов пленки с различными видами и содержанием пластификаторов (табл. 1). Для полученных образцов пленки изучены органолептические характеристики, структура, водопоглощительная способность и прочностные свойства.

Таблица 1
Состав двойных пленок

Код	1 слой	2 слой
ЯП/П-ЯП/П	Яблочное пюре – пектин	Яблочное пюре – пектин
ЯП/П-ЯП/А		Яблочное пюре – агар-агар
ЯП/П-ЯП/КК		Яблочное пюре – ксантановая камедь
ЯП/П-ЯП/КМЦ		Яблочное пюре – КМЦ
ЯП/П-ЯП/КЛ		Яблочное пюре – клетчатка
ЯП/П-ЯП/Ж		Яблочное пюре – желатин
ЯП/П-ЯП/К		Яблочное пюре – каррагинан

Исследования органолептических показателей были проведены по ГОСТ 8756.1-79 [11].

Микроскопирование проводилось на лабораторном микроскопе Celestron Laboratory с линзой стократного увеличения по методу George J., Siddaramaiah [12].

Влагопоглощательная способность была определена для всех пленок по методу Gialamas H. с изменениями [13]. Образцы пленок помещали в дистиллированную воду и выдерживали при 23 °С в течение 30, 60, 90 мин. При 90 °С – в течение 30, 60,

90 мин. Определяли степень водопоглощения как отношение массы пленки после эксперимента к массе пленки до эксперимента в процентах.

Толщина пленки измерялась с помощью цифрового микрометра FİT 19909. Выполнялось пять измерений для каждой пленки: одно – в центре образца, четыре – на различных участках периметра пленки. Рассчитывалось среднее значение толщины пленки.

Испытание на растяжение пленочных материалов проводилось на лабораторном испытательном комплексе, включающем разрывную машину INSTRON-5988 со скоростью приложения нагрузки в больших пределах от 0,001 мм/мин до 508 мм/мин (Испытательная лаборатория по определению механических свойств и химического состава конструкционных материалов, научный сотрудник Горбунов А.Е.). Испытывались образцы шириной 10 мм при расстоянии между зажимами 150 мм. Определение деформационных свойств материалов с получением графика зависимости «нагрузка-перемещение», «напряжение-перемещение» и математическую обработку результатов проводили по программному обеспечению Bluehill 3. Исследования прочностных характеристик и толщины были проведены по ГОСТ Р 53226-2008 [14].

Результаты и их обсуждение

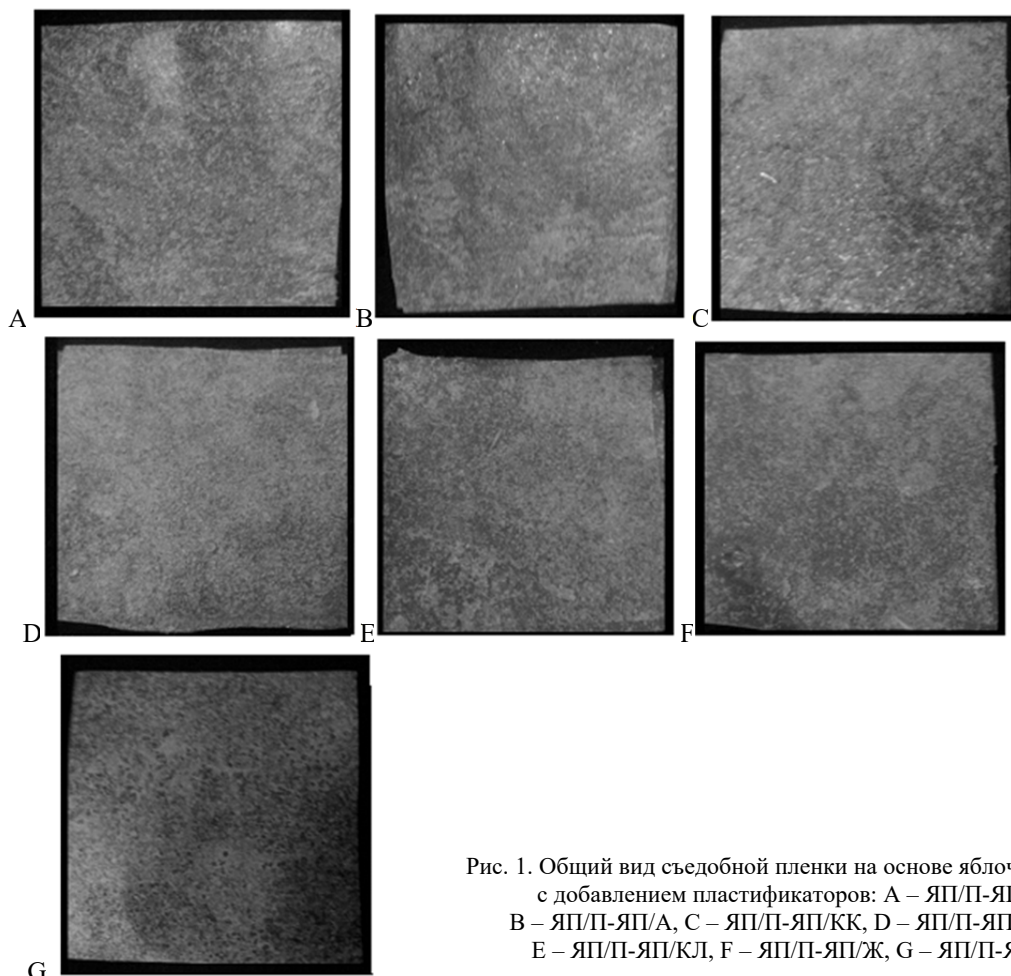


Рис. 1. Общий вид съедобной пленки на основе яблочного пюре с добавлением пластификаторов: А – ЯП/П-ЯП/П, В – ЯП/П-ЯП/А, С – ЯП/П-ЯП/КК, Д – ЯП/П-ЯП/КМЦ, Е – ЯП/П-ЯП/КЛ, F – ЯП/П-ЯП/Ж, G – ЯП/П-ЯП/К

Из рис. 1 видно, что все пленки имеют темно-золотой оттенок, характерный для яблочного пюре. Различие в оттенках цвета пленки незначительное. Структура у всех образцов пленок однородная, губчатая. Все пленки обладают привкусом яблочного пюре. Наиболее приемлемыми вкусовыми свойствами и пережевываемостью обладает пленка

с добавлением пектина в первый и второй слой. Для съедобной пленки с добавлением клетчатки во второй слой зафиксирована наиболее плотная структура с наименьшим количеством пузырьков. Аналогичная структура наблюдается для съедобной пленки на основе яблочного пюре с добавлением пектина в первый и второй слой (рис. 2).

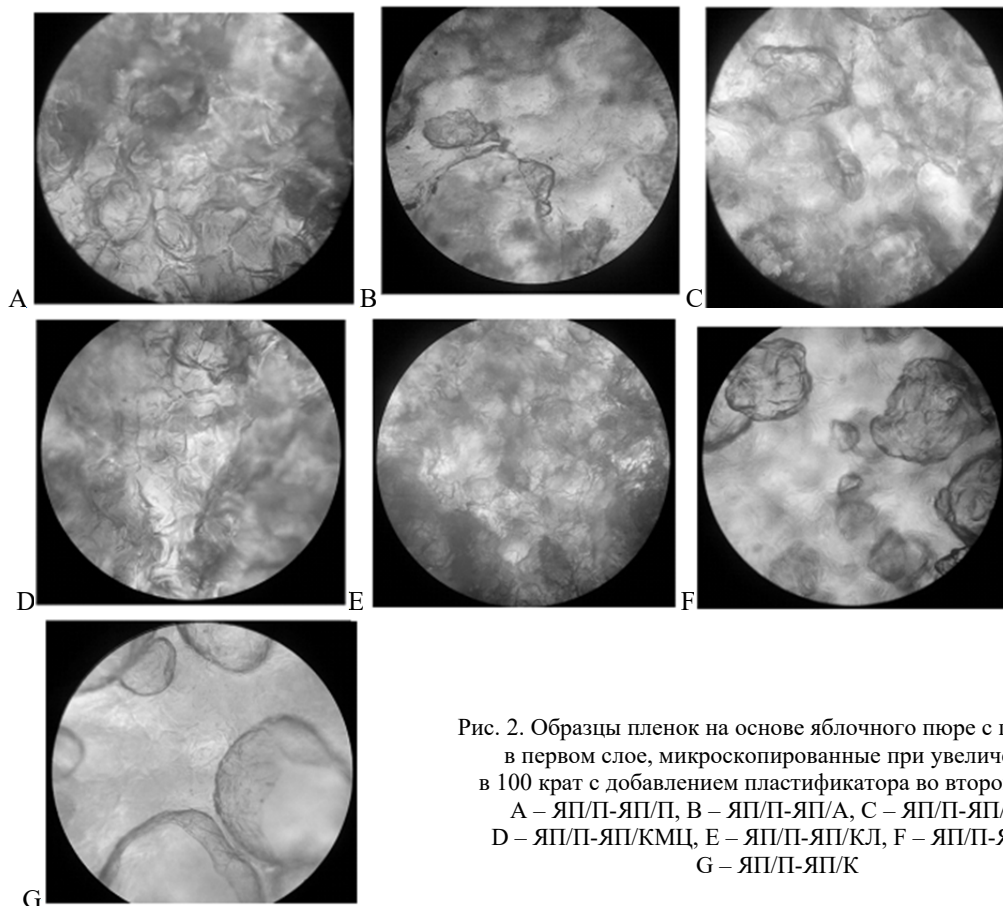


Рис. 2. Образцы пленок на основе яблочного пюре с пектином в первом слое, микроскопированные при увеличении в 100 крат с добавлением пластификатора во второй слой:
А – ЯП/П-ЯП/П, В – ЯП/П-ЯП/А, С – ЯП/П-ЯП/КК,
D – ЯП/П-ЯП/КМЦ, E – ЯП/П-ЯП/КЛ, F – ЯП/П-ЯП/Ж,
G – ЯП/П-ЯП/К

Таблица 2

Водопоглотительная способность двойных пленок, %

Код пленки	Условия (t, τ)					
	23 °С, 30 мин	23 °С, 60 мин	23 °С, 90 мин	40 °С, 30 мин	40 °С, 60 мин	40 °С, 90 мин
ЯП/П- ЯП/П	456	891	-*	654	-	-
ЯП/П- ЯП/А	489	-	-	885	-	-
ЯП/П- ЯП/КК	425	-	-	800	-	-
ЯП/П- ЯП/ КМЦ	377	468	-	874	-	-
ЯП/П- ЯП/КЛ	781	1026	-	994	-	-
ЯП/П- ЯП/Ж	883	-	-	1099	-	-
ЯП/П- ЯП/К	415	673	-	467	-	-

* образец растворился

Установлено, что значение показателя водопоглощения выше у съедобной пленки, во второй слой которой входит желатин, по сравнению с дру-

гими пленочными материалами (табл. 2). Высокие показатели водопоглощения пленок с ксантановой камедью, желатином во втором слое обеспечивают их пережевываемость.

Результаты физико-механических испытаний двухслойных пленок на основе яблочного пюре с разными пластификаторами представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние пектина в первом слое на физико-механические свойства пленочных материалов

Код пленки	Толщина пленки, мм	Предел прочности, МПа	Нагрузка при пределе прочности, Н
ЯП/П-ЯП/П	0,71	6,48	45,50
ЯП/П-ЯП/А	0,53	6,07	32,09
ЯП/П-ЯП/КК	0,72	4,70	43,36
ЯП/П- ЯП/КМЦ	0,48	4,48	18,86
ЯП/П-ЯП/КЛ	0,52	5,48	30,27
ЯП/П-ЯП/Ж	0,40	5,06	22,32
ЯП/П-ЯП/К	0,43	6,87	29,75

Три пленки имеют достаточно высокие значения прочности – это пленки с добавлением пектина, агар-агара и каррагинана. Тогда как прочностные характеристики других пленок приблизительно одинаковы.

Выводы

Все разработанные съедобные пленки обладают приемлемыми органолептическими свойствами и могут быть использованы. Однако, наиболее привлекательными товароведными характеристиками обладает пленка с пектином в обоих слоях двойной

пленки. Также именно пленки с пектином можно выделить как выдерживающие воздействие воды в течение более длительного промежутка времени и при более высоких температурах. Прочностные характеристики пленок также зависят от природы и содержания пластификатора. Именно пленки с пектином и каррагинаном во втором слое являются более прочными. На основании результатов проведенных исследований можно констатировать, что двойные съедобные пленки являются перспективным направлением развития технологии производства съедобных пленок.

Список литературы

1. Савицкая, Т.А. Съедобные пленки – будущее упаковки пищевых продуктов / Т.А. Савицкая, Л.А. Готина // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2015. – № 4. – С. 87–94.
2. Properties of some edible carbohydrate polymer coatings for potential use in osmotic dehydration / W. Camirand, J.M. Krochta, A.E. Pavlath, D. Wong, M.E. Cole // *Carbohydrate Polymers*. – 1992. – Vol. 17. – No 1. – P. 39–49. DOI 10.1016/0144-8617(92)90021-H.
3. Oms-Oliu, G. Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon / G. Oms-Oliu, R. Soliva-Fortuny, O. Martin-Belloso // *LWT – Food Science and Technology*. – 2008. – Vol. 41. – No 10. – P. 1862–1870. DOI:10.1016/j.lwt.2008.01.007.
4. Gontard, N. Influence of relative humidity and film composition on oxygen and carbon dioxide permeabilities of edible films / N. Gontard, R. Thibault, B. Cuq, S. Guilbert // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 1996. – Vol. 44. – No 4. – P. 1064–1069. DOI 10.1021/jf9504327.
5. Role of constituents on the network formation of hydrocolloid edible films / T. Giancone, E. Torrieri, P. Di Pierro, L. Mariniello, M. Moresi, R. Porta, P. Masi // *Journal of Food Engineering*. – 2008. – Vol. 89. – No 2. – P. 195–203. DOI 10.1016/j.jfoodeng.2008.04.017.
6. Baeva, M. Investigation of the retaining effect of a pectin-containing edible films upon the crumb ageing of dietetic sucrose-free sponge cake / M. Baeva, I. Panchev // *Food Chemistry*. – 2005. – Vol. 92. – No 2. – P. 343–348. DOI 10.1016/j.foodchem.2004.03.060.
7. Galus, S. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate end pectin / S. Galus, A. Lenart // *Journal of Food Engineering*. – 2013. – Vol. 115. – No 4. – P. 459–465. DOI 10.1016/j.jfoodeng.2012.03.006.
8. Effect of functional edible films and high pressure processing on microbial and oxidative spoilage in cold-smoked sardine (*Sardina pilchardus*) / J. Gomez-Estaca, P. Montero, B. Gimenez, M.C. Gomez-Guillen // *Food Chemistry*. – 2007. – Vol. 105. – No 2. – P. 511–520. DOI 10.1016/j.foodchem.2007.04.006.
9. Use of edible films based on whey protein isolate to protect foods rich in polyunsaturated fatty acid / J. Osés, I. Fernandez-Pan, K. Zaini, J.I. Mate // *European Food Research and Technology*. – 2008. – Vol. 227. – No 2. – P. 623–628. DOI 10.1007/s00217-007-0765-y.
10. Chitosan-caffeic acid-genipin films presenting enhanced antioxidant activity and stability in acidic media / C. Nunes, E. Maricato, A. Cuhna, A. Nunes, J.A. Lopes da Silva, M.A. Colimbra // *Carbohydrate Polymers*. – 2013. – Vol. 91. – No 1. – P. 236–243. DOI 10.1016/j.carbpol.2012.08.033.
11. ГОСТ 8756.1-79. Продукты пищевые консервированные. Методы определения органолептических показателей, массы нетто или объема и массовой доли составных частей (с Изменениями № 1, 2). – М.: Стандартинформ, 2009. – 14 с.
12. Siddaramaiah, J.G. High performance edible nanocomposite films containing bacterial cellulose nanocrystals / J.G. Siddaramaiah // *Carbohydrate Polymers*. – 2012. – Vol. 87. – No 3. – P. 2031–2037. DOI 10.1016/j.carbpol.2011.10.019
13. Development of a novel bioactive packaging based on the incorporation of *Lactobacillus sakei* into sodium-caseinate films for controlling *Listeria monocytogenes* in foods / H. Gialamas, K.G. Zinoviadou, C.G. Biliaderis, K.P. Koutsoumanis // *Food Research International*. – 2010. – Vol. 43. – No 10. – P. 2402–2408. DOI 10.1016/j.foodres.2010.09.020.
14. ГОСТ Р 53226-2008. Плотна нетканые. Методы определения прочности. – М.: Стандартинформ, 2009. – 20 с.

References

1. Po Huo, Savitskaya T.A., Gotina L.A., Makarevich S.E., Grinshpan D.D. S"edobnye plenki – budushchee upakovki pishchevykh produktov [Edible films are the future of food packaging]. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii* [Food industry: science and technology], 2015, no. 4, pp. 87–94.
2. Camirand W., Krochta J.M., Pavlath A.E., Wong D., Cole M.E. Properties of some edible carbohydrate polymer coatings for potential use in osmotic dehydration. *Carbohydrate Polymers*, 1992, vol. 17, no. 1, pp. 39–49. DOI: 10.1016/0144-8617(92)90021-H.
3. Oms-Oliu G., Soliva-Fortuny R., Martin-Belloso O. Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *LWT – Food Science and Technology*, 2008, vol. 41, no. 10, pp. 1862–1870. DOI:10.1016/j.lwt.2008.01.007.
4. Gontard N., Thibault R., Cuq B., Guilbert S. Influence of relative humidity and film composition on oxygen and carbon dioxide permeabilities of edible films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1996, vol. 44, no. 4, pp. 1064–1069. DOI: 10.1021/jf9504327.

5. Giancone T., Torrieri E., Di Pierro P., Mariniello L., Moresi M., Porta R., Masi P. Role of constituents on the network formation of hydrocolloid edible films. *Journal of Food Engineering*, 2008, vol. 89, no. 2, pp. 195–203. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.04.017.
6. Baeva M., Panchev I. Investigation of the retaining effect of a pectin-containing edible films upon the crumb ageing of dietetic sucrose-free sponge cake. *Food Chemistry*, 2005, vol. 92, no. 2, pp. 343–348. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.03.060.
7. Galus S., Lenart A. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. *Journal of Food Engineering*, 2013, vol. 115, no. 4, pp. 459–465. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.03.006.
8. Gomez-Estaca J., Montero P., Gimenez B., Gomez-Guillen M.C. Effect of functional edible films and high pressure processing on microbial and oxidative spoilage in cold-smoked sardine (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, 2007, vol. 105, no. 2, pp. 511–520. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.04.006.
9. Oses J., Fernandez-Pan I., Zaini K., Mate J.I. Use of edible films based on whey protein isolate to protect foods rich in polyunsaturated fatty acid. *European Food Research and Technology*, 2008, vol. 227, no. 2, pp. 623–628. DOI: 10.1007/s00217-007-0765-y.
10. Nunes C., Maricato E., Cuhna A., Nunes A., Lopes da Silva J.A., Colimbra M.A. Chitosan-caffeic acid-genipin films presenting enhanced antioxidant activity and stability in acidic media. *Carbohydrate Polymers*, 2013, vol. 91, no. 1, pp. 236–243. DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.08.033.
11. GOST 8756.1-79. *Продукты пishchevye konservirovannye. Metody opredeleniya organolepticheskikh pokazateley, massy netto ili ob"ema i massovoy doli sostavnykh chastei (s Izmeneniyami N 1, 2)*. [State Standard 8756.1-79. Canned food products. Methods for determination of organoleptic characteristics, net mass or volume and component relationship and net mass]. Moscow: Standartinform Publ., 2009. 14 p.
12. Siddaramaiah J.G. High performance edible nanocomposite films containing bacterial cellulose nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*, 2012, vol. 87, no. 3, pp. 2031–2037. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.10.019.
13. Gialamas H., Zinoviadou K.G., Biliaderis C.G., Koutsoumanis K.P. Development of a novel bioactive packaging based on the incorporation of *Lactobacillus sakei* into sodium-caseinate films for controlling *Listeria monocytogenes* in foods. *Food Research International*, 2010, vol. 43, no. 10, pp. 2402–2408. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.09.020.
14. GOST R 53226-2008. *Polotna netkanye. Metody opredeleniya prochnosti*. [State Standard 53226-2008. Nonwoven fabrics. Methods of strength determination]. Moscow: Standartinform Publ., 2009. 20 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Использование пектина в качестве компонента комбинированной съедобной пленки / Д.Е. Быков, Н.В. Макарова, А.В. Демидова, Н.Б. Еремеева // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 23–28.

Bykov D.E., Makarova N.V., Demidova A.V., Ereemeeva N.B. The use of pectin as a component for combined edible films. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 23–28 (In Russ.).

© Быков Дмитрий Евгеньевич

д-р техн. наук, профессор, ректор, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

© Макарова Надежда Викторовна

д-р хим. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел.: +7 (846) 332-20-69, e-mail: makarovnv1969@yandex.ru

© Демидова Анна Владимировна

аспирант кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

© Еремеева Наталья Борисовна

аспирант кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел.: +7 (846) 332-20-69, e-mail: rnmvnatasha@rambler.ru

© Dmitriy E. Bykov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Rector, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 4443100, Russia

© Nadezhda V. Makarova

Dr.Sci.(Chem.), Professor, Head of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 4443100, Russia, phone: +7 (846) 332-20-69, e-mail: makarovnv1969@yandex.ru

© Anna V. Demidova

Postgraduate Student of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 4443100, Russia

© Natalia B. Ereemeeva

Postgraduate Student of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 4443100, Russia, phone: +7 (846) 332-20-69, e-mail: rnmvnatasha@rambler.ru



ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ОБРАБОТКИ НАТУРАЛЬНЫХ КОЛБАСНЫХ ОБОЛОЧЕК

В.В. Евелева*, Т.М. Черпалова

ФГБНУ ВНИИ пищевых добавок,
191014, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Литейный, 55

*e-mail: v.eveleva@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 19.06.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Показано, что основной причиной снижения качества колбасных изделий в натуральной оболочке является поражение их поверхности плесневыми грибами, дрожжами, сапрофитными стафилококками и гнилостными аэробными бактериями. Представлены аналитические данные по использованию пищевых органических кислот и композиций на их основе в технологиях обработки колбасных оболочек. Приведены основные требования, предъявляемые к компонентам и создаваемым на их основе антимикробным композициям. К ним относятся безвредность и эффективность в отношении возбудителей микробной порчи колбасных оболочек. Приведены результаты исследований по созданию антимикробных композиций для использования их в качестве технологических вспомогательных средств в процессе обработки натуральных колбасных оболочек. Испытаны композиции, включающие молочную, уксусную, пропионовую, муравьиную, сульфаминовую, щавелевую и аскорбиновую кислоты; лактат, ацетат, пропионат и цитрат натрия; метабисульфит натрия; полигексаметиленгуанидин гидрохлорид и алкилдиметилбензиламмоний хлорида. Определены физические и физико-химические показатели (плотность, поверхностное натяжение, титруемая кислотность, активная кислотность) и антагонистическая активность антимикробных композиций. Выявлен синергетический эффект снижения поверхностного натяжения водного раствора композиций. По результатам оценки антагонистической активности выбрана композиция, включающая буферные смеси лактата натрия и пищевых кислот в сочетании с полигексаметиленгуанидин гидрохлоридом и алкилдиметилбензиламмоний хлоридом. Определена минимальная эффективная концентрация водного раствора композиции в отношении тест-культур патогенных микроорганизмов – 0,6 %. Показана эффективность применения новой композиции в качестве технологического вспомогательного средства при обработке натуральных колбасных оболочек для повышения безопасности и хранимоспособности.

Ключевые слова. Пищевые добавки, антимикробные композиции, колбасные оболочки, безопасность, хранимоспособность

TECHNOLOGICAL AUXILIARY AGENT FOR TREATMENT OF NATURAL SAUSAGE CASINGS

V.V. Eveleva*, T.M. Cherpalova

All-Russia Research Institute for Food Additives
55, Liteyny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia

*e-mail: v.eveleva@yandex.ru

Received: 19.06.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. It is shown that the main reason for lowering the quality of sausages in natural casings is the damage of their surfaces by fungi, yeasts, saprophytic staphylococci and putrefactive aerobic bacteria. Analytic data on the application of food organic acids and compositions based on them in sausage casing technologies are given. General requirements for components and antimicrobial compositions based on them are quoted. Safety and efficiency are the principle ones in terms of pathogenic microbes of sausage deterioration. Study results on the development of antimicrobial compositions as processing aids in natural casing treatment are presented. The following compositions have been tested: those with lactic, acetic, propionic, formic, sulphamic, oxalic and ascorbic acids; sodium lactate, acetate, propionate and citrate; sodium metabisulphite; polyhexamethylene guanidine hydrochloride and alkyldimethylbenzylammonium chloride. Physical and chemical parameters (density, surface tension, titratable and active acidity) and antagonistic activity of antimicrobial compositions have been identified. Synergistic effect for decrease of surface tension for aqueous solutions of the compositions has been found. A composition with buffer solutions of sodium lactate and food acids along with polyhexamethylene guanidine hydrochloride and alkyldimethylbenzylammonium chloride has been chosen in the result of antagonistic activity assessment. A minimum effective concentration of 0.6% for the composition aqueous solution in reference to pathogenic microbes in test cultures has been determined. It is shown that the new composition is effective as a processing aid for natural sausage casing treatment to enhance product safety and storability.

Keywords. Food additives, antimicrobial compositions, sausage casings, safety, storability

Введение

Проблема снижения загрязнения среды обитания отходами полимерных материалов относится к

числу глобальных. Перспективным направлением ее решения является использование съедобных упаковочных материалов в пищевой промышлен-

ности. В этой связи исследования по совершенствованию технологии обработки натуральных колбасных оболочек – несомненного лидера среди съедобных упаковочных материалов в мясной промышленности, являются практически значимыми.

Мясное сырье и продукты его переработки являются благоприятной средой для развития микроорганизмов и могут представлять опасность для человека, если они получены с нарушениями санитарно-гигиенических режимов на этапах производства и обращения пищевой продукции [1]. Причиной снижения качества колбасных изделий в натуральной оболочке чаще всего является поражение их поверхности плесневыми грибами, дрожжами, сапрофитными стафилококками и гнилостными аэробными бактериями [2]. Для предохранения оболочек от поражения микроорганизмами проводят их обработку консервирующими составами, преимущественно на основе поваренной соли. Однако при нарушении температурных режимов в процессе хранения или длительного транспортирования обработанные поваренной солью оболочки приобретают пороки, обусловленные развитием галофильных и солеустойчивых микроорганизмов [3].

В зарубежной и отечественной исследовательской практике в технологиях обработки колбасных оболочек в качестве ингредиентов используют достаточно часто органические кислоты. Их используют как индивидуальные ингредиенты [4–6], так и в составе антимикробных композиций [7–11]. Предупреждению микробного поражения поверхности колбасных изделий способствуют составы, содержащие синергетическую смесь натриевой соли дегидрацетовой кислоты с поливинилпирролидоном, соль пищевой кислоты, поваренную соль и дигидрокверцетин [8]; пищевые кислоты и полимерные соединения с солями четвертичных аммониевых оснований [9].

По растворимости в воде, безопасности и безвредности применения и технологической эффективности заслуживают внимания антимикробные композиции на основе молочной, уксусной и пропионовой кислот и их солей [12, 13]. Проведенными исследованиями антагонистической активности таких композиций показано, что они обладают выраженным антимикробным действием в отношении часто встречающихся в продуктах животного происхождения микроорганизмов, в частности, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* [14, 15].

По результатам патентно-информационного поиска констатировано, что для повышения эффективности обработки колбасных оболочек целесообразно проведение исследований по созданию нового технологического вспомогательного средства на основе пищевых кислот и их солей с введением в их состав полимерных соединений и солей четвертичных аммониевых оснований.

Цель работы: проведение исследований по созданию нового эффективного технологического вспомогательного средства, предназначенного для обработки натуральных колбасных оболочек.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования служили:

- промышленные образцы натуральных колбасных оболочек (свиные и говяжьи черевы категории «АВ» с признаками микробной порчи (с дефектами) и без них;

- контрольные образцы антимикробных композиций, средств и препаратов, использованные в исследованиях в качестве технологических вспомогательных средств (комплексная пищевая добавка «Дилактин Форте Плюс» (ТУ 9199-093-00334557-2011), разработанная ВНИИПД и выпускаемая ООО «ИНПАКК» (Санкт-Петербург); технологическое вспомогательное средство «ДФП-2» (ТУ 9112-099-00334557-2014), разработанное ВНИИПД и выпускаемое ООО «ИНПАКК» (Санкт-Петербург); средство дезинфицирующее «Препарат антимикробный «Биопаг»» (ТУ 9392-009-41547288-2000), разработанный и выпускаемый ООО «Международный институт эколого-технологических проблем» (Москва); продукт «Катамин АБ» (ТУ 9392-098-92665598-2011), выпускаемый ООО «Скоропусковский Синтез» (Московская обл., Сергиево-Посадский р-он, пос. Скоропусковский), используемый в различных отраслях в качестве дезинфицирующего средства; 25,6%-ный водный раствор пищевой поваренной соли): «Дилактин Форте Плюс» и «ДФП-2» в своей основе содержат молочную, уксусную и пропионовую кислоты и их натриевые соли, «Биопаг» – полигексаметиленгуанидин гидрохлорид, «Катамин АБ» – алкилдиметилбензиламмоний хлорид, раствор пищевой поваренной соли – хлорид натрия;

- опытные образцы антимикробных композиций с использованием в качестве рецептурных компонентов молочной, уксусной, пропионовой, муравьиной, сульфаминовой, щавелевой и аскорбиновой кислот; лактата, ацетата, пропионата и цитрата натрия; метабисульфита натрия; полигексаметиленгуанидин гидрохлорида и алкилдиметилбензиламмоний хлорида.

Таблица 1

Характеристика рецептурных компонентов опытных образцов антимикробных композиций

Наименование сырья, нормативная, техническая документация	Массовая доля основного вещества, %
Кислота молочная пищевая E270 («Henan Jindan Lactic Acid Co., Ltd», Китай)	80,1
Кислота уксусная ледяная E260 (ГОСТ 61-75)	99,8
Кислота пропионовая E280 (ГОСТ 32746-2014)	99,5
Натрий молочнокислый (лактат натрия) E325 (ГОСТ 31642-2012)	55,0
Натрий уксуснокислый плавильный E262 (ТУ 6-09-246-84)	98,5
Натрий уксуснокислый 3-водный E262 (ГОСТ 199-78)	95,0
Натрия пропионат E281 (ГОСТ Р 54981-2012)	99,0
Биопаг (ТУ 9392-009-41547288-2000)	20,0
Катамин АБ (ТУ 9392-098-92665598-2011)	49,0

Опытные образцы антимикробных композиций получали на лабораторной установке. В табл. 1 представлена характеристика основных рецептурных компонентов, попавших в выборку эффективных антимикробных композиций. Большая часть из компонентов, указанных в табл. 1, относится к числу общепризнанно безопасных пищевых добавок. Полигексаметиленгуанидин гидрохлорид относится к группе катионных поверхностно-активных малоопасных веществ (4 класс по токсикологической классификации); алкилдиметилбензиламмоний хлорид – к группе катионных поверхностно-активных веществ 4 класса опасности по параметрам острой токсичности по степени летучести и 3 класса опасности по параметрам острой токсичности при введении в желудок.

Оценку качества натуральных колбасных оболочек проводили по следующим показателям: микробная обсемененность; содержание влаги, хлорида натрия и остаточного количества алкилдиметилбензиламмоний хлорида; цвет, запах, технологические показатели (изменение массы оболочки после обработки, относительное удлинение и продолжительность хранения оболочки до порчи).

Исследуемые показатели оболочек определяли следующими методами: микробную обсемененность – по [3], цвет и запах – органолептически, содержание влаги – по ГОСТ 9793-2016, изменение массы оболочки после обработки – гравиметрически, относительное удлинение – по ГОСТ 27839-2013 и продолжительность хранения оболочки до порчи – органолептически.

Для определения содержания остаточных количеств алкилдиметилбензиламмоний хлорида использовали фотоколориметрический метод, основанный на применении высокочувствительной цветной реакции образования растворимого в хлороформе окрашенного комплекса соли четвертичного аммониевого основания с красителем бромфеноловым синим [16], модифицированный в части подготовки проб. Подготовка проб к испытаниям включала получение водного экстракта из измельченной массы колбасных оболочек после их обработки 5%-ными водными растворами антимикробных композиций при варьировании продолжительности процесса и последующее фильтрование его. Остаточные количества алкилдиметилбензиламмоний хлорида определяли расчетным путем на основе результатов определения оптической плотности хлороформного экстракта и градуировочной характеристики, построенной с использованием различных объемов градуировочного раствора, содержащего 2,5 мкг испытуемого вещества в 1 см³, с учетом разбавлений, произведенных в ходе испытаний. Оптическую плотность хлороформного экстракта измеряли на КФК-2-УХЛ 4.2 при длине волны падающего света $\lambda = 400$ нм и толщине слоя 30 мм.

Антимикробные композиции, средства и препараты, использованные в исследованиях в качестве технологических вспомогательных средств, характеризовали в соответствии с действующей технической документацией. Испытуемые образцы антимикробных композиций и их водные растворы

оценивали по физическим и физико-химическим показателям (плотность, поверхностное натяжение, титруемая кислотность, активная кислотность), а также по характеристике антибактериальной эффективности.

Показатели антимикробных композиций и их водных растворов определяли следующими методами: плотность – по ГОСТ 18995.1-73; поверхностное натяжение – методом отрыва кольца (методом дю-Нуи) [17]; титруемую кислотность – титриметрически; активную кислотность (рН) – потенциометрически; антибактериальную эффективность – в соответствии с МУК 4.2.1890-04.

Первичный выбор опытных образцов антимикробных композиций осуществляли по результатам микробиологических исследований смывов дефектных образцов натуральной колбасной оболочки после их обработки; окончательный выбор наиболее эффективной антимикробной композиции делали на основе результатов сравнительной оценки изменения физических и физико-химических характеристик колбасных оболочек, антагонистического действия опытных образцов в отношении тест-культур патогенных микроорганизмов и результатов определения остаточных количеств алкилдиметилбензиламмоний хлорида, характеризующих токсикологическую безопасность композиции, при варьировании концентрации водных растворов композиций и продолжительности обработки оболочек.

Результаты и их обсуждение

Для достижения поставленной цели при выполнении работы решали следующие задачи: микробиологическая оценка дефектных образцов натуральной колбасной оболочки; разработка опытных образцов антимикробных композиций и исследование физических и физико-химических характеристик композиций и их водных растворов; проведение исследований по определению чувствительности к ним микроорганизмов, выделенных из смывов дефектных образцов оболочки и выбор наиболее эффективных образцов антимикробных композиций; исследование эффективности антагонистического действия выбранных образцов антимикробных композиций в отношении тест-культур патогенных микроорганизмов; оценка безопасности выбранного образца антимикробной композиции; сравнительные исследования изменения физических и физико-химических характеристик и хранимоспособности натуральных колбасных оболочек, обработанных новой антимикробной композицией и контрольными растворами.

К создаваемой антимикробной композиции для обработки натуральных колбасных оболочек установили следующие требования: широкий спектр действия, токсикологическая безопасность и стабильность при хранении. Испытаниями микробной обсемененности смывов с дефектных образцов колбасных оболочек с выраженными признаками микробной порчи выявили, что их микробный пейзаж представлен культурами из рода бациллюс *Bacillus spp.*, энтерококков *Enterococcus spp.* и мик-

рококков *Micrococcus spp.* Экспериментальные исследования по разработке антимикробных композиций и обоснованию рабочей концентрации их водных растворов проводили поэтапно.

На первом этапе подготовили четыре опытных образца, включающих молочную, уксусную, пропионовую, муравьиную, сульфаминовую, щавелевую и аскорбиновую кислоты, цитрат натрия, метабисульфит натрия и полигексаметиленгуанидин гидрохлорид в различных сочетаниях, существенно отличающихся по титруемой и активной кислотности (табл. 2) и провели исследования их влияния на эффективность антимикробной обработки оболочек. Установили, что антимикробная активность испытываемых образцов композиций в отношении возбудителей микробной порчи оболочек зависит от их кислотности и концентрации водных растворов (табл. 3). Испытуемые образцы 2 и 4, характеризующиеся высокой титруемой кислотностью, в концентрации водных растворов 5 % и выше эффективно подавляли рост культур *Enterococcus spp.* и *Micrococcus spp.*

Таблица 2

Физико-химические показатели качества опытных образцов антимикробных композиций

№ образца	Значение показателя		
	Титруемая кислотность, град.	Активная кислотность, ед. рН	Плотность при 20 °С, г/см ³
1	–	9,9	1,035
2	170	4,9	1,287
3	90	3,1	1,296
4	130	0,9	1,057

Для повышения эффективности и антагонистической активности в отношении всего спектра возбудителей микробной порчи оболочек в состав композиций дополнительно ввели поливинилпирролидон Е1201, характеризующийся способностью формирования адсорбционной пленки на обрабатываемой поверхности, и алкилдиметилбензиламмоний хлорид, отличающийся высокой антимикробной активностью в малых дозах.

По данным испытаний стабильности при хранении композиций, включающих лактат-, ацетат- и пропионатсодержащие ингредиенты, полигексаметиленгуанидин гидрохлорид, поливинилпирролидон и алкилдиметилбензиламмоний хлорид в различных соотношениях, определили рабочий интервал их активной кислотности: от 4,0 до 5,0 ед. рН.

В ходе оптимизации состава стабильных при хранении опытных образцов композиций по результатам оценки органолептических, физических и технологических свойств оболочек при их выдерживании в водных растворах композиций 5%-ной концентрации при гидромодуле 1:5 и температуре от 23 до 26 °С до появления признаков порчи (посторонний запах, плесневение, изменение цвета) установили предпочтительные композиции, включающие буферные смеси лактата натрия и пищевых кислот в сочетании с полигексаметиленгуанидин гидрохлоридом (ПГМГ-Гх) и алкилдиметилбензиламмоний

хлоридом (АДМБА-Х) и буферные смеси лактата натрия и пищевых кислот в сочетании с поливинилпирролидоном (ПВП) и алкилдиметилбензиламмоний хлоридом (АДМБА-Х).

Таблица 3

Оценка антимикробной активности опытных образцов композиций в отношении возбудителей микробной порчи натуральных колбасных оболочек

№ образца	Концентр. раствора, %	Вид микроорганизмов, выделенных из проб дефектных колбасных оболочек		
		<i>Bacillus spp.</i>	<i>Enterococcus spp.</i>	<i>Micrococcus spp.</i>
1	10,0	+	+	+
	5,0	+	+	+
	2,5	+	+	+
2	10,0	+	–	–
	5,0	+	–	–
	2,5	+	+	+
3	10,0	+	+	+
	5,0	+	+	+
	2,5	+	+	+
4	10,0	+	–	–
	5,0	+	–	–
	2,5	+	+	+

Примечание: «–» – отсутствие роста, «+» – рост микроорганизмов

По результатам сравнительной оценки антагонистической активности выбранных в качестве предпочтительных композиций в отношении тест-культур патогенных микроорганизмов *L. Monocitogenes*, *E. coli*, *St. aureus*, *Sal. Typhimurium* в концентрации (600×10^6 КОЕ/мл) в соответствии с МУК 4.2.1890-04 установили, что композиция на основе «Дилактин Форте Плюс», включающая ПГМГ-Гх и АДМБА-Х (рабочее название ДФП-3), эффективнее композиции, содержащей ПВП и АДМБА-Х (рабочее название Дилактополидон-АБ) (табл. 4). Минимальная эффективная концентрация водного раствора композиции ДФП-3 в отношении тест-культур патогенных микроорганизмов при установленной их концентрации составила 0,6 %.

Таблица 4

Сравнительная характеристика минимальной эффективной концентрации водных растворов в отношении тест-культур патогенных микроорганизмов

Тест-культуры в концентрации (600×10^6) КОЕ/мл	Минимальная эффективная концентрация раствора, %		
	Биопаг	ДФП-3	Дилактополидон-АБ
<i>L. monocitogenes</i>	1,25	0,6	1,0
<i>E. coli</i>	1,25	0,6	1,0
<i>St. aureus</i>	2,5	0,6	1,25
<i>Sal. typhimurium</i>	2,5	0,6	1,25

Сравнительными исследованиями поверхностной активности водных растворов антимикробных

композиций выявили синергетический эффект снижения поверхностного натяжения (табл. 5), отражающий повышение их эффективности.

Таблица 5

Поверхностное натяжение растворов АДМБА-Х и композиций, включающих этот компонент

Массовая доля АДМБА-Х в растворе, %	Поверхностное натяжение (Б, мН/м) растворов		
	АДМБА-Х	Композиция	
		ДФП-3	Дилактополидон-АБ
0,0010	64,8	63,2	62,4
0,0025	61,9	56,4	56,3
0,0050	57,2	50,3	51,2
0,0075	53,2	46,5	47,9
0,0100	51,5	43,9	44,4
0,0200	44,5	38,5	38,7
0,0500	33,9	38,8	38,1

Таблица 6

Характеристика технологических показателей оболочки после выдерживания в растворах в провоцирующих условиях

Состав раствора	Изменение массы оболочки после обработки, %	Относит. удлинение, %	Продолжит. хранения оболочки до порчи, сут
Пищевая соль, 25,6% р-р	4,9	10	7
Дилактин Форте Плюс, 5% р-р	Минус 10,7	98	10
ДФП-2, 5% р-р	Минус 10,0	80	10
Дилактополидон-АБ, 5% р-р	Минус 3,5	70	Более 30
ДФП-3, 5% р-р	Минус 7,4	20	Более 30

При испытаниях оболочек, обработанных контрольным 25,6%-ным раствором пищевой соли и опытными 5%-ными водными растворами композиций ДФП-3 и Дилактополидон-АБ, после выдерживания их в этих растворах в провоцирующих условиях при повышенной температуре установили, что лучшие технологические показатели колбасных оболочек достигаются при использовании растворов композиции ДФП-3 (табл. 6).

В качестве критерия безопасного применения разработанных композиций для обработки кишечных оболочек выбрана величина остаточного количества АДМБА-Х. Считается установленной допустимая остаточная концентрация АДМБА-Х в питьевой воде, равная 0,3 мг/дм³. Экспериментально установили, что минимальное остаточное количество АДМБА-Х, экстрагируемого из 1 г свиной оболочки влажностью 80 %, соответствующего массе оболочки для упаковки 100 г сарделек, равно 0,1 мг, достигается при обработке 5%-ным раствором композиции ДФП-3 в течение 20 мин (табл. 7).

Таблица 7

Остаточное количество АДМБА-Х, экстрагируемое из свиных оболочек после выдерживания их в растворах испытуемых композиций в зависимости от продолжительности обработки

Продолжительность обработки, мин	Остаточное количество АДМБА-Х, экстрагируемого из оболочки, мг в расчете на 1 г оболочки влажностью 80 %	
	ДФП-3	Дилактополидон-АБ
20	0,10	0,12
60	0,15	0,43
1440	0,23	0,47

Таким образом, получили результаты, показывающие, что разработанная антимикробная композиция ДФП-3 отвечает заданным требованиям технологической эффективности и безопасности и может быть использована в качестве технологического вспомогательного средства при обработке натуральных колбасных оболочек с целью повышения их микробиологической безопасности и хранимостности.

Список литературы

1. Татарникова, Н.А. Патогенная микрофлора мяса и мясных продуктов / Н.А. Татарникова, О.Г. Мауль // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1 (51), ч. 1. – С. 87–89.
2. Винникова, Л.Г. Технология мяса и мясных продуктов / Л.Г. Винникова. – Киев: Фирма «ИНКОС», 2006. – 600 с.
3. Лузина, Н.И. Микробиология мяса и мясных продуктов / Н.И. Лузина. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. – 75 с.
4. Effects of initial mild curing, with additives, of hog and sheep sausage casings on their microbial quality and mechanical properties after storage at difference temperatures / W.A.M. Bakker, J.H. Houben, P.A. Kodmees, ets. // Meat Science. – 1999. – Vol. 51, № 2. – P. 163–174.
5. Сусь, И.В. Усовершенствование технологии консервирования кишечного сыра: дисс. на соиск. ... канд. техн. наук. по спец. 05.18.04 Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств. – М., 2002. – 143 с.
6. Сидорова, Е.В. Разработка барьерной технологии консервирования натуральных кишечных оболочек: дисс. на соиск. ... канд. техн. наук. по спец. 05.18.04 Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств. – М., 2006. – 188 с.
7. Кузнецова, Л.С. Препарат «Аллюзин» и его антимикробные свойства / Л.С. Кузнецова // Мясная индустрия. – 1999. – № 4. – С. 24–26.
8. Эффективность применения антимикробных препаратов в производстве полукопченых и варено-копченых колбас / В.М. Новиков, А.Г. Снежко, З.С. Борисова, Э.Г. Розанцев // Мясная индустрия. – 2007. – № 2. – С. 61–64.

9. Патент РФ 2268596 А23В4/10, А23В4/12, А23В4/027. Состав для защитного покрытия туш убойных животных / Гембицкий П.А., Ефимов К.М., Снежко А.Г., Дитюк А.И.; патентообладатель Международ. ин-т экологич. проблем. – № 2004114818/13; Заявл. 17.05.04; Оpubл. 27.01.06.
10. Патент РФ 2083119. А22С013/00 Состав «Перукацид» для обработки колбасной оболочки / Бутко М.П., Шибаяева Н.Л., Шалуев Н.А., Яцкевич С.С.; заявитель и патентообладатель ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – №94037132; Заявл. 30.09.1994; Оpubл. 10.07.1997.
11. Казакова, Е.В. Защитное белковое покрытие на основе белков / Е.В. Казакова, Л.С. Кузнецова // Пищевая промышленность. – 2010. – № 1. – С. 16–18.
12. Антимикробная композиция для повышения безопасности и качества мяса кур / Т.А. Никифорова, В.В. Евелева, Т.М. Черпалова, Н.Л. Андреева // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 2. – С. 70–72.
13. Евелева, В.В. Инновационные пищевые добавки в производстве пресервов из замороженных морских рыб / В.В. Евелева, В.С. Колодязная, В.А. Демченко // Пищевая промышленность. – 2013. – № 2. – С. 22–23.
14. Евелева, В.В. К вопросу об антимикробной обработке натуральных оболочек для колбасных изделий / В.В. Евелева, Т.М. Черпалова // Пищевая промышленность. – 2016. – № 8. – С. 40–42.
15. Евелева, В.В. Новое технологическое вспомогательное средство для повышения безопасности мяса кур / В.В. Евелева, Т.М. Черпалова // Мясные технологии. – 2016. – № 2. – С. 26–28.
16. Лурье, Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод // Ю.Ю. Лурье. – М: Химия, 1984. – 448 с.
17. Абрамзон, А.А. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение // А.А. Абрамзон, Л.П. Зайченко, С.И. Файнгольд; под ред. А.А. Абрамзона. – Л.: Химия, 1988. – 200 с.

References

1. Tatarnikova N.A., Maul' O.G. Patogennaya mikroflora myasa i myasnykh produktov [Pathogenic microflora of meat and meat products]. *Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta* [Izvestiya of the State Orenburg Agricultural University], 2015, no. 1 (51), pp. 87–89.
2. Vinnikov L.G. *Tekhnologiya myasa i myasnykh produktov* [Technology of meat and meat products]. Kiev: Firma «Inkos» Publ., 2006. 600 p.
3. Luzina N.I. *Mikrobiologiya myasa i myasnykh produktov* [Microbiology of meat and meat products]. Kemerovo: Kem-IFST Publ., 2004. 75 p.
4. Bakker W.A.M., Houben J.H., Koolmees P.A. Effects of initial mild curing, with additives, of hog and sheep sausage casings on their microbial quality and mechanical properties after storage at difference temperatures. *Meat Science*, 1999, vol. 51, no. 2, pp. 163–174.
5. Sus' I.V. *Uovershenstvovanie tekhnologii konservirovaniya kishhechnogo syr'ya. Diss. kand. tekhn. nauk* [Technology improvement for preservation of raw casings. Cand. eng. sci. thesis.]. Moscow: 2002. 143 p.
6. Sidorova E.V. *Razrabotka bar'ernoy tekhnologii konservirovaniya natural'nykh kishhechnykh obolochek. Diss. kand. tekhn. nauk* [Hurdle technology development for the preservation of natural casings. Cand. eng. sci. thesis.]. Moscow: 2006. 188 p.
7. Kuznetsova L.S. Preparat «Alluzin» i ego antimikrobnye svoystva [*Allusin preparation and its antimicrobial properties*]. *Myasnaya industriya* [Meat Industry], 1999, no. 4, pp. 24–26.
8. Novikov V.M., Snezhko A.G., Borisova Z.S., Rozantsev E.G. Effektivnost' primeneniya antimikrobnykh preparatov v proizvodstve polukopchenykh i vareno-kopchenykh kolbas [Application efficiency of antimicrobials in the production of half-smoke and cooked-smoked sausages]. *Myasnaya industriya* [Meat Industry], 2007, no. 2, pp. 61–64.
9. Gembitskiy P.A., Efimov K.M., Snezhko A.G., Dityuk A.I. *Sostav dlya zashchitnogo pokrytiya tush uboynykh zhivotnykh* [Protective coating for slaughter animal carcasses]. Patent RF, no. 2268596, 2006.
10. Butko M.P., Shibaeva N.L., Shaluev N.A., Yastkevich S.S. *Sostav «Perukatsid» dlya obrabotki kolbasnoy obolochki* [«Perukatsid» composition for sausage casings treatment]. Patent RF, no. 2083119, 1997.
11. Kazakova E.V., Kuznetsova L.S. Zashchitnoe belkovoie pokrytie na osnove belkov [Protein-based protective coating]. *Pishhevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2010, no. 1, pp. 16–18.
12. Nikiforova T.A., Eveleva V.V., Cherpalova T.M., Andreeva N.L. Antimikrobnaya kompozitsiya dlya povysheniya bezopasnosti i kachestva myasa kur [Antimicrobial composition for improving chicken meat safety and quality]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Vestnik of the Russian agricultural sciences], 2016, no. 2, pp. 70–72.
13. Eveleva V.V., Kolodyaznaya V.S., Demchenko V.A. Innovatsionnye pishchevye dobavki v proizvodstve preserov iz zamorozhennykh morskikh ryb [Innovative food additives in the production of frozen sea fish preserves]. *Pishhevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2013, no. 2, pp. 22–23.
14. Eveleva V.V., Cherpalova T.M. K voprosu ob antimikrobnoy obrabotke natural'nykh obolochek dlya kolbasnykh izdeliy [On antimicrobial treatment for natural casings sausages]. *Pishhevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2016, no. 8, pp. 40–42.
15. Eveleva V.V., Cherpalova T.M. Novoe tekhnologicheskoe vspomogatel'noe sredstvo dlya povysheniya bezopasnosti myasa kur [New processing aid for improving chicken meat safety]. *Myasnye tehnologii* [Meat Technology], 2016, no. 2, pp. 26–28.
16. Lur'e Yu.Yu. *Analiticheskaya khimiya promyshlennykh stochnykh vod* [Analytical chemistry of industrial waste waters]. Moscow: Khimiya Publ., 1984. 448 p.
17. Abramzon, A.A., Zaychenko L.P., Fayngol'd S.I. *Poverkhnostno-aktivnye veshchestva. Sintez, analiz, svoystva, primeneniye* [Surface-active substances. Synthesis, analysis, properties, application]. Leningrad: Khimiya Publ., 1988. 200 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Евелева, В.В. Технологическое вспомогательное средство для обработки натуральных колбасных оболочек / В.В. Евелева, Т.М. Черпалова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 29–35.

Eveleva V.V., Cherpalova T.M. Technological auxiliary agent for treatment of natural sausage casings. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 29–35 (In Russ.).

© **Евелева Вера Васильевна**

канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории техники и технологии переработки продуктов биосинтеза, ФГБНУ ВНИИ пищевых добавок, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Литейный, 55, тел.: +7 (812) 273-41-08, e-mail: v.eveleva@yandex.ru

© **Черпалова Татьяна Михайловна**

канд. техн. наук, научный сотрудник лаборатории техники и технологии переработки продуктов биосинтеза, ФГБНУ ВНИИ пищевых добавок, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Литейный, 55, тел.: +7 (812) 272-56-26, e-mail: vniipakk55@mail.ru

© **Vera V. Eveleva**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Leading Researcher of the Laboratory of Processing Technologies for Biosynthetic products, All-Russia Research Institute for Food Additives, 55, Liteyny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia, phone.: +7 (812) 273-41-08, e-mail: v.eveleva@yandex.ru

© **Tatyana M. Cherpalova**

Cand.Sci.(Eng.), Researcher of the Laboratory of Processing Technologies for Biosynthetic Products, All-Russia Research Institute for Food Additives, 55, Liteyny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia, phone: +7 (812) 272-56-26, e-mail: vniipakk55@mail.ru



УДК 663.542:658.5

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ДИСТИЛЛЯТА ИЗ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА.

Часть 3. Характеристика дистиллята

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: 17.02.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. В работе представлены результаты исследований качественных и количественных характеристик дистиллятов из свежих клубней топинамбура, предназначенные для разработки нового импортозамещающего спиртного напитка. Установлено, что выход безводного спирта из тонны сырья варьировался в пределах 8,5–11,1 дал. Наибольший выход этанола в пересчете на 1 тонну инулина (потенциально сбраживаемых углеводов) сырья был получен в образце дистиллята из сусла, подготовленного двухстадийным способом с периодом сбраживания 3-е суток (63,9 дал), что сопоставимо с выходом этанола из зерна. Показано, что сокращение продолжительности сбраживания сусла при использовании двухстадийного способа приводит к снижению выхода этанола. Анализ состава летучих компонентов образцов дистиллятов из топинамбура с учетом данных об их пороговых концентрациях позволил сделать вывод о том, что основные высшие спирты (1-пропанол, изобутанол, изоамилол) и ацетальдегид относятся к главным вкусовым составляющим, а все остальные – к фоновым вкусовым веществам. Для выявления взаимосвязи между составом летучих компонентов и характерными тонами, присутствующими в аромате и вкусе полученных дистиллятов из топинамбура, на основании результатов дегустации были построены сенсорные профили. В процессе дегустационной оценки были разработаны определенные дескрипторы, которые легли в основу сенсорных профилей. Анализ вкусо-ароматического профиля дистиллятов из топинамбура показал, что наиболее высокими органолептическими характеристиками обладал образец, полученный из свежего сырья, подготовленного двухстадийным способом с продолжительностью сбраживания 2-е суток. На основании полученных результатов сформулированы требования к качественным показателям дистиллята из свежих клубней топинамбура. Результаты исследований позволили обосновать перспективность производства дистиллятов из свежих клубней топинамбура, установить оптимальный способ подготовки сырья и режимные параметры сбраживания сусла для получения дистиллята с соответствующими органолептическими характеристиками.

Ключевые слова. Дистиллят из топинамбура, выход этанола, летучие компоненты, органолептическая характеристика

SOME ASPECTS OF PRODUCTION OF THE DISTILLATE FROM JERUSALEM ARTICHOKE TUBERS.

Part 3. CHARACTERISTICS OF THE DISTILLATE

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: 17.02.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. Results of the research on qualitative and quantitative characteristics of fresh Jerusalem artichoke fruit distillate are presented in this work. It has been found that the volume of absolute alcohol produced from 1 ton of raw material is ranging from 8.5 to 11.1 dal. The largest volume of ethanol equivalent to 1 ton of raw materials' inuline (potentially fermentable carbohydrates) is produced from the wort sample prepared using the two-step method and 3 days of fermentation period (63.9 dal) that is equal to the volume of ethanol produced from the grain. It is shown that cutting the time of fermentation period leads to decrease in the yield of ethanol. Analysis of the composition of volatile compounds of the Jerusalem artichoke distillate with consideration for the threshold concentration allows us to conclude that the main higher alcohols (1- propanol, isobutanol, isoamylol) and acetaldehyde are the main flavor components, the rest are background flavor components. To find a correlation between the content of volatile compounds and the distinctive tones present in taste and aroma of Jerusalem artichoke distillate sensory profiles have been developed using the results of degustation. The descriptor words which were further taken as a basis of the sensory profiles have been developed during the degustation evaluation. The analysis of Jerusalem artichoke distillate's sensory profiles has shown that the best organoleptic characteristics belong to the sample produced from the fresh Jerusalem artichoke fruit, prepared using the two-step method and 2 days fermentation period. Basing on obtained results requirements for quality parameters of the distillate from Jerusalem artichoke

fresh tubers have been formulated. Results of research make it possible to state the perspective of distillate from Jerusalem artichoke fresh fruit, and find the optimum method of raw material preparation and operating conditions of wort fermentation for production of distillate with appropriate organoleptic characteristics.

Keywords. Distillate from Jerusalem artichoke, yield of ethanol, volatile compounds, organoleptic characteristic

Введение

Эффективность технологического процесса производства любого продукта, в том числе и напитка на основе дистиллята из топинамбура, определяется затратами на его выработку и качественными характеристиками. Первые зависят от стоимости исходного сырья, дополнительных материалов, напрямую связаны с ресурсными затратами (энергия, топливо), расходуемыми на стадиях производства. Для технологий, в себестоимости которых существенную долю составляют затраты на исходное сырье, при оптимизации процесса стремятся к увеличению выхода конечного продукта из единицы сырья, либо возможности применения более дешевых сырьевых ресурсов.

В первой части статьи уже отмечалось, что топинамбур в технологии спиртового производства считается самым дешевым видом сырья. Французские специалисты установили зависимость сбраживаемости суслу от сроков уборки клубней топинамбура (осенний или весенний сбор) [1]. Для спиртовой отрасли зарубежными специалистами отмечена эффективность строительства небольших установок для получения спирта-сырца в непосредственной близости от плантаций топинамбура. Дальнейшую очистку, по их мнению, лучше проводить на крупных спиртовых заводах [2]. В отличие от спиртовой отрасли, предприятия, производящие дистилляты из растительного сырья, характеризуются существенно меньшей производительностью. Поэтому ранее отмеченной проблемы для них не существует.

Вместе с тем, определяющими факторами конкурентоспособности напитков, в том числе и полученных на основе дистиллятов, являются их качественные показатели – соответствие физико-химических показателей и органолептических характеристик требованиям, установленным в нормативной документации. Органолептические характеристики напитков на основе дистиллятов определяются в основном качественным и количественным составом летучих компонентов. Дистиллированные напитки, подвергшиеся выдержке в контакте с древесиной, содержат также экстрактивные компоненты, придающие им определенный цвет и вкус. Таким образом, данная группа напитков содержит большое количество вкусоароматических компонентов, влияющих на формирование сенсорного восприятия потребителем. Органолептический анализ, представляющий собой дегустацию, проводимую группой квалифицированных экспертов, является основным при идентификации напитков и имеет преимущества за счет своей универсальности и быстроты определения [3, 4]. Известно, что интенсивность аромата или вкуса того или иного вещества определяется величиной его пороговой (предельной) концентрации – мини-

мальной концентрацией вещества, которая может быть определена в процессе дегустации. Чем меньше пороговая концентрация, тем более интенсивным запахом или вкусом обладает вещество. Величина пороговой концентрации для данного вещества не является постоянной. Она зависит от природы раствора, в котором находится исследуемое вещество, и присутствия других веществ [5, 6].

К примеру, пороговая концентрация основных групп летучих компонентов для коньячных дистиллятов, разбавленных до 40 % об., составляет по букету мг/дм³: высшие спирты – 20; сложные эфиры – 200; летучие альдегиды – 200; энантовые эфиры – 20; по вкусу для тех же веществ соответственно – 40; 200; 20; 40 мг/дм³ [7]. Имеются сведения об индивидуальных пороговых концентрациях и сенсорном восприятии отдельных летучих компонентов в винах и дистиллятах [8, 9].

В целом все летучие компоненты можно условно разделить на 4 группы [10].

I группа. Главные вкусовые составляющие. Указанная группа включает вещества, концентрация которых более чем в два раза превышает порог ощущения.

II группа. Вторичные вкусовые составляющие. Данная группа объединяет соединения, имеющие концентрацию, которая в один-два раза превышает порог ощущений.

III и IV группы. Фоновые вкусовые вещества. В III группу входят вещества, концентрация которых в напитке ниже значения порога ощущения от двух до десяти раз. По отдельности эти компоненты играют небольшую роль, но в целом они важны. К IV группе относятся компоненты, присутствующие в концентрациях, более чем в 10 раз ниже значения порога чувствительности. Она включает в себя несколько сотен различных веществ, которые образуют так называемый фоновый аромат и вкус.

Исходя из выше изложенного, **целью** настоящей работы явились исследования, направленные на определение выхода дистиллята из клубней топинамбура и оценки его качественных характеристик.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования использовали дистилляты из топинамбура, полученные путем фракционированной дистилляции сброженного суслу на установке периодического действия прямой сгонки кубового типа. Отбор фракций в процессе дистилляции осуществляли по крепости и органолептической оценке.

Качественный и количественный состав летучих компонентов в дистилляте (средняя фракция) из топинамбура определяли методом газовой хроматографии на приборе «Кристалл 5000.1» («Хроматек», Россия) по действующей методике.

Органолептический анализ дистиллятов осуществляли в соответствии с требованиями действующей нормативной документации по 10-балльной шкале [11].

Результаты и их обсуждение

В настоящей работе представлены данные, характеризующие выход и качественные характеристики дистиллятов, полученных при переработке клубней топинамбура в соответствии с предложенными в первой части работы способами и режимными параметрами. Установлено (табл. 1), что способ подготовки сырья к дистилляции и длительность сбраживания суслу из топинамбура оказывают влияние на крепость сброженного суслу и количество полученного безводного спирта. Как видно из табличных данных, при сокращении продолжительности сбраживания с трех суток до двух (при двухстадийном способе) резко снижается эффективность переработки сырья (Образец 1). Это может быть связано с тем, что процесс перевода высоко- и среднемoleкулярных фракций инулина сырья под действием собственной ферментной системы топинамбура в растворимое состояние проходит не полностью, а внесенная дополнительно микробная экзоинулиназа не действует на нерастворимый субстрат. Напротив, трех суток (Образец 2) по видимому, достаточно для глубокого гидролиза полимеров сырья, в первую очередь за счет действия ферментов эндо-типа. Для образцов 3 и 4, полученных по схеме одностадийного способа подготовки сырья к дистилляции, также установлен пониженный объем безводного спирта. Но в этом случае длительность процесса на данный показа-

тель оказывает меньшее влияние, чем при двухстадийном способе.

Приведенные в табл. 1 значения по объему фракций и объемной доли этанола во фракциях позволили рассчитать их выход по безводному спирту по отношению к объему безводного спирта в сброженном сусле. Установлено (рис. 1), что объем выделяемой головной фракции находится в пределах 9,6–13,3 % в пересчете на объем безводного спирта в сброженном сусле; средней фракции (собственно дистиллята) изменяется в пределах 73,7–82,0 %; хвостовой – 6,9–10,9 %.

Таблица 1

Исходные данные к расчету выхода фракций

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Объем безводного спирта из 10 кг сброженного суслу	540	700	555	595
Объем фракции, см ³				
- головная	75	80	85	85
- средняя	490	700	505	540
- хвостовая	240	260	290	280
Объемная доля спирта во фракции, % об.				
- головная	89,0	84,3	86,6	86,2
- средняя	81,2	82,0	83,1	83,1
- хвостовая	24,5	18,5	14,7	20,5

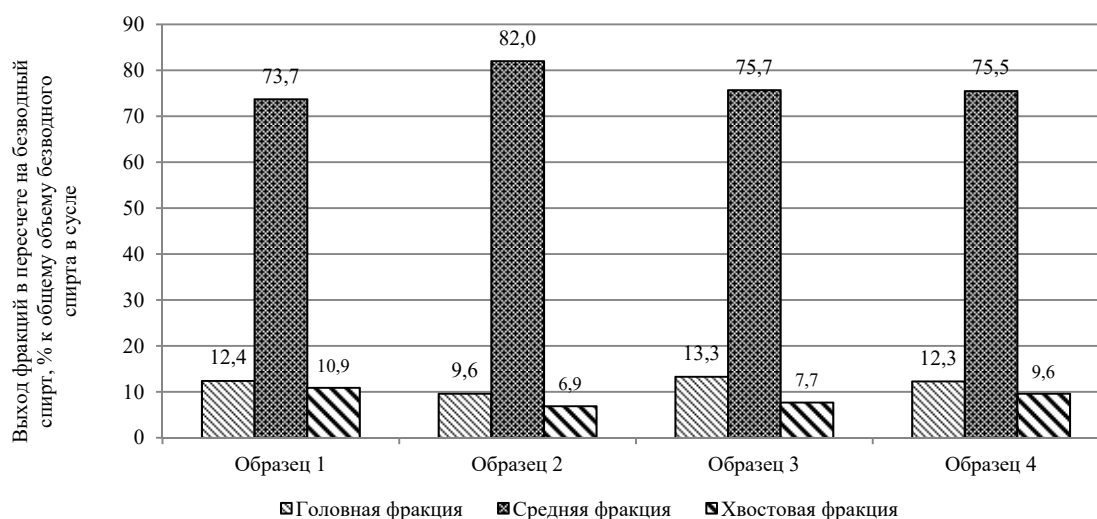


Рис. 1. Выход фракций по безводному спирту при получении дистиллята из топинамбура

Полученные данные показали, что на распределение фракций оказывает значительное влияние крепость сброженного суслу. Так, образец 2, характеризующийся повышенной крепостью суслу при дистилляции дает максимальный выход средней фракции. Напротив, образцы 3 и 4, близкие по крепости сброженного суслу, практически не отличаются по выходу головной, средней и хвостовой фрак-

ций. С целью экономического обоснования выбора способа подготовки свежих клубней топинамбура к дистилляции и длительности процесса сбраживания в работе был рассчитан выход безводного спирта в средней фракции (дистилляте). Расчет проводился на 1 тонну использованного сырья и дополнительно – на 1 тонну инулина сырья. Кроме того, приведены расчетные данные по выходу безводного спирта в

сброженном сусле, что позволяет провести анализ перспективности использования топинамбура по сравнению с другими видами сельскохозяйственного сырья, используемого для получения этанола. Известно, что теоретический выход этанола из 1 тонны потенциально сбраживаемых углеводов составляет 71,98 дал безводного спирта. Практический выход этанола, к примеру, из тонны условного крахмала (потенциально сбраживаемых углеводов) составляет в среднем 62–64 дал б.с. [12]. Установлено (табл. 2), что выход безводного спирта из тонны свежего топинамбура варьировался в пределах 8,5–11,1 дал.

Последнее значение (Образец 2) соответствовало 63,9 дал на 1 тонну инулина (потенциально сбраживаемых углеводов) сырья, что сопоставимо с выходом этанола из зерна (крахмалосодержащее сырье). Остальные образцы характеризовались пониженным выходом. Дополнительно в данной работе был рассчитан выход дистиллята по безводному спирту с учетом данных, приведенных на рис. 1 (выход средней фракции равен выходу дистиллята). Выход дистиллята составил от 6,2 до 9,1 дал/т сырья, а в пересчете на 1 тонну инулина сырья он варьировался в пределах 35,9–52,3 дал.

Таблица 2

Выход дистиллятов из топинамбура и их органолептическая оценка в зависимости от способа подготовки сырья и длительности процесса сбраживания

Наименование образца	Выход безводного спирта		Выход дистиллята по безводному спирту		Органолептическая характеристика	Дегустационная оценка, баллы
	дал/т сырья	дал/т инулина сырья	дал/т сырья	дал/т инулина сырья		
Образец 1	8,5	49,3	6,2	35,9	Аромат чистый, свежий, с цветочно-фруктовыми тонами. Вкус мягкий, гармоничный	7,6
Образец 2	11,1	63,9	9,1	52,3	Аромат негармоничный, землистый, с тонами прогорклого масла. Вкус жгучий, грубый, резкий.	6,3
Образец 3	8,7	50,5	6,6	38,3	Аромат с тонами окисленного масла и землистым оттенком. Вкус жгучий, слащавый.	6,8
Образец 4	9,4	54,1	7,2	41,4	Аромат негармоничный, с тонами окисленности и землистым оттенком. Вкус жгучий, слащавый.	7,0

Таблица 3

Качественный и количественный состав идентифицированных летучих компонентов дистиллятов из клубней топинамбура

Массовая концентрация летучих компонентов, мг/дм ³ безводного спирта	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Спирты				
Метанол	3537	4564	4645	4591
1-пропанол	937	557	511	526
Изобутанол	1522	735	928	865
1-бутанол	25	13	11	13
Изоамилол	1830	1032	1174	1182
2-пропанол	2	3	4	3
2-бутанол	18	19	25	25
Гексанол	4	6	9	8
Фениловый спирт	9	7	5	6
Сложные эфиры				
Этилацетат	58	37	47	52
Изоамилацетат	3	2	3	2
Этиллактат	1	4	3	3
Этилкапроат	2	2	2	2
Этилкаприлат	7	8	8	8
Этилкапрат	21	23	25	27
Карбонильные соединения				
Ацетальдегид	27	66	81	78
Изобутиральдегид	1	1	1	1
Ацетон	-	1	1	1
Общее содержание	8004	7080	7483	7393

В отличие от спиртового производства, где стремятся к максимальному выходу этанола из единицы сырья, при производстве дистиллятов определяющими являются его органолептические характеристики.

Анализ качественного и количественного состава летучих компонентов образцов дистиллятов из топинамбура (табл. 3) и его сравнение с данными о пороговых концентрациях групп летучих компонентов и отдельных веществ, с учетом принятого разделения на группы, позволил сделать вывод о том, что основные высшие спирты (1-пропанол, изобутанол, изоамилол) и ацетальдегид в полученных дистиллятах относятся к главным вкусовым составляющим (1 группа), а все остальные летучие вещества – к фоновым (3 и 4 группа). В соответствии с ассоциативным термином [10] (аромат, вкус, гармония) 1-пропанол и изобутанол имеют преимущества перед изоамилолом. Последний при повышенных концентрациях отрицательно сказывается на аромате продукта, сообщая ему «сивушные» оттенки, и придает ему нежелательный привкус, поэтому характеризуется термином «off-flavour».

Анализ количественного состава идентифицированных летучих компонентов в дистиллятах из топинамбура показал, что наибольшая их сумма присутствует в образце 1. Причем, такой важный показатель безопасности, как метанол, в этом образце содержался в наименьшем количестве

(3537 мг/дм³ б.с.). В других трех образцах дистиллятов его значение было выше, но при этом несущественно отличалось (4564–4645 мг/дм³ б.с.). В соответствии с действующими нормами Европейского Союза [13] по содержанию метанола в спиртных напитках из фруктов допускается его максимальное содержание 10000 мг/дм³ б.с. Для напитков из топинамбура (*Eau-de-vie de topinambur*) значение данного показателя не регламентируется. Таким образом, все образцы дистиллятов из топинамбура соответствовали международным требованиям по безопасности.

Проведя сравнительный анализ образцов дистиллятов по содержанию высших спиртов, создающих основу аромата и вкуса напитков, установлено, что в образце 1 суммарная концентрация 1-пропанола, изобутанола и изоамилола в 1,6–1,8 раз выше, чем в образцах 2, 3, 4. Причем в этом образце отношение суммы изобутанола и 1-пропанола к изоамилолу составило 1:0,74. В других образцах оно варьировалось в пределах от 1:0,80 до 1:0,85.

Содержание фенилэтилового спирта в полученных дистиллятах составляло от 5 до 9 мг/дм³ б.с., что ниже пороговой концентрации. Как известно, этот компонент в напитках на основе дистиллятов придает им тона чайной розы и цветочно-медовые оттенки в аромате. Для повышения концентрации фенилэтилового спирта может быть использован известный технологический прием – возврат хвостовой фракции в куб при последующей дистилляции.

Сложные эфиры в исследованных образцах представлены этилацетатом, изоамилацетатом, этилпропиолатом, этиллактатом, этилкаприлатом и этилкапролатом. В наибольших концентрациях обнаружены этилацетат (от 37 до 58 мг/дм³ б.с.) и этилпропиолат (от 21 до 27 мг/дм³ б.с.). Пороговые концентрации этих компонентов для вин составляют: для этилацетата – от 50 до 100 мг/дм³, для этилпропиолата – 14 мг/дм³ [8], что дает основание предположить возможность их участия в сложении ароматического профиля полученных дистиллятов за счет эффекта синергизма. Образец 2 в отличие от всех остальных характеризуется минимальным содержанием сложных эфиров (76 мг/дм³ б.с.). В образцах 1, 3 и 4 сумма сложных эфиров составила 92–94 мг/дм³ б.с., что на 20 % выше. Однако основная их часть, за исключением этилацетата и этилпропиолата, содержится в концентрациях намного ниже пороговых.

Для выявления взаимосвязи между качественным и количественным составом летучих компонентов и характерными тонами, присутствующими в аромате и вкусе полученных дистиллятов из топинамбура, на основании результатов дегустации были построены сенсорные профили аромата и вкуса для исследуемых образцов (рис. 2). В процессе дегустационной оценки были разработаны определенные дескрипторы, которые легли в основу сенсорных профилей.

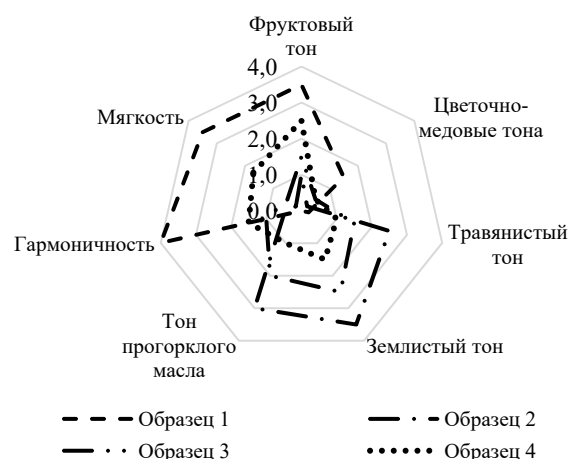


Рис. 2. Сенсорный профиль дистиллятов из свежих клубней топинамбура

Для органолептической характеристики дистиллятов из топинамбура были приняты следующие критерии и дескрипторы:

- интенсивность аромата, баллы: яркий – от 4 до 5, сильный – от 3 до 4, умеренный – от 2 до 3, слабый – до 2;
- характер аромата: чистый, свежий, гармоничный, в том числе нежелательные – нечистый, негармоничный, землистый;
- оттенки в аромате: цветочный, фруктовый, травянистый, медовый, в том числе нежелательные – землистый, сивушный, прогорклого масла;
- характер вкуса: мягкий, маслянистый, в том числе нежелательные – слащавый, жгучий, резкий, грубый.

Анализ вкусо-ароматического профиля дистиллятов из топинамбура показал, что наиболее высокими органолептическими характеристиками обладал образец 1, отличавшийся чистым, свежим, гармоничным ароматом с цветочными и фруктовыми оттенками и мягким вкусом. Наиболее низкую дегустационную оценку получил образец 2, отличавшийся негармоничным, землистым ароматом, с тонами прогорклого масла.

Образцы 3 и 4 заняли промежуточное положение, причем в образце 4 землистый оттенок и тона прогорклого масла выражены сильнее, чем в образце 3. Полученные результаты в достаточно высокой степени коррелируют с данными газохроматографического анализа, при этом необходимо отметить, что часть летучих компонентов, присутствующих в дистиллятах из топинамбура, нами пока не идентифицирована. Вероятно, к ним относятся летучие жирные кислоты масляная и каприновая, а также эфиры гидрокси- и дикарбоновых кислот, придающие аромату специфические оттенки прогорклого масла или сыра и тона сырости (землистые).

Таким образом, для получения дистиллята с высокими органолептическими характеристиками можно двухстадийный способ подготовки сырья при длительности сбраживания не более 2-х суток (образец 1), однако следует учитывать, что предлагаемая технология характеризуется пониженным

выходом. На основании полученных результатов сформулированы следующие требования к качественным показателям дистиллята из свежих клубней топинамбура: дистиллят должен быть прозрачным, обладающим чистым, свежим ароматом с цветочными и фруктовыми оттенками и мягким, гармоничным вкусом. По физико-химическим показателям дистиллят из свежих клубней топинамбура должен содержать: объемную долю этилового спирта – не менее 80 %; метанола – не более 4,0 г/дм³, массовая концентрация суммы остальных летучих компонентов должна составлять не менее 4,0 г/дм³ б.с.

Выводы

Проведенные исследования позволили: обосновать перспективность производства дистиллятов из свежих клубней топинамбура; установить способы подготовки сырья и режимные параметры сбраживания сусле, позволяющие получать дистиллят с соответствующими органолептическими характеристиками; рекомендовать двухстадийный способ подготовки сырья с длительностью процесса сбраживания – 2-е суток; разработать сенсорные дескрипторы для проведения органолептической оценки нового вида продукции – дистиллята из топинамбура.

Список литературы

1. The advantageous use of an early Jerusalem artichoke cultivar for the production of ethanol / N. Chabbert, J.P. Guirand, M. Arnoux, P. Galzy // *Biomass*. – 1985. – Vol. 8. – P. 233–240.
2. Pekic, B. Ethanol production from topinambur / B. Pekic, S. Gacesa, D. Pejin // *Hem. ind.* – 1984. – Vol. 38. – № 10. – P. 294–300.
3. Валушко, Г.Г. Теория и практика дегустации вин / Г.Г. Валушко, Е.П. Шольц-Куликов. – Симферополь: Таврида, 2005. – 232 с.
4. Краснова, Н.А. Новый подход к обработке результатов сенсорной оценки винодельческой продукции / Н.А. Краснова // *Виноделие и виноградарство*. – 2006. – № 3. – С. 6–9.
5. Plutowska, B. Application of gas chromatography-olfactometry (GC-O) in analysis and quality assessment of alcoholic beverages-A review/ B. Plutowska, W. Wardencki // *Food chemistry*. – 2008. – Vol. 107. – P. 449–463.
6. Etiévant, P.X. Wine. In *Volatile Compounds in Foods and Beverages*, (H.Maarse, ed.). – New York, Marcel Dekker, 1991. – P. 454–483.
7. Скурихин, И.М. Химия коньяка и бренди / И.М. Скурихин. – М: ДеЛи Принт, 2005. – 296 с.
8. Correlation between volatile composition and sensory properties in Spanish Albarino wines / M. Vilanova, Z.Genisheva, A. Masa, J.M. Oliveira // *Microchemistry Journal*. – 2010. – Vol. 95. – P. 240–246.
9. Relationship between volatile aroma compounds and sensory quality of fresh grape marc distillates / I. Lukic [et al.] // *J. Inst.Brew.* – 2012. – Vol. 118. – P. 285–294.
10. Меледина, Т.В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация / Т.В. Меледина, А.Т. Дедегкаев, Д.В. Афонин. – СПб.: ИД «Профессия», 2011. – 220 с.
11. ГОСТ Р 52813-2007 Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа // М.: Стандартиформ. – 2013. – 16 с.
12. Технология спирта / Под ред. В.Л. Яровенко. – М: Колос, 2002. – 464 с.
13. Техническое регулирование производства и оборота винодельческой продукции и спиртных напитков. Регламенты Европейского союза / Под ред. Л.А. Оганесянца, А.Л. Панасюка – М.: «Развитие, 2009. – 200 с.

References

1. Chabbert N., Guirand J.P., Arnoux M., Galzy P. The advantageous use of an early Jerusalem artichoke cultivar for the production of ethanol. *Biomass*, 1985, vol. 8, no. 3, pp. 233–240. DOI: 10.1016/0144-4565(85)90050-2.
2. Pekic B., Gacesa S., Pejin D. Ethanol production from topinambur. *Chem. Ind.*, 1984, vol. 38, no. 10, pp. 294–300.
3. Valuyko G.G., Shol'ts-Kulikov E.P. *Teoriya i praktika degustatsii vin* [Theory and practice of wine tasting]. Simferopol': Tavrida Publ., 2005. 232 p.
4. Krasnova N.A. Novyy podkhod k obrabotke rezul'tatov sensoryy otsenki vinodel'cheskoy produktsii [A new approach to the processing of the results of sensory evaluation of wine products]. *Vinodelie i vinogradarstvo* [Winemaking and viticulture], 2006, no. 3, pp. 6–9.
5. Plutowska B., Wardencki W. Application of gas chromatography-olfactometry (GC-O) in analysis and quality assessment of alcoholic beverages-A review. *Food chemistry*, 2008, no. 107, pp. 449–463.
6. Maarse H., (ed.) *Volatile Compounds in Foods and Beverages*. New York: Marcel Dekker Publ., 1991. pp. 454–483.
7. Skurikhin I.M. *Khimiya kon'yaka i brendi* [Chemistry of cognac and brandy]. Moscow: DeLi Print Publ., 2003. 296 p.
8. Vilanova M., Genisheva Z., Masa A., Oliveira J.M. Correlation between volatile composition and sensory properties in Spanish Albarino wines. *Microchemical Journal*, 2010, vol. 95, no. 2, pp. 240–246.
9. Lukic I., Milicevic B., Tomas S., Radeka S., Persuric D. Relationship between volatile aroma compounds and sensory quality of fresh grape marc distillates. *Journal of the Institute of Brewing*, 2012, vol. 118, no. 3, pp. 285–294.
10. Meledina T.V., Dedegkaev A.T., Afonin D.V. *Kachestvo piva: stabil'nost' vkusa i aromata, kolloidnaya stoykost', degustatsiya* [Quality of beer: flavor stability and flavor, colloidal stability, tasting]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2011. 220 p.
11. *GOST R 52813-2007. Produktsiya vinodel'cheskaya. Metody organolepticheskogo analiza* [State Standart 52813-2007. Wine products. Method of organoleptic analysis]. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 16 p.
12. Yarovenko V.L. (ed.) *Tekhnologiya spirta* [Technology of alcohol]. Moscow: Kolos Publ., 2002. 464 p.
13. Oganesyants L.A., Panasyuka A.L. *Tekhnicheskoe regulirovanie proizvodstva i oborota vinodel'cheskoy produktsii i spirtnykh napitkov. Reglamenti Evropeyskogo soyuza* [Technical regulation of production and turnover of wine products and spirits. The European Union regulations]. Moscow: Razvitiye industrial consulting group by request of the GNU of all-union scientific research institute of the brewing, nonalcoholic and winemaking industry, 2009. 200 p.

3 Дополнительная информация / Additional Information

Крикунова, Л.Н. Некоторые аспекты производства дистиллята из клубней топинамбура. Часть 3. Характеристика дистиллята / Л.Н. Крикунова, В.А. Песчанская, Е.В. Дубинина // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 36–42.

Krikunova L.N., Peschanskaya V.A., Dubinina E.V. Some aspects of production of the distillate from Jerusalem artichoke tubers (Part 3. Characteristics of the distillate). *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 36–42 (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

© **Песчанская Виолетта Александровна**

заведующая 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

© **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

© **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

© **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

© **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 637.358

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАВЛЕНИЯ ТВОРОЖНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛАВЛЕННЫХ СЫРОВ

С.М. Лупинская*, А.Н. Ганцева

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

*e-mail: lupinskaia@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 04.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Представлены теоретические сведения процесса плавления сычужных сыров, характеристики используемых в промышленности солей-плавителей. Показано, что процесс плавления творожного сырья отличается от плавления сычужного сыра, что связано с разными формами белковых мицелл сырья. Рабочей гипотезой проведения исследований являлось предположение о том, что для плавления творожного сырья можно использовать реагенты, которые влияют на активную кислотность среды, а также стабилизируют структуру, связывают влагу и улучшают консистенцию готового продукта. Изучено влияние соли-плавителя (фосфата натрия двузамещенного E339 ii), регулятора кислотности (гидрокарбоната натрия E 500 ii) и стабилизаторов структуры «Стабилан СМ1» и «Генулакт LRA-50» на способность творожного сырья к плавлению. В качестве молочного сырья использован творог обезжиренный, полученный кислотным способом. По результатам полного четырехфакторного эксперимента на двух уровнях получены уравнения регрессии и построены графические зависимости активной кислотности (рН) и органолептической оценки расплавленной творожной массы (плавимости) от исследуемых факторов. Наиболее существенное влияние на изменение указанных параметров оказали соль-плавитель и регулятор кислотности. Линейный эффект влияния фактора регулятора кислотности на рН смеси в 1,5 раза выше, а на показатель плавимости в 13 раз выше, чем фактора соли-плавителя. При производстве плавленых сыров на основе творожного сырья, полученного методом кислотной коагуляции, рекомендован следующий состав стабилизационной смеси: гидрокарбонат натрия – 1,0 % и стабилизатор структуры «Генулакт LRA-50» – 0,5 % (в соотношении 2:1). Разработанный белково-структурный комплекс можно рекомендовать при получении пастообразных плавленых сыров с нежной мажущейся консистенцией. Строгое соблюдение соотношения между белковой частью и пищевыми добавками, влияющими на структуру продукта, позволит избежать пороков: «неоднородная консистенция, не расплавившиеся частицы белка», а также «щелочной привкус». Использование творожного сырья при получении плавленых сыров позволит рационально использовать молочное сырье, снизить затраты на производство белкового сырья при получении плавленых сыров, расширить их ассортимент и сгладить сезонность производства.

Ключевые слова. Творожное сырье, плавленый сыр, стабилизаторы структуры, соль-плавитель, регулятор кислотности

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF MELTING OF COTTAGE CHEESE RAW MATERIAL WHEN MANUFACTURING PROCESSED CHEESES

S.M. Lupinskaya*, A.N. Gantseva

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

*e-mail: lupinskaia@mail.ru

Received: 04.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. Theoretical data on the process of rennet cheese melting and characteristics of cheese-melting salts used in the industry are given. It is shown that the process of melting of cottage cheese raw material differs from melting of rennet cheese that is connected with different forms of protein micelles of raw materials. The hypothesis of our research is the assumption that to melt cottage cheese raw material it is possible to use reagents, which influence active acidity of the environment, and also stabilize texture, connect moisture and improve the consistence of the finished product. The influence of cheese-melting salt (disodium phosphate E339 ii), the acidity regulator (disubstituted sodium phosphate E 500 ii) and "Stabilan CM1" and "Genulakt LRA-50" texture stabilizers on the melting ability of cottage cheese raw materials has been studied. Fat-free cottage cheese obtained with the method of acidity is used as dairy raw material. By results of a complete four-factorial experiment at two levels, the equations of regression have been obtained and graphic dependences of active acidity (pH) and an organoleptic assessment of the melted curds (melting ability) from the specified factors have been constructed. Cheese-melting salt and the regulator of acidity have the most essential impact on the change of specified parameters. The linear effect of influence of the regulator of acidity factor on pH is 1.5 times higher and that on the factor of melting ability is 13 times higher than for the factor of cheese-melting salt. When manufacturing processed cheeses based on cottage cheese raw material obtained with the method of acid coagulation it is possible to recommend the following composition of stabilization mix: 1.0% of sodium hydrogen carbonate and 0.5% "Genulakt LRA-50" texture stabilizer (in the ratio of 2:1). The developed protein and structural complex can be recommended for obtaining paste-like processed cheese with soft, easily spread

consistency. Strict observance of the protein part to food additives ratio influencing the product texture will allow avoiding such defects as a non-uniform consistence, unmelted protein particles, and alkaline flavor. The use of cottage cheese raw material when manufacturing processed cheeses allow us to use dairy raw material rationally, to lower the cost of protein raw material production, to widen the assortment of processed cheeses and to smooth production seasonality.

Keywords. Cottage cheese raw material, processed cheese, texture stabilizers, cheese-melting salt, acidity regulator

Введение

Несмотря на обширность ассортимента плавленых сыров, происходит постоянное его обновление. Это обуславливается необходимостью удовлетворения требований науки о питании, изменением потребительского спроса, а также наличием сырьевых ресурсов и соображениями рентабельности того или иного вида сыра [1, 2].

Интерес потребителей к плавленным сырам вызван их способностью хорошо сохранять свои качества во время длительного хранения (даже при плюсовых температурах), а также возможностью сочетания различных компонентов, в том числе немолочного происхождения, и получения продуктов высокой пищевой и биологической ценности.

Основным сырьем для получения плавленых сыров являются натуральные сычужные сыры. Их производство требует значительных затрат сырья, трудовых ресурсов и капитальных вложений. На одну тонну сыра в среднем расходуется 11–13 тонн молока. Высокие трудовые затраты и капитальные вложения связаны с необходимостью использования камер созревания сыров с различными режимами, а также уходом за сыром во время созревания, требующим значительного ручного труда. Поэтому сычужные сыры относятся к дорогостоящим молочным продуктам.

Кроме различных видов натуральных сыров при производстве плавленых сыров в качестве молочного белка используются быстросозревающие сыры, предназначенные для плавления, творог с различным содержанием жира. Именно белокосодержащие компоненты в комплексе с солями-плавителями участвуют в формировании качественных показателей продукта. В процессе плавления происходит разрушение белковой матрицы исходного сырья и формирование нового белкового комплекса плавленого сыра. В конечном итоге консистенция готового продукта зависит от соотношения многокомпонентной системы, основной «каркас» которой составляет белок. Жир, вода и растворенные в ней вещества равномерно распределены между белковыми структурными элементами.

Наиболее хорошо изучен процесс плавления для сычужного сыра, который имеет следующее теоретическое обоснование.

При плавлении сычужного сыра происходит взаимодействие солей-плавителей с мицеллами параказеинаткальцийфосфатного комплекса (ПККФК). Основным процессом при плавлении сыра является связывание кальция и образование параказеината натрия. Соли-плавители взаимодействуют в первую очередь со структурообразующим кальцием, который связывает отдельные мицеллы ПККФК между собой. В результате происходит разрушение параказеинового геля на отдельные

мицеллы. В связи с тем, что они имеют более мелкие размеры, повышается их растворимость. Крупные мицеллы ПККФК также разрушаются под воздействием тепла со снижением их массы примерно в 20 раз, в результате образуется теплоустойчивый высококонцентрированный коллоидный раствор параказеината натрия. Одновременно со структурными изменениями параказеинового геля и мицелл ПККФК образуются соли кальция с соответствующими анионами солей-плавителей. Это подтверждается микроструктурными исследованиями плавленых сыров [3–5].

Растворимость образованных кальциевых солей повышается при охлаждении плавленого сыра, и образовавшиеся ионы кальция снова связывают мицеллы ПККФК, образуя новый параказеиновый гель. Прочность этого геля будет зависеть от длины цепочек связанных между собой мицелл. Это в свою очередь зависит от правильно подобранной соли для плавления [6].

Структурные изменения мицеллы параказеина являются определяющими процессами при плавлении сыра. Они приводят к образованию параказеината натрия, который обладает высокой растворимостью. Наряду с этим повышается дисперсность мицелл параказеина. Все это приводит к образованию высококонцентрированного белкового коллоидного раствора, устойчивого к нагреванию и сохраняющего свои свойства при многократном нагревании и охлаждении [7–10].

С.М. Барканом была представлена «адсорбционная теория», дающая объяснение процесса плавления. По этой теории для повышения растворимости белков сыра необходимо усиление гидратации белковых мицелл. Это достигается увеличением их заряда в результате адсорбции многовалентного аниона соли-плавителя [1–3].

В процессе плавления сыра значительным структурным изменениям подвергается и его жировая фракция. В натуральном сыре жир диспергирован в белковой сети в виде жировых микрозерен, отличающихся от жировых шариков более крупными размерами. Размер жировых микрозерен превышает средний размер жировых шариков в 2–4 раза и составляет для разных сыров 8–14 мкм. Характер изменения дисперсности жировых микрозерен в процессе плавления одинаков для различных солей-плавителей и отличается лишь количественно [6, 7, 12].

В основном при выработке плавленых сыров используют соли-плавители: фосфаты и цитраты натрия, а также их смеси.

Фосфатные добавки «Фонакон» и «Полифан» представляют собой смесь триполифосфата натрия и кислого пирофосфата натрия с примесью фторофосфатов и других конденсированных фосфатов.

Такой состав обеспечивает высокую эффективность этих солей-плавителей [8, 10].

«Фонакон» и «Полифан» обладают достаточной буферной емкостью, высокой кальцийотнимающей и пептизирующей способностью, что позволяет использовать их для переработки сырья различной степени зрелости. Данные соли-плавители принимают активное участие в структурообразовании плавленых сыров, образуя сшивку между белковыми цепями, придавая дополнительную прочность и вязкость белковому каркасу. Они способствуют получению систем с однородной, гомогенной структурой и равномерно распределенными макро- и микрочастицами.

Для выработки плавленых сыров ряд предприятий используют натрий фосфорнокислый двузамещенный двенадцативодный как наиболее простую в применении и дешевую соль-плавитель. Однако во многих случаях плавленые сыры, выработанные с динатрийфосфатом, имеют пороки вкуса и консистенции: щелочной, мыльный вкус при переработке незрелого сычужного сыра; грубую, колющуюся консистенцию с наличием не растворившихся частиц. Это объясняется их слабой декальцинирующей и пептизирующей способностью [3, 4].

Цитраты натрия (натриевые соли лимонной кислоты) издавна считаются лучшими в отечественной и мировой практике производства плавленых сыров. Эти соли-плавители обладают сильной декальцинирующей и пептизирующей способностью, отличаются хорошей буферной емкостью, поэтому могут применяться для плавления сырья различной степени зрелости. Структура плавленого сыра, выработанного с цитратом натрия, характеризуется однородностью, тонкой дисперсностью белковой, водной и жировой фаз.

Использование рассмотренных солей-плавителей оправдано лишь в том случае, если в качестве белкового сырья для плавления применяются сычужные сыры, допускается лишь их частичная замена творогом. В случае полной замены сычужного сыра на творог использование данных солей дает неудовлетворительные результаты.

Творожное сырье отличается по характеристикам от сычужных сыров. Для перевода его в растворимое состояние необходимо изменение активной кислотности (рН) в щелочную сторону, нет необходимости использовать реагенты, которые связывают ионы кальция, как это происходит при плавлении сычужных сыров [6]. Особенность плавления творожного сырья заключается в том, что для перевода белка (казеина) в растворимое состояние необходимо изменение заряда белковых частиц при изменении реакции среды. Химические процессы замещения ионов кальция в параказеинате на анионы солей-плавителей, имеющие место при плавлении сычужных сыров, в данном случае практически не протекают. Это связано с разными формами белка в кислотном твороге и сычужном сыре.

Белок сычужного сыра представлен параказеином, который образуется из отдельных фрагментов пара-каппа-казеина, соединенных между собой ионами кальция. Чтобы увеличить подвижность

молекул ПККФК, необходимо разрушить кальциевые мостики этого комплекса. Такое их разрушение имеет место при плавлении сычужных сыров [5, 7].

Структурными элементами кислотного творога являются электронейтральные мицеллы казеина, агрегировавшие в процессе кислотной коагуляции. Поэтому для плавления творожного сырья можно использовать реагенты, которые влияют на активную кислотность среды, а также стабилизируют структуру, связывают влагу и улучшают консистенцию готового продукта [11]. Представленная рабочая гипотеза положена в основу проведения данных экспериментальных исследований.

Цель исследования заключалась в изучении влияния соли-плавителя, регулятора кислотности и стабилизаторов структуры на способность творожного сырья к плавлению и выбору оптимальных реагентов для его плавления.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования в работе являлись:

- обезжиренный творог, полученный методом кислотной коагуляции;
- гидрокарбонат натрия (E500 ii);
- фосфат натрия двузамещенный (E339 ii);
- стабилизатор структуры «Стабилан СМ1»;
- стабилизатор «Генулакт LRA-50».

Содержание влаги в обезжиренном твороге составляло $(80 \pm 1) \%$.

Гидрокарбонат натрия (бикарбонат) применяется в молочной промышленности для регулирования кислотности творога в процессе плавления.

Фосфат натрия двузамещенный (динатрий фосфат) относится к самым распространенным солям-плавителям, используемым при производстве плавленых сыров.

В состав стабилизатора структуры «Стабилан СМ1» входят ксантановая камедь (E415), натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (E466), агар-агар (E406).

В состав стабилизатора структуры «Генулакт LRA-50» входят каррагинаны.

Стабилизаторы структуры, применяемые в работе, разрешены к использованию в пищевой промышленности и соответствуют требованиям, предъявляемым к пищевым добавкам согласно ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

Содержание влаги определяли по ГОСТ 3626.

Измерение рН проводили на рН-метре «рН-221».

Показатель плавимости определяли визуально по 5-бальной шкале.

Повторность исследований – трехкратная.

Эксперимент проводили следующим образом.

В подготовленный обезжиренный творог вводили реагент, в соответствии с матрицей эксперимента, тщательно вымешивали и оставляли для созревания при температуре 20–22 °С на 30 минут. Затем полученную смесь подвергали плавлению при температуре $(80 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$ в течение (10 ± 5) минут. После охлаждения расплавленную массу оценивали по шкале, представленной в табл. 1.

Таблица 1

Шкала балловой оценки консистенции
расплавленной творожной массы

Баллы	Словесная характеристика консистенции творожного сырья после плавления
5	Однородная, стекловидная, пластичная, без крупинок белка
4	Однородная, стекловидная, пластичная, с единичными частицами нерасплавленного белка (до 10-ти)
3	Однородная, имеется много нерасплавленных частиц белка (до 50-ти)
2	Неоднородная, крошливая, с вкраплениями многочисленных нерасплавленных частиц белка, без выделения сыворотки
1	Грубая, несвязная, выделение сыворотки, коагуляция частиц белка

Результаты и их обсуждение

Для решения поставленной цели был проведен полнофакторный эксперимент на двух уровнях, план эксперимента представлен в табл. 2.

Таблица 2

План эксперимента

Уровни варьирования	Факторы			
	X1	X2	X3	X4
Основной интервал варьирования (0)	0,45	0,25	0,25	0,25
Верхний (+)	0,9	0,5	0,5	0,5
Нижний (-)	0	0	0	0

Основными факторами являлись: X1 – доза фосфата натрия двузамещенного (ДФ), X2 – доза гидрокарбоната натрия (БК), X3 – доза стабилизатора «Генулакт LRA-50» (LRA-50), X4 – доза стабилизатора «Стабилан СМ1» (СМ1). В качестве параметров оптимизации определяли рН и органолептическую оценку расплавленной творожной массы – плавимость (Пл).

Матрица и результаты эксперимента представлены в табл. 3.

Таблица 3

Матрица и результаты эксперимента

№ опыта	Факторы				рН у ₁	Пл, балл у ₂
	X1	X2	X3	X4		
1	0	0	0	0	4,29	1
2	0,9	0	0	0	5,26	2
3	0	0,5	0	0	5,66	5
4	0,9	0,5	0	0	6,48	5
5	0	0	0,5	0	4,38	2
6	0,9	0	0,5	0	5,33	2
7	0	0,5	0,5	0	5,74	4
8	0,9	0,5	0,5	0	6,49	5
9	0	0	0	0,5	4,53	1
10	0,9	0	0	0,5	5,35	3
11	0	0,5	0	0,5	5,85	5
12	0,9	0,5	0	0,5	6,59	5
13	0	0	0,5	0,5	4,52	1
14	0,9	0	0,5	0,5	5,35	3
15	0	0,5	0,5	0,5	5,9	5
16	0,9	0,5	0,5	0,5	6,59	5

По результатам эксперимента получены уравнения регрессии и построены графики зависимости активной кислотности (рН) и органолептической оценки расплавленной творожной массы (плавимости (Пл)) от названных факторов. Проведен анализ влияния факторов на изучаемые параметры, незначимые члены уравнений исключены.

Уравнение регрессии результатов эксперимента для показателя активной кислотности (рН) в кодированных переменных выглядит следующим образом

$$y_1 = 5,52 + 0,41x_1 + 0,65x_2 \quad (1)$$

Графическая зависимость влияния дозы ДФ и БК на показатель активной кислотности расплавленной творожной массы представлена на рис. 1.

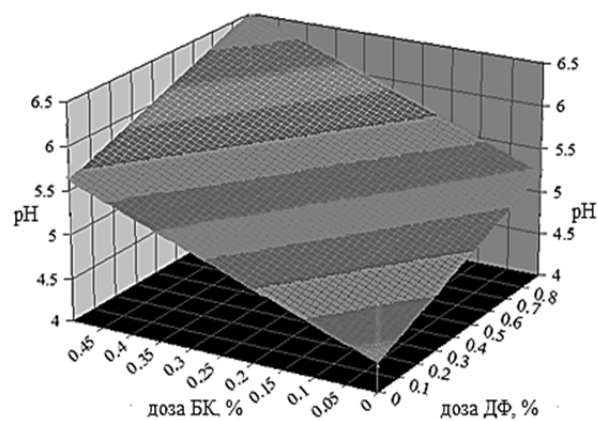


Рис. 1. Влияние дозы фосфата натрия двузамещенного и дозы гидрокарбоната натрия на активную кислотность расплавленной творожной массы

Коэффициент корреляции для данного уравнения равен 0,98. Коэффициент адекватности по критерию Фишера – 220,3. Из уравнения 1 и рис. 1 следует, что наибольшее влияние на повышение активной кислотности творожного сырья оказывает гидрокарбонат натрия (регулятор кислотности). В исследуемом интервале варьирования факторов при введении БК рН изменялась от (4,3±0,03) до (5,66±0,03). При введении ДФ в творожное сырье рН изменялась от (4,3±0,03) до (5,26±0,03). При использовании стабилизаторов структуры «СМ1» и «LRA-50» рН творожного сырья также смещалась в щелочную сторону, но незначительно. Так для «СМ1» изменения составили 0,2 ед. рН, для «LRA-50» – 0,1 ед. рН.

Таким образом, существенное влияние на активную кислотность расплавленной творожной массы оказывают доза ДФ и доза БК. Более интенсивное влияние на изменение рН оказывает БК (более, чем в 1,5 раза).

На основании уравнения 1 можно определить дозу гидрокарбоната натрия, необходимую для повышения активной кислотности творожной массы на единицу рН. Отсюда можно рассчитать количество реагента для повышения рН, которое должна быть в процессе плавления творожного сырья 5,9–6,0. Увеличение дозы гидрокарбоната натрия

сверх указанного значения может привести к появлению в продукте неприятного щелочного или даже мыльного привкуса.

Уравнение регрессии результатов эксперимента для показателя органолептической оценки расплавленной творожной массы (плавимость) в кодированных переменных выглядит следующим образом

$$y_2 = 3,43 + 0,36x_1 + 1,48x_2 + 0,18x_3 - 0,20x_1x_2 \quad (2)$$

Зависимость влияния дозы фосфата натрия двузамещенного (ДФ) и дозы гидрокарбоната натрия (БК) на показатель плавимости творожной массы представлена на рис. 2. Фиксированное значение дозы «Генулакт LRA-50» выбрано на нижнем уровне.

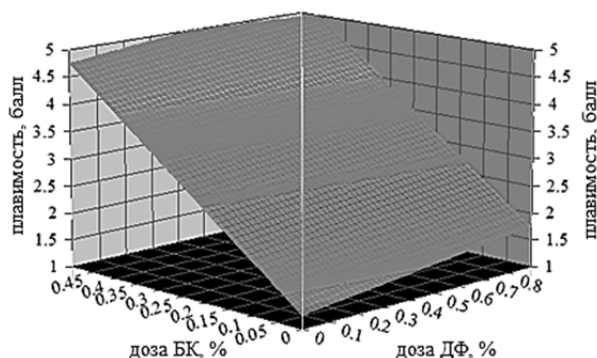


Рис. 2. Влияние дозы фосфата натрия двузамещенного и дозы гидрокарбоната натрия на показатель плавимости творожной массы

Коэффициент корреляции для данного уравнения равен 0,98. Коэффициент адекватности по критерию Фишера – 25.

Как видно из уравнения, БК оказывает наибольшее влияние на показатель плавимости, причем его вклад в увеличении балловой оценки консистенции, по сравнению с ДФ, больше примерно в 13 раз. Таким образом, гидрокарбонат натрия лучше расплавляет творожную массу, чем фосфат натрия двузамещенный.

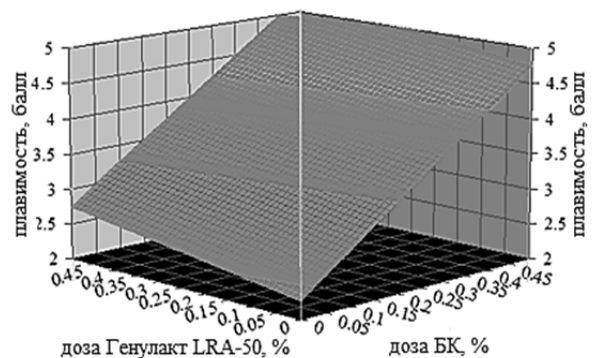


Рис. 3. Влияние дозы стабилизатора «Генулакт LRA-50» и дозы гидрокарбоната натрия на показатель плавимости творожной массы

Зависимость влияния дозы БК и LRA-50 на показатель плавимости творожной массы представле-

на на рис. 3. Фиксированное значение дозы ДФ (0,9 %) установлено на верхнем уровне.

Коэффициент корреляции для данного уравнения равен 0,96. Коэффициент адекватности по критерию Фишера – 13.

В уравнении 2 значимыми являются факторы X1, X2, X3 и взаимодействие факторов X1, X2. На плавимость творожного сырья оказывают влияние дозы БК, ДФ, LRA-50, причем при одновременном увеличении дозы реагентов БК и ДФ плавимость творожного сырья снижается.

Хорошие результаты плавимости показали образцы под номерами 3, 4, 8, 11, 12, 15, 16 (табл. 3). Во всех этих образцах присутствовал гидрокарбонат натрия. Причем более упругую консистенцию имели образцы с использованием стабилизаторов. Использование только ДФ при плавлении творожного сырья не привело к улучшению плавимости творожной массы.

Следует отметить, что включение фосфатов в состав стабилизационных смесей для плавления сырья сдвигает равновесие между кальцием и фосфором в готовом продукте в сторону фосфора, что не соответствует формуле сбалансированного питания. Это дает основание для выбора компонентов в стабилизационной смеси, не содержащих фосфор.

Наилучший результат получен при использовании регулятора кислотности гидрокарбоната натрия и стабилизатора структуры «Генулакт LRA-50».

В состав стабилизатора «Генулакт LRA-50» входят каррагинаны, являющиеся полисахаридами, способными формировать плотную, хорошо нарезаемую структуру. Причиной широкого применения каррагинанов при производстве плавленых сыров является их способность взаимодействовать с молочным белком и в результате образовывать гели. Использование каррагинанов позволяет значительно улучшить консистенцию плавленого сыра, снизить его себестоимость и откорректировать пороки сырья [12].

На основании экспериментальных данных при производстве плавленых сыров на основе творожного сырья, полученного методом кислотной коагуляции, можно рекомендовать следующий состав стабилизационной смеси: гидрокарбонат натрия – 1,0 % и стабилизатор структуры «Генулакт LRA-50» – 0,5 % (в соотношении 2:1).

Разработанный белково-структурный комплекс можно рекомендовать для получения пастообразных плавленых сыров с нежной мажущейся консистенцией. Строгое соблюдение соотношения между белковой частью и пищевыми добавками, влияющими на структуру продукта, позволит избежать следующих пороков: «неоднородная консистенция, не расплавившиеся частицы белка», а также «щелочной привкус».

Использование творожного сырья при получении плавленых сыров позволит рационально использовать молочное сырье, снизить затраты на производство белкового сырья при получении плавленых сыров, расширить их ассортимент и сгладить сезонность производства.

Список литературы

1. Свириденко, Ю.Я. Состояние и перспектива производства плавленых сыров / Ю.Я. Свириденко, А.В. Дунаев // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 4. – С. 7–11.
2. Роздова, В.Ф. Научные и практические аспекты повышения качества плавленых сыров / В.Ф. Роздова // Сыроделие и маслоделие. – 2004. – № 2. – С. 14–16.
3. Баркан, С.М. Плавленые сыры / С.М. Баркан, М.Ф. Кулешова. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 282 с.
4. Guinee, T.P. The effect of calcium content of Cheddar-style cheese on the biochemical and rheological properties of processed cheese / T.P. Guinee, B.T. O'Kennedy // Dairy Science and Technology. – 2009. – № 89. – P. 317–333.
5. Электронно-микроскопические исследования трансформации параказина под действием теплового и солевого факторов / Н.П. Захарова, И.Т. Смыков, Н.Ю. Соколова, Е.В. Кононова // Вклад науки в развитие маслоделия и сыроделия. – Углич, 1994. – С. 98–99.
6. Соколова, И.Ю. Влияние российских солей-плавителей на качество плавленых сыров / И.Ю. Соколова // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 4. – С.16–19.
7. Научное обоснование технологических операций процесса производства плавленых сыров / Н.П. Захарова, Н.Ю. Соколова, С.В. Кучеренко [и др.] // Переработка молока. – 2007. – № 10. – С.44–45.
8. Mayer, H. Bitterness in processed cheese caused by an overdose of specific emulsifying agent? / H. Mayer // Intern. Dairy. – 2011. – № 11.
9. Goyal, S. Analyzing shelf life of processed cheese by soft computing / S. Goyal, G.K. Goyal // Scientific Journal of Animal Science. – 2012. – № 1(3). – P. 119–125.
10. Silva, Rita C. S. N. Sensory and Instrumental Consistency of Processed Cheeses / Rita C. S. N. Silva, Valéria P.R. Minim, Márcia C. R. T. Vidigal, Alexandre N. Silva Andréa A. Simiqueli & Luís A. Minim // Journal of Food Research – 2012. – Vol. 1, No. 3. – P. 204–213.
11. Лупинская, С.М. Стабилизационная смесь для плавления творожного сыра при производстве пастообразных плавленых сырных продуктов / С.М. Лупинская, С.Г. Чечко // Сыроделие и маслоделие. – 2014. – № 2. – С. 30–33.
12. Кашеварова, И.А. Новые решения для улучшения текстуры и вкуса плавленых сыров и плавленых сырных продуктов / И.А. Кашеварова // Молочная промышленность. – 2012. – № 9. – С. 52.

References

1. Sviridenko Yu.Ya., Dunaev A.V. Sostoyanie i perspektiva proizvodstva plavlenykh syrov [Situation and prospects of the processed cheese production]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese making and butter manufacture], 2009, no. 4, pp. 7–11.
2. Rozdova V.F. Nauchnye i prakticheskie aspekty povysheniya kachestva plavlenykh syrov [Scientific and practical aspects of the processed cheese quality improvement]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese making and butter manufacture], 2004, no. 2, pp. 14–16.
3. Barkan S.M., Kuleshova M.F. *Plavlenye syry* [Processed cheeses]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1967. 282 p.
4. Guinee T.P., O'Kennedy B.T. The effect of calcium content of Cheddar-style cheese on the biochemical and rheological properties of processed cheese. *Dairy Science and Technology*, 2009, vol. 89, no. 3–4, pp. 317–333.
5. Zakharova N.P., Smykov I.T., Sokolova N.Yu., Kononova E.V. Elektronno-mikroskopicheskie issledovaniya transformatsii parakazeina pod deystviem teplovogo i solevogo faktorov [Electronic and microscopic researches of transformation of paracasein under the influence of thermal and salt factors]. *Sbornik tezisov dokladov na konferentsii «Vklad nauki v razvitie maslodeliya i syrodelliya»* [Proc. of the Conf. «Contribution of science to the development of butter making and cheese making»]. Uglich, 1994, pp. 98–99.
6. Sokolova N.Yu. Vliyaniye rossiyskikh soley-plaviteley na kachestvo plavlenykh syrov [Effects of the Russian melting salts on the processed cheese quality]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese making and butter manufacture], 2009, no. 4, pp. 16–19.
7. Zakharova N.P., Sokolova N.Yu., Kucherenko S.V., Kalabushkin V.V., Perfil'ev G.D., Smykov I.T., Lepilina O.V. Nauchnoye obosnovaniye tekhnologicheskikh operatsiy protsessu proizvodstva plavlenykh syrov [Scientific justification of technological operations of process of production of processed cheeses]. *Pererabotka moloka* [Processing of milk], 2007, no. 10, pp. 44–45.
8. Mayer H.K. Bitterness in processed cheese caused by an overdose of specific emulsifying agent. *Intern. Dairy*, 2001, no. 11, pp. 533–542.
9. Goyal S., Goyal G.K. Analyzing shelf life of processed cheese by soft computing. *Journal of Animal Science*, 2012, vol. 3, no. 1, pp. 119–125.
10. Silva R.C.S.N., Minim V.P.R., Vidigal M.C.R.T., Silva A.N., Simiqueli A.A., Minim L.A. Sensory and Instrumental Consistency of Processed Cheeses. *Journal of Food Research*, 2012, vol. 1, no. 3, pp. 204–213. DOI: 10.5539/jfr.v1n3p204.
11. Lupinskaya S.M., Chechko S.G. Stabilizatsionnaya smes' dlya plavleniya tvorozhnogo syr'ya pri proizvodstve pastoobraznykh plavlenykh syrnykh produktov [Development of stabilization mixture for melting of curd raw materials in the production of pasty fused cheese products]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese making and butter manufacture], 2014, no. 2, pp. 30–33.
12. Kasevarova I.A. Novye resheniya dlya uluchsheniya tekstury i vkusa plavlenykh syrov i plavlenykh syrnykh produktov [New decisions for improvement of texture and taste of processed cheeses and melted cheese products]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2012, no. 9, p. 52.

Дополнительная информация / Additional Information

Лупинская, С.М. Изучение процесса плавления творожного сыра при производстве плавленых сыров / С.М. Лупинская, А.Н. Ганцева // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 43–49.

Lupinskaya S.M., Gantseva A.N. Investigation of the process of melting of cottage cheese raw material when manufacturing processed cheeses. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 43–49 (In Russ.).

© **Лупинская Светлана Михайловна**

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemtipp.ru

© **Ганцева Ангелина Николаевна**

аспирант кафедры технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

© **Svetlana M. Lupinskaya**

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technology Milk and Dairy Products, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemtipp.ru

© **Angelina N. Gantseva**

Postgraduate Student of the Department of the Technology of Milk and Dairy Products, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia



ЖЕЛЕЙНО-ФРУКТОВЫЙ МАРМЕЛАД ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ С СОКОМ ИЗ ЯГОД ОБЛЕПИХИ

Г.О. Магомедов, Л.А. Лобосова*, С.Н. Журахова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет инженерных технологий»,
394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

*e-mail: lobosova63@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 28.06.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Перспективным и актуальным является разработка новых видов мармеладных изделий с использованием нетрадиционных видов растительного сырья, содержащее в своем составе повышенное количество витаминов, макро- и микроэлементов, пищевых волокон. Авторами предложен способ получения желеино-фруктового мармелада на агаре и фруктозе с добавлением облепихового сока, формируемого методом «шприцевания» в барьерную пленку. За контрольный образец взята унифицированная рецептура мармелада «Желеино-фруктовый», в котором яблочное пюре заменили на сок из ягод облепихи, сахар и патоку – на фруктозу в пересчете на сухие вещества. Оценивали влияние рецептурных компонентов на показатели качества желеиных масс. При добавлении фруктозы и сока из ягод облепихи происходит снижение пластической прочности на 9 кПа. Образцы на фруктозе обладают меньшей эффективной вязкостью, чем на сахаре, что положительно скажется на процессе формования методом «шприцевания». По органолептическим показателям у мармелада приятный вкус, запах, оригинальный цвет, студнеобразная консистенция. Определено содержание антиоксидантной активности в готовых изделиях. Этот показатель в 9 раз превосходит контрольный образец. Мармелад упаковывался в три вида пленок: металлизированную, полиэтиленовую, поливинилхлоридную. Лучшие микробиологические показатели у изделий, хранившихся в металлизированной пленке в течение 6 месяцев. Мармелад обладает повышенной пищевой ценностью по содержанию минеральных веществ (калия, натрия, магния, фосфора, железа) и витаминов (А, С, Е, РР и группы В).

Ключевые слова. Мармелад, сок из ягод облепихи, фруктоза, формование, повышенная пищевая ценность

JELLY-FRUIT MARMALADE OF HIGH NUTRITIONAL VALUE WITH JUICE FROM SAND BUCKTHORN BERRIES

G.O. Magomedov, L.A. Lobosova*, S.N. Zhurahova

Voronezh State University of Engineering Technologies,
19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia

*e-mail: lobosova63@mail.ru

Received: 28.06.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. The development of new types of marmalade products using non-traditional types of plant raw materials containing an increased amount of vitamins, macro and microelements, and dietary fiber is promising and actual. A method for producing jelly-fruit marmalade on agar and fructose with the addition of sand buckthorn juice formed with the method of "syringing" into the barrier film has been proposed. A unified marmalade recipe "Jelly-fruit" has been taken as a control sample, in which apple puree has been replaced by sand buckthorn juice, sugar and molasses to fructose in terms of dry matter. The influence of formulation components on the quality indices of jelly masses has been evaluated. When adding fructose and sand buckthorn juice the elastic strength decreases by 9 kPa. Samples on fructose have lower effective viscosity than samples on sugar which positively affect the process of molding with the method of "syringing". According to the organoleptic characteristics this marmalade has pleasant taste, smell, original color, gelatinous consistency. The content of antioxidant activity in finished products has been determined. This index is 9 times higher than that in the control sample. Fruit jelly is packed in three kinds of films: metalized, polyethylene, polyvinyl chloride. The products stored in the metalized film for 6 months have the best microbiological indices. Marmalade has an increased nutritional value concerning the content of minerals: potassium, sodium, magnesium, phosphorus, and iron and vitamins: A, C, E, PP and B group.

Keywords. Jelly-fruit marmalade, sand buckthorn juice, fructose, molding, increased nutritional value

Введение

Важной задачей улучшения состояния здоровья населения является создание обогащенных продуктов питания функционального назначения повышенной пищевой ценности.

Вырабатываемый ассортимент функциональных пищевых продуктов в нашей стране ограничен.

На сегодняшний день вырабатываемые кондитерские изделия часто не соответствуют нормам здорового, сбалансированного питания.

Приоритетное направление кондитерской отрасли – поиск новых растительных источников, биологически активных веществ, разработка технологий кондитерских изделий, обеспечивающих

население продуктами повышенной пищевой ценности [3].

Разработка новых видов изделий, в том числе мармелада, с использованием нетрадиционных видов растительного сырья, содержащего в своем составе повышенное количество витаминов, макро- и микроэлементов, пищевых волокон – актуальная задача [1].

В качестве фруктового наполнителя выбран облепиховый сок, содержащий углеводы, жиры, белки, пищевые волокна, органические кислоты, флавоноиды, катехины, стерины, кумарины, витамины А, С, Н, РР, группы В, β -каротин, минеральные вещества – калий, кальций, фосфор, кремний, железо, титан, цинк и др. Урсоловая кислота, входящая в состав сока, ускоряет заживление ран, снимает воспалительные процессы; олеиновая – способствует нормализации циркуляции крови; янтарная – нейтрализует воздействие на организм антибиотиков, радиации, стрессов.

Сок оказывает благотворное влияние на общее состояние организма, усиливает выделение желчи, пищевых ферментов [2, 7].

Сахарозаменителем выбрана фруктоза. Этот моносахарид играет важную роль в энергетическом обмене организма человека. Особенностью ее как пищевого продукта является то, что фруктоза слаще сахарозы в 1,8 раза и усваивается быстрее. В отличие от других углеводов фруктоза может принимать участие во внутриклеточном обмене без участия инсулина и не стимулирует его образование, поэтому широко применяется в продуктах диетического и диабетического питания людей, страдающих сахарным диабетом.

Для достижения достаточного уровня сладости продуктов ее можно использовать в меньшем количестве, снижая, тем самым, потребление сахара.

Преимуществом фруктозы в сравнении с другими заменителями сахара является также и то, что продукты с фруктозой приемлемы не только для диабетиков, но и для здоровых людей. Фруктоза нашла применение в продуктах детского питания, предназначенных для детей, страдающих невосприимчивостью к глюкозе и галактозе.

Фруктоза имеет ряд специфических физико-химических свойств, оказывающих влияние на применение ее в пищевой промышленности. Она обладает высокой гигроскопичностью и начинает сорбировать влагу из окружающего воздуха уже при относительной влажности воздуха 45–50 %. Даже небольшое добавление фруктозы к сахарозе приводит к появлению у последней гигроскопичных свойств.

Выбор пектина в качестве студнеобразователя обусловлен его полезными свойствами: снижение уровня холестерина в крови, стабилизация окислительно-восстановительных процессов, способность выводить из тканей пестициды, ионы тяжелых металлов, радиоактивные элементы, при этом не происходит нарушения естественного бактериологического баланса организма [6].

Цель работы – разработка технологии мармелада на пектине с соком из ягод облепихи и сахаро-

заменителем – фруктозой, повышенной пищевой ценности, функционального назначения, увеличенного срока годности.

Объекты и методы исследования

Массовую долю влаги в сырье определяли рефрактометрическим методом по ГОСТ 5900-73, пластическую прочность желейных масс – на электронном структуромере СТ-1, вязкость на вискозиметре РВ-8, антиоксидантную активность на приборе «Цвет Яуза».

Результаты и их обсуждение

За контрольный образец выбрана унифицированная рецептура мармелада «Желейно-фруктовый», вырабатываемого по ГОСТ 6442-2014.

Проводили замену яблочного пюре на сок из ягод облепихи в пересчете на сухие вещества. Из рецептурного состава было исключено углеводсодержащее сырье – сахар и патока, произведена их замена на фруктозу.

Оценивали влияние рецептурных компонентов на показатели качества желейных масс, полученных по традиционной технологии с сахаром и яблочным пюре, и по разработанной технологии [9].

Студнеобразование – процесс, протекающий при получении пастиломармеладных изделий [4, 6].

Исследовали зависимость изменения пластической прочности желейных масс от времени выстойки при температуре 25 °С (рис. 1.)

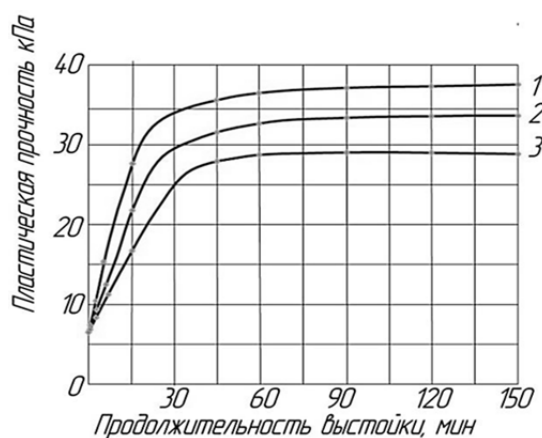


Рис. 1. Зависимость пластической прочности желейных масс от продолжительности выстойки состава (табл. 1)

Таблица 1
Рецептура мармеладных масс

Рецептурные компоненты	Образцы желейных масс на пектине		
	1 (контроль) (w= 28 %)	2 (w= 30 %)	3 (w= 31 %)
Сахар-песок	+	-	-
Патока	+	-	-
Пектин	+	+	+
Фруктоза	-	+	+
Сок из ягод облепихи	-	-	+
Яблочное пюре	+	+	-

Установили, что при добавлении фруктозы и сока из ягод облепихи происходит снижение пластической прочности на 9 кПа (рис. 1), по сравнению с контрольным образцом. Тем не менее, для хорошей формоудерживающей способности этих значений достаточно.

Вязкость – один из наиболее важных показателей качества жележных масс.

Образцы на фруктозе обладают меньшей эффективной вязкостью, чем на сахаре, что положительно скажется на процессе формирования методом «шприцевания» (рис. 2) [3].

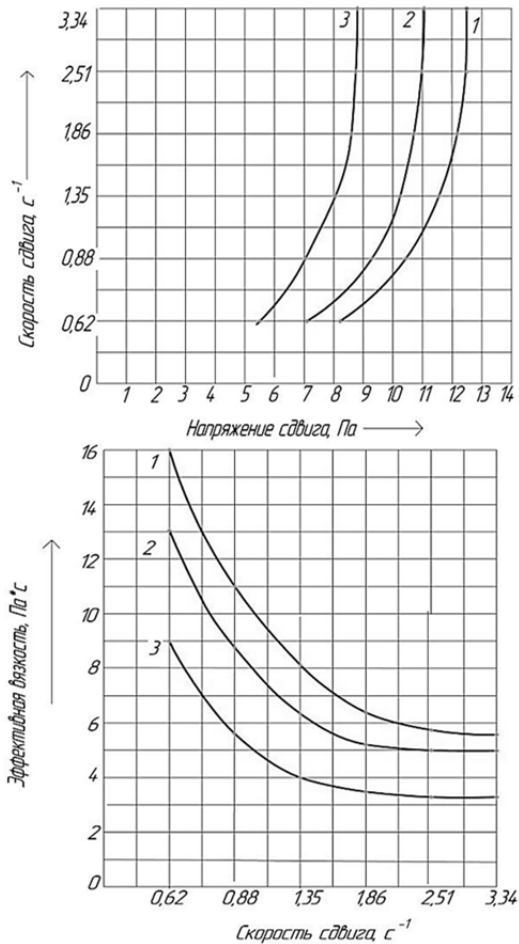


Рис. 2. Зависимость эффективной вязкости жележной массы на пектине от скорости сдвига (а) и кривая течения (б) при $t=70\text{ }^{\circ}\text{C}$ состава (табл. 1)

По органолептическим показателям мармелад с соком из ягод облепихи обладает оригинальным цветом, студнеобразной консистенцией (табл. 2).

Таким образом, разработанные изделия соответствуют требованиям ГОСТ 6442-2014.

Уникальные вещества, необходимые для человеческого организма, – антиоксиданты. Они нейтрализуют действие свободных радикалов в организме. К ним относятся витамины С, Е, А, минеральные вещества – селен, хром, медь, цинк, марганец. Самыми сильными антиоксидантными свойствами природного происхождения обладают антоцианы и флавоноиды. При этом растения, их содержащие, имеют оптимальный для организма сос-

тав, позволяющий полностью их усваивать в отличие от синтетических веществ [5].

Таблица 2

Показатели качества жележно-фруктового мармелада

Показатели	Мармелад	
	Жележно-фруктовый (контроль)	«Солнечный»
Вкус, запах	Ясно выраженные, свойственные данному наименованию изделия, без постороннего привкуса и запаха	
Цвет	Свойственный яблочному пюре	Желтый
Консистенция	Студнеобразная	
Поверхность	Обсыпана сахаром-песком	С четкими гранями, без деформации, слегка липкая
Массовая доля влаги, %	18,0	20,0
Массовая доля фруктового сырья, %	30	55

Экспериментальным путем определено содержание антиоксидантной активности в мармеладе с фруктозой и соком из ягод облепихи.

Показано, что в мармеладе «Солнечный», по сравнению с контролем, значение антиоксидантной активности больше в 9 раз, что связано с высоким содержанием витаминов, микро- и макроэлементов в исходном сырье.

При производстве кондитерских изделий в результате многочисленных технологических операций изменяется химическая структура, физико-химические свойства (в т.ч. спектральные характеристики). На сегодня актуальная задача – стабилизация и восстановление цвета продуктов с помощью пищевых добавок. С помощью красителей расширяют ассортимент конфет, карамели, сбитых кондитерских изделий и др.

Цвет продуктов питания – важный фактор при оценке пищевых продуктов, оказывающий влияние на конкурентоспособность.

Сканерометрическим методом определяли интенсивность окраски, применяя компьютерную обработку изображений в цветовом режиме RGB.

Интенсивность цвета характеризуется от 0 (черный цвет) до 255 (белый) условных единиц цвета. Наибольшая интенсивность цвета – 77 усл. ед. цв. – у образца, взятого за контроль, поэтому изделие содержит минимальное количество красящих веществ.

Интенсивность цвета образца с использованием сока из ягод облепихи снижается на 17 усл. ед. цв., что свидетельствует об изменении цвета изделия от светлоокрашенного к более темному.

Образцы мармелада упаковывали в пленки: металлизированную, полиэтиленовую, поливинилхлоридную. Определяли микробиологические показатели мармелада в процессе хранения (табл. 3).

Микробиологические показатели качества

№	Наименование упаковки	Микробиологические требования ТР ТС 021/2011							
		БГКП (голиформы)		КМАФАМнМ, КОЕ/г		Дрожжи, КОЕ/г		Плесени КОЕ/г	
1	Металлизованная пленка по типу «флоу-пак»	Масса продукта (г) в котором не допускается 0,1	Не обнаружены	Не более $5 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^2$	Не более 50	Менее 12	50	Менее 12
2	Полиэтиленовая пленка		Не обнаружены	Не более $5 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^2$	Не более 50	Менее 12	50	Менее 12
3	Открытая тара		Не обнаружены	Не более $5 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^2$	Не более 50	Менее 12	50	Менее 12

Таким образом, в процессе хранения непрозрачная (металлизованная) пленка обеспечивает наименьшее развитие микроорганизмов.

Таблица 4

Пищевая ценность изделий

Наименование пищевых веществ	Содержание пищевых веществ в мармеладе, г (мг) / 100 г	
	Желейно-фруктовый на пектине (контроль)	Желейно-фруктовый на пектине «Солнечный»
Белки, г	0,63	4,02
Жиры, г	-	0,74
Углеводы, г	72,75	71,12
Органические кислоты, г	1,17	0,21
Пищевые волокна, г	2,4	3,8
Минеральные вещества, мг		
Кальций	12,51	80,99
Калий	116,14	377,46
Натрий	16,0	27,23
Магний	3,48	51,88
Фосфор	11,38	105,17
Железо	1,01	3,47
Витамины, мг		
РР	0,44	0,13
В-каротин	-	0,42
А, мкг	-	54,92
В ₁	0,01	0,31
В ₂	0,02	0,32
В ₅	-	0,65
В ₆	-	0,81
В ₉ , мкг	-	1,98
С	1,72	39,50
Е	0,22	1,74
Н, биотин	-	0,72

Для инноваций кондитерских предприятий характерно постоянное обновление продукции. К этой идее руководство предприятий идет разными

путями: через изменения в технологии, разработку и внедрение новых рецептур изделий повышенной пищевой ценности, увеличение срока годности.

Приготовленные образцы мармелада обладают повышенной пищевой ценностью по содержанию минеральных веществ: калия, натрия, магния, фосфора, железа, витаминов: А, С, Е, РР и группы В (табл. 4) [4, 8].

Энергетическая ценность нового изделия составила 250 ккал (1045 кДж), что на 105 ккал (438,9 кДж) меньше, чем в контрольном образце.

На кафедре технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств была проведена дегустация мармелада «Желейно-фруктовый» (контроль) и мармелада «Солнечный» среди обучающихся магистрантов 2 курса.

По их мнению, лучшим образцом является мармелад «Солнечный», он набрал максимальное количество баллов – 9. Это говорит о высоких органолептических свойствах.

Мармеладные изделия упакованы с помощью шприца непрерывного действия, применяемого в мясной промышленности, в металлизированную барьерную пленку термоспаиванием по типу «флоу-пак».

В результате такого инновационного способа формирования методом «шприцевания» и упаковки происходит упрощение технологического процесса, сокращаются производственные площади. Срок годности изделий в упаковке – 6 месяцев.

Таким образом, разработка мармелада с соком из ягод облепихи и фруктозой позволяет не только расширить ассортимент продукции, но и повысить пищевую ценность изделий. Благодаря содержанию в рецептурном составе фруктозы разработанное изделие можно рекомендовать людям, страдающим сахарным диабетом, а также людям, ведущим активный и здоровый образ жизни.

Список литературы

1. Атрошкина, Е. Упаковывание во «флоу-пак»: преимущества и нюансы / Е. Атрошкина // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2013. – № 3–4 – С. 44–45.
2. Касьянов, Г.И. Совершенствование технологии комплексной переработки плодов облепихи / Г.И. Касьянов, К.К. Мустафаева, М.Г. Редько // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2014. – № 1 (337). – С. 77–79.
3. Коденцова, Л.М. Обогащение пищевых продуктов массового потребления витаминами и минеральными веществами как способ повышения их пищевой ценности / Л.М. Коденцова // Пищевая промышленность. – 2014. – № 3. – С. 14–16.

4. Исследование структурообразования желейных масс на основе агара и пектина / Г.О. Магомедов, А.А. Журавлев, Л.А. Лобосова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2014. – № 5. – С. 29–32.
5. Мисин, В.М. Измерение антиоксидантной активности электрохимическими методами / В.М. Мисин, Н.Н. Сажина, Е.И. Короткова // Химия растительного сырья. – 2011. – № 2. – С. 137–143.
6. Новое в технике и технологии мармелада функционального назначения: монография / Г.О. Магомедов, И.Х. Арсанукаев, А.Я. Олейникова, Л.А. Лобосова. – Воронеж: ВГТА, 2009. – 206 с.
7. Облепиховый сок: польза и свойства сока облепихи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inflora.ru/diet/diet638.html> (07.06.2017).
8. Cepeda, E. Pimento (*capsicum annum* L.) puree: preparation, physicochemical properties and microscopical characterization / E. Cepeda, M.A. Garca, G. Renobales, E. Costell // *Journal of Food Engineering*. – 2000. – Vol. 45. – No 2. – P. 85–92.
9. Ferreira, G.M. Effect of temperature and shear rate in the properties of whole flow cupuassu pulp / G.M. Ferreira, M.J. Guimarães, M.C. Maia // *Revista Brasileira de Fruticultura*. – 2008. – Vol. 30. – No 2. – P. 385–389.

References

1. Atroshkina E. Upakovyvanie vo «floupack»: preimushchestva i nyuansy [Packaging in "flowpack": advantages and nuances]. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and Baking Industry], 2013, no. 3–4, pp. 44–45.
2. Kas'yanov G.I., Mustafaeva K.K., Red'ko M.G. Sovershenstvovanie tekhnologii kompleksnoy pererabotki plodov oblepikhi [Perfection of technology of complex processing of fruits of sea-buckthorn]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology], 2014, vol. 337, no. 1, pp. 77–79.
3. Kodentsova L.M. Obogashchenie pishchevykh produktov massovogo potrebleniya vitaminami i mineral'nymi veshchestvami kak sposob povysheniya ikh pishchevoy tsennosti [Enrichment of food products of mass consumption with vitamins and minerals as a way to increase their nutritional value]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2014, no. 3, pp. 14–16.
4. Magomedov G.O., Zhuravlev A.A., Lobosova L.A., Arsanukaev I.Kh., Barsukova I.G., Kitaeva A.S., Lamzina V.G. Issledovanie strukturoobrazovaniya zheleynykh mass na osnove agara i pektina [Study of the structure formation of jelly masses on the basis of agar and pectin]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of farm products], 2014, no. 5, pp. 29–32.
5. Misin V.M., Sazhina N.N., Korotkova E.I. Izmerenie antioksidantnoy aktivnosti elektrokhimicheskimi metodami [Measurement of antioxidant activity by electrochemical methods]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2011, no. 2, pp. 137–143.
6. Magomedov G.O., Arsanukaev I.Kh., Oleynikova A.Ya., Lobosova L.A. *Novoe v tekhnike i tekhnologii marmelada funktsional'nogo naznacheniya* [New in technology and technology of marmalade of functional purpose]. Voronezh: VGTA Publ., 2009. 206 p.
7. *Oblepikhovery sok: pol'za i svoystva soka oblepikhi* [Sea-buckthorn juice: the benefits and properties of the sea-buckthorn juice]. Available at: <http://www.inflora.ru/diet/diet638.html> - To the end. From the screen. (accessed 7 June 2017).
8. Cepeda E., Garcia M.A., Renobales G., Costell E. Pimento (*Capsicum annum* L.) puree: preparation, physicochemical properties and microscopical characterization. *Journal of Food Engineering*, 2000, vol. 2000, no. 2, no. 85–92.
9. Ferreira G.M., Guimarães M.J.D.O.C., Maia M.C.A. Effect of temperature and shear rate in the properties of whole flow cupuassu pulp (*Theobroma grandiflorum*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2008, vol. 30, no. 2, pp. 385–389.

Дополнительная информация / Additional Information

Магомедов, Г.О. Желейно-фруктовый мармелад повышенной пищевой ценности с соком из ягод облепихи / Г.О. Магомедов, Л.А. Лобосова, С.Н. Журахова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 50–54.

Magomedov G.O., Lobosova L.A., Zhurahova S.N. Jelly-fruit marmalade of high nutritional value with juice from sand buckthorn berries. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 50–54 (In Russ.).

© Магомедов Газибег Омарович

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036 г. Воронеж, пр. Революции, 19, тел.: +7 (4732) 55-38-51, e-mail: post@vgta.vrn.ru

© Лобосова Лариса Анатольевна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036 г. Воронеж, пр. Революции, 19, тел.: +7 (4732) 55-38-51, e-mail: lobosova63@mail.ru

© Журахова Светлана Николаевна

магистрант кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036 г. Воронеж, пр. Революции, 19, тел.: +7 (4732) 55-38-51, e-mail: zhurakhvasvetlana@mail.ru

© Gazibeg O. Magomedov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Macaroni and Grain-Processing Productions, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (4732) 55-38-51, e-mail: post@vgta.vrn.ru

© Larisa A. Lobosova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Macaroni and Grain-Processing Productions, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (4732) 55-38-51, e-mail: lobosova63@mail.ru

© Svetlana N. Zhurakhova

Undergraduate of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Macaroni and Grain-Processing Productions, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (4732) 55-38-51, e-mail: zhurakhvasvetlana@mail.ru

УДК 637.133

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЖИРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТАНОВКИ «ТЕРМОСКАН»

А.А. Майоров¹, Д.А. Усатюк^{2,*}

¹ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия»,
656016, Россия, г. Барнаул, ул. Советской Армии, 66

²ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: d_usatyuk@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 17.05.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. В статье описана установка «Термоскан». Данный прибор позволяет проводить исследования жиров различного происхождения по термическим эффектам (в интервале температур от минус 9 до плюс 60 °С) в процессе их нагрева и охлаждения. Получены дифференциальные термограммы процесса нагрева и охлаждения молочного жира, свиного жира и жировой смеси СОЮЗ 71Э. Определены два участка с экстремальными точками в процессах нагрева и охлаждения. Точные данные по полученным экстремумам сведены в таблицы. В таблицах отображены результаты исследований по температуре и температурному эффекту, полученные по экстремуму № 1 и экстремуму № 2 (среднее значение, отклонение от среднего значения и отклонение от среднего значения в процентах). Полученные данные также представлены наглядно в виде графиков. Осуществлено сравнение данных результатов при исследовании изучаемых образцов. Рассчитан фактор достоверности как отношение разницы в температурах двух жиров к сумме отклонений при измерениях. Полученные результаты в ходе проведения серии опытов дали возможность судить о правильности и достоверности проделанной работы. Выявлено достоинство предлагаемой методики в отличие от распространенных методов дифференциального термического анализа (ДТА). Отмечены незначительные отличия в результатах при многократном повторе цикла «нагрев-охлаждение» одного и того же образца, но общий характер был сохранен. Характерные пики наблюдались при повторностях. Незначительно менялось соотношение между величинами экстремумов. Сделан предварительный вывод о том, что разработанный прибор и методика термосканирования могут применяться в лабораторных исследованиях жиров и жировых композиций на факт возможно большей замены одного жира другим.

Ключевые слова. Температурный эффект, термосканирование, жир, экстремум, величина отклонения, фактор достоверности

THERMAL ANALYSIS OF FATS USING THE «TERMOSCAN» UNIT

A.A. Mayorov¹, D.A. Usatyuk^{2,*}

¹Siberian Research Institute of Cheese Making,
66, Sovetskoi Armii Str., Barnaul, 656016, Russia

²Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: d_usatyuk@mail.ru

Received: 17.05.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. This article describes the installation of «Termoscan». This device allows us to study fats of different origin on thermal effects (in the temperature range from minus 9 °C to plus 60 °C) during their heating and cooling. Differential thermograms of heating and cooling of milk fat, pork fat and SOYUZ 71E fat mixture have been obtained. Two sections with extreme points in the heating and cooling processes have been determined. Exact data on the extrema obtained have been tabulated. The tables show the results of studies on temperature and temperature effect obtained from extremum No. 1 and extremum No. 2 (the mean, deviation from the mean and deviation from the mean in percentage). The data obtained are also presented graphically. Comparison of the data of the results in the study of the tested samples has been made. The reliability factor as the ratio of the difference in the temperatures of the two fats to the sum of the deviations in the measurements has been calculated. The results obtained during the series of experiments make it possible to judge the correctness and reliability of the research done. The advantage of the proposed technique has been revealed in contrast to the widespread methods of differential thermal analysis (DTA). Minor differences in the results are noted when repeating «heating-cooling» cycle of the same sample many times, but the general character is retained. Characteristic peaks are observed in repetitions. The ratio between the extremum values changes insignificantly. The preliminary conclusion has been made that the developed device and the method of thermoscaning can be used in laboratory studies of fats and fatty compositions on the fact that one type of fat can replace another one.

Keywords. Temperature effect, thermoscaning, fat, extremum, deviation value, reliability factor

Введение

В практике пищевых производств все чаще применяют различные виды жиров, как животного, так и растительного происхождения. Доля заменителей жиров нормируется ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», однако на практике эти нормативы не всегда соблюдаются, что приводит к выпуску недоброкачественной продукции [1, 2]. Отсутствие оперативных методов контроля и приборов для их реализации не всегда позволяет контролировать процент замены одного вида жира другим. В молочной промышленности актуален контроль замены молочного жира на растительный (заменитель молочного жира – ЗМЖ).

Жиры (как растительного, так и животного происхождения) характеризуются различным физическим состоянием при различных температурах. Выявить это различие возможно при помощи термического анализа.

Термический анализ – это совокупность методов определения температур, при которых происходят процессы, сопровождающиеся либо выделением тепла (кристаллизация), либо его поглощением (плавление). Методы термического анализа используют для качественного и количественного анализа веществ, для построения диаграмм состояния, а также для определения теплот фазовых превращений и теплот реакций [3].

Все существующие методы термического анализа объединяет то, что какое-либо свойство изучаемой системы измеряется в зависимости от температуры. Основой самостоятельного метода может стать любое измеряемое физическое свойство и число методов термического анализа непрерывно возрастает.

В Сибирском НИИ сыроделия разработана методика и сконструирован специальный прибор «Термоскан», позволяющий проводить исследования в диапазоне температур от минус 9 до плюс 60 °С [4–7]. Прибор регистрирует термические эффекты при нагреве и охлаждении продуктов, помещаемых в специальную измерительную ячейку, вместимостью 0,8 мл. В зависимости от состава продукта (жира или смеси жиров) наблюдаются отклонения от монотонного роста или падения температуры. Величина отклонений и температура, на которой проявляется эффект, зависят от состава продукта. Измерительная ячейка представляла собой цилиндр из чистой меди, диаметром 40 мм и высотой 10 мм. В цилиндре симметрично относительно центра расположены два сквозных отверстия диаметром 10 мм, в которые помещали исследуемые продукты. Температура продуктов и корпуса ячейки измерялась термопарами. Вся система термопар подключалась к многоканальному цифровому измерителю температуры и далее транслировалась в ПЭВМ, где формировался файл в формате «Excel». Обработка полученных данных проводилась по специально разработанной методике.

Общий вид установки приведен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид установки для термосканирования

Целью исследований было выявление различий в температурных эффектах при нагреве и охлаждении продуктов и определение воспроизводимости проведенных опытов термосканирования.

Объекты и методы исследования

При проведении серии опытов на установке «Термоскан» были получены и в дальнейшем изучены температурные эффекты при нагреве и охлаждении образцов молочного, свиного жиров и ЗМЖ СОЮЗ 71Э, состоящего из природных и модифицированных масел и жиров. Образцом молочного жира являлось топленое коровье масло.

Одновременно исследовали два одинаковых образца, помещенных в ячейку. Опыты по охлаждению проводили в шестикратной повторности по два образца в каждой повторности, опыты по нагреву в четырехкратной повторности, также по два образца.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 и 3 приведены графики охлаждения и нагрева свиного жира.

На представленных графиках наблюдаются два экстремальных участка (пика), координаты которых являлись контрольными точками в серии опытов. Эти координаты считывались с протокола опыта и вносились в таблицу. Пики в области более высоких температур имели более четко выраженный экстремум. Результаты оформлялись в виде таблиц (табл. 1–6).

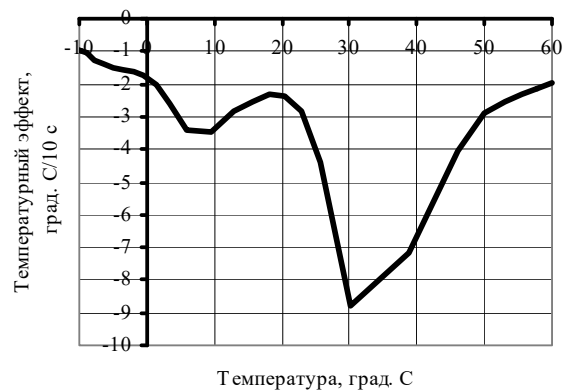


Рис. 2. Дифференциальная термограмма нагрева образца жира

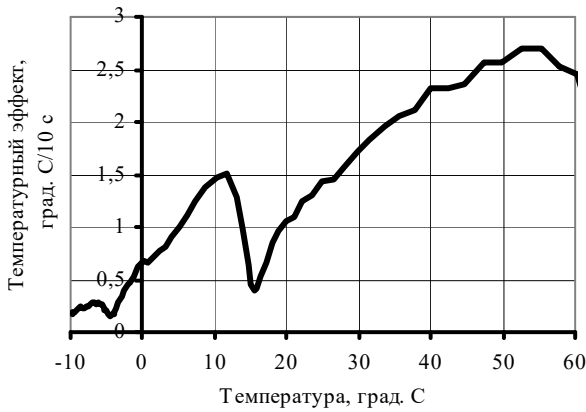


Рис. 3. Дифференциальная термограмма охлаждения образца жира

Таблица 1

Температурные эффекты при охлаждении молочного жира

№ опыта	Экстремум № 1		Экстремум № 2	
	t, °C	dt, °C	t, °C	dt, °C
Опыт 1	18,41	0,069	12,42	0,060
Опыт 2	17,50	0,073	12,10	0,063
Опыт 3	17,92	0,069	12,79	0,056
Опыт 4	17,96	0,068	12,42	0,062
Опыт 5	17,84	0,059	12,89	0,056
Опыт 6	18,30	0,068	12,78	0,059
Среднее	17,99	0,068	12,57	0,059
Отклон.	0,33	0,005	0,30	0,003
Откл. %	1,83	6,85	2,42	4,96

Таблица 2

Температурные эффекты при нагреве молочного жира

№ опыта	Экстремум № 1		Экстремум № 2	
	t, °C	dt, °C	t, °C	dt, °C
Опыт 1	31,20	-0,870	16,7	-0,550
Опыт 2	29,86	-0,893	17,8	-0,560
Опыт 3	30,65	-0,887	17,6	-0,587
Опыт 4	31,67	-0,944	18,02	-0,587
Среднее	30,85	-0,899	17,53	-0,571
Отклон.	0,78	0,032	0,58	0,019
Откл. %	2,52	-3,55	3,31	-3,31

Таблица 3

Температурные эффекты при охлаждении свиного жира

№ опыта	Экстремум № 1		Экстремум № 2	
	t, °C	dt, °C	t, °C	dt, °C
Опыт 1	15,17	0,044	-4,96	0,020
Опыт 2	15,12	0,028	-5,86	0,014
Опыт 3	14,60	0,020	-6,27	0,016
Опыт 4	15,05	0,033	-4,80	0,016
Опыт 5	14,96	0,024	-4,49	0,018
Опыт 6	14,75	0,050	-6,30	0,016
Среднее	14,94	0,033	-5,45	0,017
Отклон.	0,22	0,012	0,80	0,002
Откл. %	1,49	35,55	14,57	13,27

Таблица 4

Температурные эффекты при нагреве свиного жира

№ опыта	Экстремум № 1		Экстремум № 2	
	t, °C	dt, °C	t, °C	dt, °C
Опыт 1	32,38	-0,903	8,36	-0,309
Опыт 2	31,73	-0,990	8,31	-0,357
Опыт 3	31,57	-0,901	8,65	-0,351
Опыт 4	32,61	-0,870	8,76	-0,323
Среднее	32,07	-0,920	8,52	-0,340
Отклон.	0,50	0,052	0,22	0,023
Откл. %	1,56	5,63	2,57	6,81

Таблица 5

Температурные эффекты при охлаждении ЗМЖ СОЮЗ 71Э

№ опыта	Экстремум № 1		Экстремум № 2	
	t, °C	dt, °C	t, °C	dt, °C
Опыт 1	20,38	0,079	4,29	0,052
Опыт 2	20,14	0,082	4,14	0,043
Опыт 3	20,06	0,073	4,44	0,050
Опыт 4	19,96	0,074	3,71	0,046
Опыт 5	20,03	0,070	4,20	0,043
Опыт 6	20,03	0,068	4,60	0,043
Среднее	20,10	0,074	4,23	0,046
Отклон.	0,15	0,005	0,31	0,004
Откл. %	0,74	6,85	7,20	8,25

Таблица 6

Температурные эффекты при нагреве ЗМЖ СОЮЗ 71Э

№ опыта	Экстремум № 1		Экстремум № 2	
	t, °C	dt, °C	t, °C	dt, °C
Опыт 1	33,61	-0,704	6,77	-0,440
Опыт 2	32,96	-0,650	6,35	-0,450
Опыт 3	33,05	-0,714	6,50	-0,440
Опыт 4	32,69	-0,656	8,07	-0,410
Среднее	33,08	-0,681	6,92	-0,435
Отклон.	0,39	0,033	0,78	0,017
Откл. %	1,17	4,80	11,33	3,98

Для более наглядного представления полученных данных по координатам экстремумов, они представлены на рис. 4–7 в виде графиков. На графиках показаны температуры экстремальных точек – t, и величины отклонений от средних значений при измерениях – dt (погрешности измерений, аппаратные и методические).

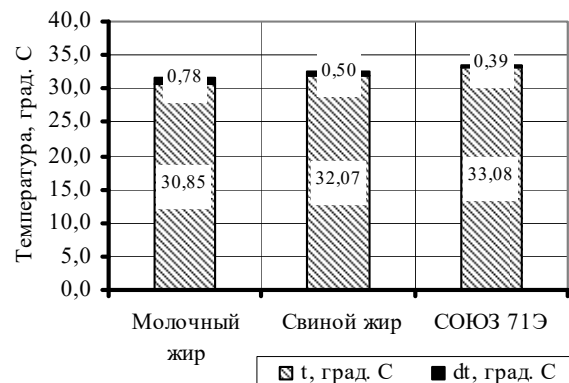


Рис. 4. Координаты экстремума № 1 при нагреве жиров

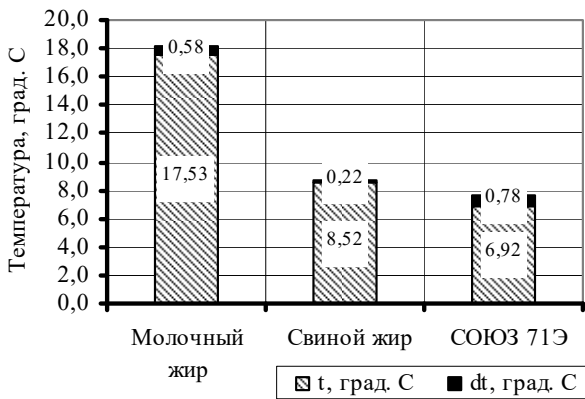


Рис. 5. Координаты экстремума № 2 при нагреве жиров

Разница в температуре экстремума № 1 при нагреве жиров составила по отношению к молочному жиру 1,22 °С для свиного жира и 2,23 °С для ЗМЖ СОЮЗ 71Э. Различия в температурах между свиным жиром и СОЮЗ 71Э для этого экстремума было значительно меньше и составило 1,01 °С.

Различия в температуре для экстремума № 2 (с более низкой температурой плавления) были больше. Они составили (по отношению к молочному жиру) 9,01 °С для свиного жира и 10,61 °С для смеси СОЮЗ 71Э. Различия для свиного жира и смеси СОЮЗ 71Э составили 1,60 °С.

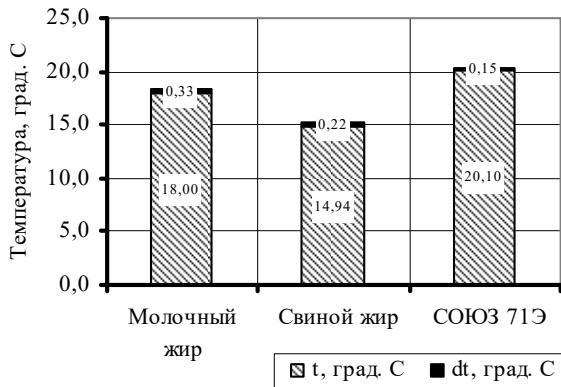


Рис. 6. Координаты экстремума № 1 при охлаждении жиров

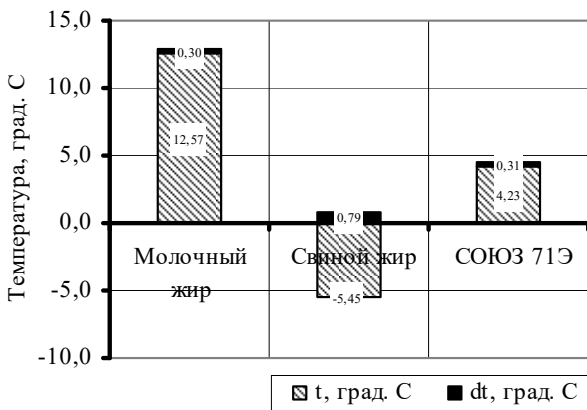


Рис. 7. Координаты экстремума № 2 при охлаждении жиров

Из графиков (рис. 4–7) видно, что экстремальные точки для исследуемых жиров достаточно хорошо различаются, за исключением экстремумов № 1 при нагреве.

Наиболее стабильные показания были характерны для опытов по охлаждению жиров. Отклонения температур экстремальных точек в повторностях не превышали 0,27 °С, что составляло не более 2,5 %. Экстремумы при охлаждении были более ярко выражены.

Для оценки достоверности различий между исследуемыми видами жиров следует рассматривать диапазон варьирования показаний прибора по отношению к величине различий между ними. Его мы оценивали как отношение разницы в температурах двух жиров к сумме отклонений при измерениях:

$$F = (t_1 - t_2) / (dt_1 + dt_2), \quad (1)$$

где F – фактор достоверности, ед.; t_1 – температура первого образца, °С; t_2 – температура второго образца, °С; dt_1 – погрешность измерения первого образца, °С; dt_2 – погрешность измерения второго образца, °С.

Корректнее было бы использовать величину погрешности прибора при оценке различий, но это предполагается сделать в дальнейшем, при разработке методики с оценкой метрологических характеристик. По приведенной формуле фактор достоверности различий, определенный в процессе нагрева по экстремуму № 1, составил:

- между молочным жиром и свиным: $F = 1,75$;
- между молочным жиром и ЗМЖ СОЮЗ 71Э: $F = 1,92$;
- между свиным жиром и ЗМЖ СОЮЗ 71Э: $F = 1,13$.

По такой же формуле были определены все факторы достоверности различий по экстремумам № 1 и № 2 при нагреве и охлаждении жиров. Результаты расчетов приведены в табл. 7 и 8.

Таблица 7

Факторы достоверности (F , ед.) различий температур при охлаждении жиров

Вид жира	Экстремум № 1	Экстремум № 2
Молочный жир	5,52	16,42
Свиной жир		
Молочный жир	4,42	13,71
ЗМЖ СОЮЗ 71Э		
Свиной жир	13,85	8,81
ЗМЖ СОЮЗ 71Э		

Таблица 8

Факторы достоверности (F , ед.) различий температур при нагреве жиров

Вид жира	Экстремум № 1	Экстремум № 2
Молочный жир	1,75	11,28
Свиной жир		
Молочный жир	1,92	7,78
ЗМЖ СОЮЗ 71Э		
Свиной жир	1,13	1,59
ЗМЖ СОЮЗ 71Э		

Из анализа представленных в табл. 7 и 8 сводных результатов расчетов, был сделан предварительный вывод о том, что методика термосканирования с использованием разработанного прибора может применяться в лабораторных исследованиях. Ее можно применять для выявления различий в составе жировых смесей и идентификации составов.

Достоинство предлагаемой методики в отличие от распространенных методов дифференциального термического анализа (ДТА) [8–10] является отсутствие необходимости в применении контрольного образца жира, в качестве которого применяют силиконовое масло, вазелин и др. При необходимости разработанную методику можно применять при сравнительных испытаниях образцов различ-

ных жиров без каких-либо конструктивных и методических изменений.

Следует отметить, что опыты, проводимые на одних и тех же образцах, подвергаемых многократному циклу «нагрев-охлаждение», несколько отличались друг от друга по результатам. Общий характер сохранялся, характерные пики наблюдались при повторностях, но соотношение между величинами экстремумов на кривых менялось. Это может быть связано с подготовкой пробы, в которой могут быть включения воздуха, неравномерности состава пробы, нестабильности контакта пробы с корпусом ячейки. Это может быть вызвано также и изменением структуры или химического состава пробы под влиянием высокой температуры (более 60 °С).

Список литературы

1. Топникова, Е.В. Требования к молочносодержащей продукции в свете современных требований / Е.В. Топникова // Переработка молока. – 2016. – № 12. – С. 6–8.
2. Юрова, Е.А. К вопросу подтверждения соответствия требованиям ТР ТС / Е.А. Юрова // Переработка молока. – 2016. – № 12. – С. 10–13.
3. Новоженев, В. А. Термический анализ: учебное пособие / В.А. Новоженев. – Барнаул: АГУ, 1983. – 74 с.
4. Майоров, А.А. Разработка методики термического анализа продуктов / А.А. Майоров, Д.А. Усатюк // Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. – Барнаул. – 2014. – Вып. 11. – С. 20–24.
5. Майоров, А.А. Прибор для проведения термического анализа продуктов / А.А. Майоров, В.И. Волков // Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием. – Барнаул. – 2014. – Вып. 11 – С. 16–20.
6. Майоров, А.А. Исследование термических эффектов при термосканировании жиров / А.А. Майоров, Д.А. Усатюк, Ю.Н. Решетова // Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник науч. трудов с международным участием. – Барнаул. – 2014. – Вып. 11. – С. 13–16.
7. Майоров, А.А. Исследование температурных эффектов при термосканировании жиров / А.А. Майоров, Д.А. Усатюк // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2013. – № 4(12). – С. 52–54.
8. Можно ли с помощью ДТА обнаружить минорные добавки заменителей молочного жира в сливочном масле? / О.Б. Рудаков, К.К. Полянский, А.Ю. Грибанов, В.И. Дейнека // Сыроделие и маслоделие. – 2015. – № 5. – С. 50–53.
9. Полянский, К.К. Дифференциальный термический анализ пищевых жиров: научное издание / К.К. Полянский, С.А. Снегирев, О.Б. Рудаков. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 85 с.
10. Akta, N. Detection of beef body fat and margarine in butter fat by differential scanning calorimetry / N. Akta, M. Kaya // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2001, Vol. 66, (№ 3). – P. 795–801.

References

1. Topnikova E.V. Trebovaniya k molokosoderzhashchey produktii v svete sovremennykh trebovaniy [Requirements for milk products in the light of modern requirements]. *Pererabotka moloka* [Processing of milk], 2016, no. 12, pp. 6–8.
2. Yurova E.A. K voprosu podtverzheniya sootvetstviya trebovaniyam TR TS [To the issue of confirmation of compliance with the requirements of TR TS]. *Pererabotka moloka* [Processing of milk], 2016, no. 12, pp. 10–13.
3. Novozhenov V.A. *Termicheskiy analiz* [Thermal Analysis]. Barnaul: ASU Publ., 1983. 74 p.
4. Mayorov A.A., Usatyuk D.A. Razrabotka metodiki termicheskogo analiza produktov [Development of methods for the thermal analysis of products]. *Aktual'nye problemy tekhniki i tekhnologii pererabotki moloka: sbornik nauchnykh trudov s mezhdunarodnym uchastiem* [Actual problems of machinery and technology of milk processing: a collection of scientific papers with international participation]. Barnaul, 2014, no. 11, pp. 20–24.
5. Mayorov A.A., Volkov V.I. Pribor dlya provedeniya termicheskogo analiza produktov [Apparatus for thermal analysis of products]. *Aktual'nye problemy tekhniki i tekhnologii pererabotki moloka: sbornik nauchnykh trudov s mezhdunarodnym uchastiem* [Actual problems of machinery and technology of milk processing: a collection of scientific papers with international participation]. Barnaul, 2014, no. 11, pp. 16–20.
6. Mayorov A.A., Usatyuk D.A., Reshetova Yu.N. Issledovanie termicheskikh effektiv pri termoskanirovani zhirov [Investigation of thermal effects during thermo scanning of fats]. *Aktual'nye problemy tekhniki i tekhnologii pererabotki moloka: sbornik nauchnykh trudov s mezhdunarodnym uchastiem* [Actual problems of machinery and technology of milk processing: a collection of scientific papers with international participation]. Barnaul, 2014, no. 11, pp. 13–16.
7. Mayorov A.A., Usatyuk D.A. Issledovanie temperaturnykh effektiv pri termoskanirovani zhirov [Investigation of temperature effects during thermo scanning of fats]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Omsk State Agrarian University], 2013, vol. 12, no. 4, pp. 52–54.
8. Rudakov O.B., Polyanskiy K.K., Gribanov A.Yu., Deyneka V.I. Mozhno li s pomoshch'yu DTA obnaruzhit' minornye dobavki zameniteley molochnogo zhira v slivochnom masle? [Is it possible to use DTA to detect minor supplements of milk fat substitutes in butter?]. *Syrodelle i maslodelie* [Cheese and butter making], 2015, no. 5, pp. 50–53.
9. Polyanskiy K.K., Snegirev S.A., Rudakov O.B. *Differentsial'nyy termicheskiy analiz pishchevykh zhirov: nauchnoe izdanie* [Differential Thermal Analysis of Food Fats: Scientific Edition]. Moscow: DeLi print Publ., 2004. 85 p.
10. Akta N., Kaya M. Detection of beef body fat and margarine in butter fat by differential scanning calorimetry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2001, vol. 66, no. 3, pp. 795–801.

Дополнительная информация / Additional Information

Майоров, А.А. Термический анализ жиров с использованием установки «Термоскан» / А.А. Майоров, Д.А. Усатюк // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 55–60.

Mayorov A.A., Usatyuk D.A. Thermal analysis of fats using the «Termoscan» unit. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 55–60 (In Russ.).

© **Майоров Александр Альбертович**

д-р техн. наук, профессор, директор, ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия», 656016, Россия, г. Барнаул, ул. Советской Армии, 66, тел.: +7 (3852) 564-526, e-mail: sibniis.altai@mail.ru

© **Alexander A. Mayorov**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Director, Siberian Research Institute of Cheese Making, 66, Sovetskoi Armii Str., Barnaul, 656016, Russia, phone: +7 (3852) 564-526, e-mail: sibniis.altai@mail.ru

© **Усатюк Дарья Андреевна**

аспирант, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: d_usatyuk@mail.ru

© **Darya A. Usatyuk**

Postgraduate Student, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: d_usatyuk@mail.ru



ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВИНИНЫ ЧЕТВЕРТОЙ КАТЕГОРИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

К.В. Малютина, Г.В. Гуринович*

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

*e-mail: ggv55@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 17.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. На мясоперерабатывающие предприятия наряду с сырьем от молодых животных, предназначенных для откорма и переработки на мясо, поступает сырье от животных по окончании периода их основной продуктивности. К такому сырью относится свинина четвертой категории, которую получают от свиной, используемых для получения потомства в течение нескольких репродуктивных циклов. Свинина четвертой категории используется исключительно для промышленной переработки в мясные продукты, поэтому свойства сырья будут оказывать непосредственное влияние на качество готовой продукции. Имеющиеся данные о свойствах свинины данной категории весьма ограничены и не позволяют всесторонне оценить ее качество и дать обоснованные рекомендации по использованию. В статье приводятся данные исследования химического состава свинины четвертой категории и физико-химических показателей, характеризующих ее функционально-технологические свойства. Исследования выполнены на образцах, выделенных из внутренней части тазобедренного отруба охлажденной свинины, срок созревания 3 суток. Аналогичные образцы были выделены из свинины второй категории. Установлено, что в свинине четвертой категории массовая доля белка выше, чем в свинине второй категории на 2,77 %, тогда как массовая доля влаги меньше на 3,55 %. Не выявлено статистически достоверных различий в массовой доле минеральных веществ и внутримышечного жира для свинины исследуемых категорий. Различия в химическом составе оказывают влияние на физико-химические показатели сырья. Водосвязывающая способность (ВСС) свинины четвертой категории на 3,5 % больше, чем у свинины второй категории. Высокая ВСС свинины четвертой способствует снижению потерь влаги при размораживании, в то же время потери массы при тепловой обработке оказались несколько выше. Значения показателя светлоты (55,00) и хроматических координат «красноты» (18,17) и «синевы» (15,33) позволяют говорить о том, что по интенсивности и качеству окраски свинина четвертой категории превосходит свинину второй категории. Это согласуется с данными органолептической оценки. По запаху, вкусу и консистенции свинина четвертой категории, а также бульон от варки не уступают свинине второй категории. Полученные данные позволяют высоко оценить технологический потенциал свинины четвертой категории и рекомендовать ее для изделий, подвергаемых ферментации и сушке в процессе производства.

Ключевые слова. Свинина, категория упитанности, химический состав, потери массы, водосвязывающая способность, pH, органолептические показатели

THE STUDY OF COMPOSITION AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF PORK OF THE FOURTH GRADE INTENDED FOR COMMERCIAL PROCESSING

K.V. Malyutina, G.V. Gurinovich*

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

*e-mail: ggv55@yandex.ru

Received: 17.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. At a meat processing plant along with raw materials from young animals intended for fattening and meat processing there moves raw material from animals being at the end of the period of their main productive activities. Pork of the fourth grade is such raw material. It is obtained from pigs used to produce offspring over several reproductive cycles. Pork of the fourth grade is used exclusively for commercial processing of meat products, therefore, the properties of raw materials influence the quality of the finished product. Available data on the properties of pork of this grade is very limited and does not allow us to fully assess its quality and to provide recommendations for use. The article describes research on chemical composition of pork of the fourth grade and physico-chemical parameters characterizing its functional and technological properties. The research has been performed on samples isolated from the inner part of the hip cut of chilled pork with the maturation period of 3 days. Similar samples were isolated from pork of the second grade. It has been found that the mass fraction of protein in pork the fourth grade is higher than in the pork of the second grade by 2.77%, while the mass fraction of moisture is less by 3.55%. No statistically significant differences in the mass fraction of minerals and intramuscular fat have been found for the pork of studied grades. Differences in chemical composition affect

physico-chemical characteristics of raw materials. Water binding capacity (WBC) of pork of the fourth grade is 3.5% higher than that of the pork of the second grade. High WBC of pork of the fourth grade helps reduce moisture loss during thawing, at the same time, the mass loss during heat treatment is slightly higher. The value of the index of lightness (55.00) and chromatic coordinates of "red" (18.17) and "blue" (15.33) suggests that the intensity and quality of paint in the fourth grade pork exceed those of the second grade pork. This is consistent with the data of organoleptic evaluation. The smell, taste and texture of pork of the fourth grade as well as the broth are not worse than those of pork of the second grade. The obtained data allow us to appreciate the technological potential of the pork of the fourth grade and recommend it for products subjected to fermentation and drying in the production process.

Keywords. Pork, fatness category, chemical composition, mass loss, water binding ability, pH, organoleptic indices

Введение

В целях обеспечения продовольственной безопасности страны одной из основных задач является улучшение обеспечения населения продуктами питания в основном за счет собственных ресурсов в достаточно короткие сроки. Так, согласно Доктрине продовольственной безопасности, самообеспеченность отечественного рынка мяса и мясопродуктов (в перерасчете на мясо) должна составлять не менее 85 %.

В решении этой проблемы приоритетное значение имеет наращивание производства свинины, о чем свидетельствует как мировой, так и отечественный опыт. Это обусловлено скороспелостью, плодовитостью, значительным выходом мяса в убойной массе, меньшими затратами кормов на единицу прироста живой массы.

Начиная с 2005 г., в России наблюдалось увеличение объемов собственного производства свинины. Согласно имеющимся данным, в 2016 г. было произведено 3,4 млн. тонн свинины в убойной массе при доле сырья промышленного производства 82 %. В 2016 г. был достигнут максимальный за последние 10 лет прирост производства свинины в 9,4 %, в промышленном секторе он составил более 13 %. Ключевым фактором роста объемов производства свинины стала реализация политики импортозамещения, а также Государственной программы развития сельского хозяйства на 2013–2020 гг. Положительная динамика промышленного производства свинины позволила значительно снизить долю ее импорта.

Практически вся произведенная свинина реализуется на внутреннем рынке. За последние годы доля свинины в структуре потребляемого мяса остается стабильной и оценивается в 32–37 %. Норма потребления свинины в 2016 г. составила до 25 кг на человека в год, что соответствует максимальному показателю за последние 25 лет. По данным Национального союза свиноводов (НСС) и Минсельхоза США Россия по итогам 2016 г. вышла на пятую строчку среди производителей свинины в мире [1, 2].

Свинина имеет высокую пищевую и биологическую ценность. По сравнению с другими видами мяса она характеризуется высокой калорийностью и пониженным содержанием холестерина. Так калорийность свинины, в среднем в 2 раза выше, чем говядины и баранины, калорийность шпика составляет 816 ккал при содержании холестерина меньшем, чем в сливочном масле в 5–6 раз. По содержанию основных компонентов свинина приближается к оптимальному соотношению, рекомендованному для здорового человека, при котором белки

должны составлять 12 %, а жиры – 30–35 % общей калорийности рациона [3]. Потребители предпочитают мясо менее жирное, высокой сочности и нежности, с хорошими кулинарными свойствами.

Качество свинины зависит от многих факторов, включая породу, породность помесей, уровень и полноценность кормления, условия и технические средства содержания, а также других, таких как пол, возраст, категория упитанности [4]. Поэтому оценка качества мясного сырья в зависимости от различных факторов на основе определения объективных показателей остается важной и актуальной задачей.

Среди показателей качества мяса большое значение имеют физико-химические, влияющие на технологические свойства сырья и устойчивость его при хранении, а также органолептические показатели мышечной и жировой тканей [5].

Для мясоперерабатывающей промышленности и торговли наибольший интерес представляет мясная свинина, получаемая при интенсивном мясном откорме молодых животных до массы 110 кг в возрасте 6,5–8 месяцев с долей внутримышечного жира в интервале 1,0–5,5 %.

Вместе с тем на переработку может поступать сырье с нестандартными свойствами. В этом отношении несомненный интерес представляет изучение технологических свойств мяса, полученного от свиной, предназначенных для воспроизводства и передаваемых на переработку по окончании периода продуктивного использования, который составляет, как правило, 2,5–3 года. От таких свиной получают свинину четвертой категории при переработке способом переработки в шкуру (масса туши свыше 102 кг) и способом без шкуры при массе туши свыше 91 кг. Верхний предел массы туши без ограничения, толщина шпика должна быть не менее 1 см. С повышением стрессоустойчивости живая масса животных четвертой категории, а также содержание в туше мякотных тканей, включая мышечную и жировую, увеличивается [6]. Свинина четвертой категории предназначена для промышленной переработки, которой может предшествовать предварительный откорм свиной в хозяйствах до жирной кондиции.

Имеющиеся данные относительно состава и свойств свинины четвертой категории весьма ограничены, что затрудняет разработку рекомендаций по ее рациональному использованию. Такое сырье имеет особые морфологические характеристики, так как известно, что с увеличением числа репродуктивных циклов живая масса увеличивается при уменьшении содержания мышечной ткани и увеличении содержания жировой ткани. Возможный выход мышечной

ткани от разделки свинины четвертой категории оценивается в 45 % от массы туши, в то время как от свинины второй категории, полученной при переработке молодых животных, он может достигать 55 %. Исследованиями N.N. Aziz установлено, что при переработке свиней четвертой категории получают туши массой от 120 до 200 кг с толщиной шпика до 1,2 и 3,1 см соответственно [7].

Н. Усовой установлено, что в сырье, полученном от свиноматок (четвертая категория), уменьшается массовая доля влаги, с повышением возраста эта тенденция усиливается. Одновременно выявлено уменьшение массовой доли белка при изменении его аминокислотного состава, что выражалось в снижении триптофана и повышении оксипролина [8].

Целью работы являлось изучение химического состава и технологических свойств свинины четвертой категории в сравнении со свининой второй категории, предназначенной для промышленной переработки.

Материалы и методы исследования

Для исследований использованы образцы мяса, выделенные из внутренней части тазобедренного отруба свинины четвертой и второй категорий. Использовали мясо в охлажденном состоянии со сроком автолиза 3 суток.

Исследования проводились в лаборатории технологии мяса и мясных продуктов КемТИПП (университет). Отбор проб для лабораторных исследований проводился согласно ГОСТ Р 51447-99 (ИСО 3100-1-91).

На первом этапе был изучен химический состав исследуемых образцов свинины в зависимости от категории упитанности. Массовую долю влаги, белка, жира определяли в соответствии с методами, установленными национальными стандартами, общей золы – в соответствии с методом, установленным межгосударственным стандартом ГОСТ 31727-2012.

На втором этапе были изучены функционально-технологические свойства свинины в зависимости от категории упитанности, в том числе после тепловой обработки и размораживания. Для характеристики функционально-технологических свойств использовали следующие показатели и методы их определения:

- водосвязывающая способность мяса (ВСС) – методом прессования по Грау-Хамма в модификации Воловинской-Кельман, основанным на выделении воды испытуемым образцом при легком его прессовании, сорбции выделяющейся воды фильтровальной бумагой и определении количества отделившейся влаги по площади пятна, оставляемого ею на фильтровальной бумаге (% к общей влаге);

- величина pH мяса (активная кислотность среды) – потенциометрическим методом в водной вытяжке с использованием цифрового pH-метра 150-M;

- показатели цвета мяса (светлота, насыщенность, цветовой тон) – методом отражательной спектроскопии с использованием компаратора цвета шарового с расчетом показателей в системе CIE (1976 г.);

- потери при тепловой обработке – как отношение разницы массы образца мяса до и после тепловой обработки в течение 90 мин при температуре 80 °С и последующего охлаждения, к массе образца до обработки (%);

- потери при размораживании – методом пакета («bag method»), согласно которому потери массы определяли как отношение разности массы образца мяса массой около 100 г, помещенного в непроницаемый полимерный пакет, до и после размораживания в течение 24 час при температуре 4 °С, к исходной массе (%) [9]. Взвешивание выполняли на весах марки ВСП-1 (погрешность ±0,1 г);

- растворимость белков мяса – методом экстракции белков боратным буфером из гомогенизированной навески с определением количества растворенного белка методом Къельдаля [10].

Органолептическую оценку мяса проводили по 5-балльной шкале в соответствии с ГОСТ 9959-2015.

Статистическая обработка результатов выполнена с определением стандартного отклонения при доверительной вероятности 0,95. Повторность опытов пятикратная.

Результаты и их обсуждение

Так как свинина четвертой категории используется для промышленной переработки в производстве различных видов мясных продуктов, особое значение имеет ее химический состав, оказывающий непосредственное влияние на качество мясных продуктов. В табл. 1 приведены данные определения химического состава свинины четвертой категории в сравнении со свининой второй категории.

Таблица 1
Химический состав свинины
в зависимости от категории упитанности

Показатель	Категория упитанности свинины	
	четвертая	вторая
Массовая доля влаги, %	68,35±0,57	71,90±0,41
Массовая доля белка, %	22,64±0,61	19,87±0,64
Массовая доля жира, %	6,84±0,52	7,46±0,71
Массовая доля общей золы, %	1,47±0,36	0,97±0,52
Калорийность, ккал	127	119

Согласно экспериментальным данным достоверные различия в химическом составе мышечной ткани свинины разных категорий были выявлены по содержанию белка и влаги. В исследуемом образце свинины четвертой категории массовая доля белка составила, в среднем 22,64 %, что выше, чем в аналогичном виде сырья от молодых животных на 2,77 %. Относительное уменьшение массовой доли влаги в мышечной ткани свиноматок составляло 4,93 %.

По количеству жира и золы между аналогами не выявлено существенных различий, хотя можно говорить о выраженной тенденции к снижению массовой доли жира и увеличению массовой доли золы в мышечной ткани свинины четвертой категории,

по сравнению со свиной второй категории. Меньшее содержание внутримышечного жира может быть объяснено снижением компонентов, выполняющих энергетические и пластические функции, в прижизненный период. Вместе с тем необходимо отметить, что при наличии периода предварительного откорма перед убоем, а также с увеличением массы туши массовая доля жира может, напротив, увеличиваться.

В табл. 2 приведены экспериментальные данные, характеризующие функционально-технологические свойства свинины в зависимости от категории упитанности. Важным показателем качества мяса является его водосвязывающая способность, которая зависит от концентрации белка, его состояния, величины рН, содержания внутримышечного и межмышечного жира, структуры мяса.

Таблица 2

Физико-химические показатели свинины в зависимости от категории упитанности

Показатель	Категория упитанности свинины	
	четвертая	вторая
Величина рН	6,28±0,03	6,18±0,05
Водосвязывающая способность (ВСС), % к общей влаге	86,05±0,36	81,81±0,28
Потери при тепловой обработке, %	25,83	23,27
Потери при размораживании, %	2,3	4,9

Установлено, что свинина четвертой категории имеет высокую способность к связыванию влаги, что может быть объяснено повышенным содержанием белка. Так ВСС мышечной ткани свинины четвертой категории составляет 86,05 % от общего содержания влаги, тогда как второй – 81,81 %. Полученный результат согласуется с данными определения рН мяса. Для свинины четвертой категории рН составляет 6,28, для второй категории – 6,18.

Вместе с тем потери массы мяса при тепловой обработке оказались выше для свинины четвертой категории, которые при нагреве мяса до температуры кулинарной готовности составили 25,83 %. При тепловой обработке мышечной ткани от молодых животных потери массы составили 23,27 %.

Полученные данные могут быть объяснены разными технологическими свойствами белков свинины в зависимости от категории упитанности. Данное предположение следует из результатов определения общего количества растворимых белков. Для свинины четвертой категории количество легко извлекаемых белков составило 28,1 %, для второй – 30,2 %.

Однако зависимость потерь массы при размораживании в зависимости от категории упитанности носит другой характер. Для определения потерь образцы мяса замораживали быстрым методом, а затем подвергали медленному размораживанию при 4 °С. При размораживании мясо помещали в непроницаемый полиэтиленовый пакет при ис-

ключении контакта между образцом и пакетом. По разности масс определяли потери при размораживании. Для свинины четвертой и второй категории они составили 4,9 и 2,3 % соответственно.

Установлено, что в отсутствии денатурирующих воздействий высоких температур на мышечные белки на фоне повышенного содержания белков в свинине четвертой категории количество влаги, отделяемой при медленном размораживании, меньше в 2 раза по сравнению со свиной второй категории. Возможно, что определенную роль в снижении потерь при размораживании играют белки соединительной ткани, способные набухать и удерживать оттекающую влагу. Известно, что с возрастом содержание таких белков в составе мяса увеличивается.

Потери массы свинины четвертой категории при различных видах тепловой обработки позволяют говорить о том, что данный вид мяса целесообразно использовать для производства изделий, подвергаемых в процессе производства сушке, например, сыровяленых изделий.

Как правило, тяжелые свиные туши, к которым преимущественно относятся туши четвертой категории, ассоциируют с темным цветом мышечной ткани. Подтверждением тому являются, например, результаты исследований, проведенные А. Martin [11]. Результирующий цвет мяса зависит от многих факторов. В первую очередь следует говорить о содержании гемовых пигментов, определяющих интенсивность окраски. К факторам, влияющим на интенсивность окраски мяса, следует отнести также его ВСС. При высоких значениях ВСС уменьшается количество рассеянного света, поэтому цвет мяса воспринимается как более интенсивный и темный. Большое значение в формировании окраски и ее изменениях в последующем, в частности при хранении, имеют липиды мяса, влияющие в основном на качественную составляющую окраски, такую как показатели «красноты» и «синевы».

Это свидетельствует о целесообразности определения цветовых характеристик свинины разных категорий упитанности, отличающихся по физико-химическим показателям. Полученные экспериментальные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Цветовые характеристики свинины в зависимости от категории упитанности

Показатель	Категория упитанности свинины	
	четвертая	вторая
Светлота L	55,00±0,31	56,42±0,52
Краснота «а»	18,17±0,28	15,33±0,31
Синева «b»	11,87±0,11	12,33±0,17
Насыщенность S	21,72±0,44	19,77±0,61
Цветовой тон H	0,72±0,28	0,70±0,21

Установлено, что свинина четвертой категории имеет более интенсивную окраску, о чем свидетельствует значение светлоты, равное 55,00, тогда как для свинины второй категории показатель светлоты равен 56,42. Показатель светлоты свинины

четвертой категории находится в области значений, рекомендованных для сырья, предназначенного для производства продуктов высокого качества.

Большая интенсивность окраски свинины четвертой категории сочетается с более привлекательными показателями качества окраски, к которым относятся «краснота» и «синева». Степень «красноты» свинины четвертой категории составляет 18,17 и превышает аналогичный показатель для свинины второй категории, равный 15,33. Одновременно показатель «синева» свинины для промышленной переработки оказался меньшим, по сравнению с аналогичным показателем свинины второй категории. При таком соотношении между «краснотой» и «синевой» окраска органолептически воспринимается как выраженная красная, без несвойственных оттенков, которая ассоциируется с привлекательным цветом свежего мяса.

Это подтверждается значениями насыщенности окраски и ее цветового тона. Насыщенность красной окраски свинины четвертой категории существенно выше, чем свинины второй категории при условии, что по цветовому тону окраска мяса обеих исследуемых категорий соответствует красной области спектра.

Полученные данные позволяют говорить о том, что свинина четвертой категории более предпочтительна с точки зрения формирования окраски изделий с ее использованием. Это особенно важно для изделий, которые по определению должны иметь выраженный цвет, формирующий потребительскую характеристику изделий, например, сыровяленые и сырокопченые изделия.

Таблица 4

Результаты дегустационной оценки свинины второй и четвертой категорий упитанности

Показатель	Категория упитанности свинины	
	четвертая	вторая
Внешний вид	5	4
Запах, аромат	4	4
Вкус	4	4
Консистенция	5	5
Сочность	4	5
Общая оценка	22	22

Для оценки потребительских свойств свинины была проведена органолептическая оценка мяса,

подвергнутого варке до температуры кулинарной готовности. Результаты оценки приведены в табл. 4.

При органолептической оценке свинины четвертой категории не выявлено пороков вкуса и запаха, мясо имеет характерный выраженный вкус, послевкусие приятное, запах свойственный доброкачественному мясу без посторонних оттенков вкуса, а также признаков осаливания. Мясо плотное, нежесткое, при разжевывании нет признаков сухости, хотя по сочности оно несколько уступает свинине от молодых животных. Итоговая органолептическая оценка свинины четвертой категории сопоставима с оценкой мяса от свиней второй категории. Бульон от варки свинины четвертой категории имел характерный мясной вкус, без пороков запаха, с желтым оттенком, прозрачный. По насыщенности вкуса он превосходил бульон от варки свинины второй категории.

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что мясо от переработки свиней, основным назначением которых является воспроизводство потомства, имеет высокую пищевую ценность и технологические свойства, что подтверждается результатами определения химического состава и функционально-технологических свойств. Такая свинина превосходит мясо от молодых животных по общему содержанию белка, величине ВСС и цветовым характеристикам, имеет высокие органолептические показатели.

Данные определения потерь при размораживании позволяют говорить о том, что свинина четвертой категории может быть подвергнута замораживанию для кратковременного и более длительного хранения без риска увеличения потерь при размораживании; более того, эти потери оказываются меньше, чем для сырья второй категории.

Полученные данные дают основание говорить о целесообразности использования свинины четвертой категории при изготовлении изделий с высоким содержанием белка, для которых важными потребительскими свойствами являются цвет и аромат. Это могут быть изделия, подвергаемые ферментации и сушке, которые характеризуются повышенным содержанием белка, более низким содержанием жира, особыми потребительскими свойствами, в частности ароматом, цветом, в формировании которых значительная роль отводится белкам, в том числе участвующим в формировании окраски.

Список литературы

1. Трифанов, А.В. Состояние и тенденции развития производства свинины в Российской Федерации / А.В. Трифанов, В.В. Калюга, В.И. Базыкин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – Вып. 90. – С. 5–14.
2. Ковалев, Ю.И. Свиноводство: новые реалии – новые стратегии / Ю.И. Ковалев // Комбикорма. – № 12. – 2016. – С. 7–9
3. Скурихин, И.М. Все о пище с точки зрения химика / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. – М.: Высшая школа, 1991. – 228 с.
4. Лисицын, А.Б. Качество свинины: стандарты и методы оценки / А.Б. Лисицын // Животноводство России. – 2013. – № 3. – С. 35–36.
5. Методические рекомендации по оценке мясной продуктивности, качеству мяса и подкожного жира свиней / В.А. Коваленко, А.С. Орлова [и др.]. – М.: ВАСХНИЛ, 1987. – 32 с.

6. Кузнецов, А.И. Сравнительная характеристика тонуса гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы у свиноматок с разной стрессовой чувствительностью и его влияние на их продуктивность / А.И. Кузнецов, О.А. Саржан, Р.Р. Габдрафиков // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 4 (70). – С. 89–90.
7. Aziz, N.N. Effects of backfat thickness and carcass weight on the chemical composition and quality of the meat from culled sows / N.N. Aziz, R.O. Ball // Canadian Journal of Animal Science. – 1995. – № 75(2). – p. 191–196.
8. Усова, Н.Е. Сравнительная характеристика пищевой ценности свинины, полученной от свиноматок с разным уровнем стрессовой чувствительности, в связи с их возрастом в условиях интенсивного использования / Н.Е. Усова // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 5 (84). – С. 47–48.
9. Honikel, K.O. The water binding of meat / K.O. Honikel // Fleischwirtschaft. – 1987. – № 67. – p. 1098–1102.
10. Januškevičienė, G. Evaluation of meat physical, chemical and technological quality / G. Januškevičienė, G. Zaborskienė A. Kabašinskienė. – Kaunas, 2012. – 121 p.
11. Alternative market weights for swine. II. carcass composition and meat quality / A.H. Martin, A.P. Sather, H.T. Fredeen, R.W. Jolly // Journal Animal Science. – 1980. – № 50. – p. 699–705.

References

1. Trifanov A.V., Kalyuga V.V., Bazykin V.I. Sostoyanie i tendentsii razvitiya proizvodstva svininy v Rossiyskoy federatsii [Current state and trends of pork production in the russian federation]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products], 2016, no. 90, pp. 5–14.
2. Kovalev Yu.I. Svinovodstvo: novye realii - novye strategii [Pig: new realities - new strategies]. *Kombikorma* [Combined feed], 2016, no. 12, pp. 7–9.
3. Skurikhin I.M., Nechaev A.P. *Vse o pishche s tochki zreniya khimika* [All about food from the point of view of a chemist]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1991. 228 p.
4. Lisitsyn A.B. Kachestvo svininy: standarty i metody otsenki [Quality of pork: standards and methods of assessment]. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Livestock of Russia], 2013, no. 3, pp. 35–36.
5. Kovalenko V.A., Orlova A.S. et al. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke myasnoy produktivnosti, kachestvu myasa i podkozhnogo zhira sviney* [Methodological recommendations for evaluating meat productivity, quality of meat and subcutaneous fat of pigs]. Moscow : VASKHNIL Publ., 1987. 32 p.
6. Kuznetsov A.I., Sarzhan O.A., Gabdrapikov R.R. Sravnitel'naya kharakteristika tonusa gipotalamo- gipofizarno- nadpochechnikovoy sistemy u svinomatok s raznoy stressovoy chuvstvitel'nost'yu i ego vliyanie na ikh produktivnost' [Comparative characteristics of tone, hypothalamo - pituitary-adrenal axis of sows with different stress sensitivity and its influence on their productivity]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2010, vol. 70, no. 4, pp. 89–90.
7. Aziz N.N., Ball R.O. Effects of backfat thickness and carcass weight on the chemical composition and quality of the meat from culled sows. *Canadian Journal of Animal Science*, 1995, vol. 75, no. 2, pp. 191–196. DOI: 10.4141/cjas95-028.
8. Usova N.E. Sravnitel'naya kharakteristika pishchevoy tsennosti svininy, poluchennoy ot svinomatok s raznym urovнем stressovoy chuvstvitel'nosti, v svyazi s ikh vozrastom v usloviyakh intensivnogo ispol'zovaniya [Comparative characteristics of the nutritional value of pork obtained from sows with different levels of stress sensitivity, due to their age under intensive use]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2011, vol. 84, no. 5, pp. 47–48.
9. Honikel K.O. The water binding of meat. *Fleischwirtschaft*, 1987, no. 67, pp.1098–1102.
10. Januškevičienė G., Zaborskienė G., Kabašinskienė A. *Evaluation of meat physical, chemical and technological quality*. Kaunas Publ., 2012, 121 p.
11. Martin A.H., Sather A.P., Fredeen H.T., Jolly R.W. Alternative market weights for swine. II. carcass composition and meat quality. *Journal Animal Science*, 1980, no. 50, p.699–705.

Дополнительная информация / Additional Information

Малютина, К.В. Изучение состава и технологических свойств свинины четвертой категории, предназначенной для промышленной переработки / К.В. Малютина, Г.В. Гуринович // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 61–66.

Malyutina K.V., Gurinovich G.V. The study of composition and technological properties of pork of the fourth grade intended for commercial processing. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 61–66 (In Russ.).

© Малютина Ксения Владимировна

аспирант кафедры технологии мяса и мясных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

© Гуринович Галина Васильевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии мяса и мясных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemtipp.ru

© Kseniya V. Malyutina

Postgraduate Student of the Department of the Technology Meat and Meat Products, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University)), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

© Galina V. Gurinovich

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of Department of Meat and Meat Products Technology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemtipp.ru

УДК 637.5:665.5

ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОПЧЕНЫХ КОЛБАС ИЗ МЯСА МАРАЛОВ

О.М. Мышалова

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

*e-mail: meat@kemtipp.ru

Дата поступления в редакцию: 17.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. В работе приведены результаты исследований изучения антиоксидантных свойств эфирных масел шалфея и розмарина и их комбинации в фаршах полукопченых и варено-копченых колбас из мяса маралов. На основании данных органолептического анализа полукопченых колбас обоснован выбор и установлен предельно допустимый уровень введения эфирных масел шалфея и розмарина, составляющий не более 20 г на 100 кг мясного сырья. Вносимые добавки участвуют в большей степени в формировании запаха и аромата, незначительно влияют на вкус и цвет изделий на разрезе. Благодаря смешиванию масла шалфея с маслом розмарина горьковатый привкус и лекарственный, камфорный запах смягчаются. Методом ускоренного окисления выполнена сравнительная оценка эффективности антиокислительных свойств эфирных масел шалфея и розмарина, добавленных к жирам и маслам. Установлены индукционные периоды окисления свиного жира в зависимости от вида вносимых эфирных масел. Максимальный ингибирующий эффект достигается при совместном использовании масел шалфея и розмарина. Внесение в окисляемые системы комбинации эфирных масел шалфея и розмарина, растворенных в растительных маслах, в концентрациях от 0,005 до 0,02 % снижает скорость окисления липидов, независимо от растворителя. Образцы свиного жира в присутствии кедрового и эфирных масел шалфея и розмарина имели высокую концентрацию антиоксидантов, обладающих антирадикальной активностью со значительным периодом индукции; отличались более высокой устойчивостью к окислительным изменениям при нагреве по сравнению с подсолнечным маслом. Доказано, что эфирные масла шалфея и розмарина позволяют приостановить окисление гемовых пигментов мяса маралов, создают условия для восстановления метмиоглобина.

Ключевые слова. Масло шалфея, масло розмарина, копченые колбасы из мяса маралов, устойчивость к окислению, гемовые пигменты

STUDY OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS WHEN MAKING SMOKED SAUSAGE FROM MARAL MEAT

O.M. Myshalova

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

*e-mail: meat@kemtipp.ru

Received: 17.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. The given paper deals with the research results of studying the antioxidant properties of essential oils of sage and rosemary and their combinations in minced semi-smoked and boiled-smoked sausages. Basing on the data of organoleptic analysis of semi-smoked sausage the choice and the maximum permissible level of essential oils of sage and rosemary, which is now not more than 20 g per 100 kg of meat raw materials, has been established. The additives introduced largely take part in the formation of flavor and aroma; they slightly affect the taste and color of products on the cut. Due to the mixing of sage and rosemary oils a bitter taste and medicinal camphor smell are softened. The accelerated oxidation method is used to compare the efficiency of antioxidant properties of essential oils of sage and rosemary added to fats and oils. Induction oxidation periods of pork fat have been determined depending on the type of essential oils introduced. The maximum inhibitory effect is achieved by the joint usage of sage and rosemary oils. The introduction into oxidation systems of the combination of essential oils of sage and rosemary solved in vegetable oils in concentrations from 0.005 to 0.02% reduces the rate of lipid oxidation regardless of the solvent. Samples of pork fat in the presence of cedar oil and essential oils of sage and rosemary have high concentration of antioxidants possessing the antiradical activity with significant induction period; they have higher stability to oxidation changes when heating in comparison with sunflower oil. It has been proved that essential oils of sage and rosemary enable us to stop oxidation of heme pigments of maral meat and create conditions for restoring metmyoglobin.

Keywords. Sage oil, rosemary oil, smoked sausage from maral meat, stability to oxidation, heme pigments

Введение

При производстве мясных колбасных изделий для придания оригинального вкуса и аромата ис-

пользуются специи. Специи представляют собой добавки природного происхождения, получаемые из пряно-ароматического сырья, а именно: прянос-

тей, ароматических семян, травянистых растений. Специи используются в сухом измельченном виде или в виде пряно-ароматических экстрактов.

Применение в производстве колбасных изделий экстрактов имеет ряд преимуществ перед сухими измельченными специями, изготовленными из сырья с высокой степенью микробиологической обсемененности и сильно загрязненного продуктами жизнедеятельности микроорганизмов – афлатоксинами. Пряно-ароматические экстракты – экологически чистые продукты, так как при их получении полностью отделяются клетчатка и крахмал, являющиеся источником загрязнений. Содержание летучих органических соединений (ароматических, алициклических и алифатических карбонильных соединений, спиртов, кислот, эфиров и т.д.), вырабатываемых в особых клетках растений ароматического сырья и обуславливающих запах специй, зависит от многих факторов (времени и условий сбора сырья, сроков хранения специй до и после измельчения) и меняется от 0,1 до 20 % [1]. Получаемые экстракты имеют относительно постоянный химический состав, что гарантирует постоянство аромата и вкуса мясных продуктов.

Экстракты представляют собой природные композиции нелипидной (летучие углеводороды, карбонильные и фенольные соединения, высшие спирты, витамины) и липидной (жирные кислоты и стерины, каратиноиды, фосфорорганические соединения) фракции. Часто в этой смеси преобладает один или несколько основных компонентов. Основную долю в экстрактах составляют эфирные масла, состоящие из смеси летучих органических соединений. Химическая природа соединений, входящих в состав эфирных масел, весьма разнообразна и включает соединения, относящиеся к разным классам: углеводороды; спирты; фенолы и их производные; кислоты; простые и сложные эфиры; полифункциональные соединения. Это прозрачные или желто-бурые жидкости с характерным для каждого эфирного масла запахом. Они хорошо растворимы в растительных маслах и практически не растворимы в воде. Они оптически активны и имеют определенный коэффициент преломления, как правило, меньше единицы. Значения pH эфирных масел в основном нейтральные и кислые.

Таким образом, пряно-ароматические экстракты – это сложный природный комплекс биологически активных веществ, в число которых входят вещества, проявляющие антиоксидантные и антимикробные свойства, обладающие биологической активностью [1, 2].

В настоящее время изучены антиокислительные свойства различных видов эфирных масел и некоторых их фракций [3]. При этом скорость реакций окисления определяется не только наличием антиокислителей в анализируемой среде, но и другими компонентами, являющимися катализаторами перекисного окисления. В опубликованных работах отсутствует информация о влиянии экстрактов эфирных масел на скорость развития окислительных процессов в фаршах колбасных изделий.

Обоснование выбора эфирных масел, выполняющих функции антиокислителя, и прогнозирование их эффективности при введении в фарши полукопченых и варено-копченых колбас из мяса маралов послужило целью настоящих исследований.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований были использованы натуральные экстракты эфирных масел шалфея и розмарина (Авео, г Барнаул), фарши копченых колбас из мяса маралов с добавлением эфирных масел шалфея, розмарина и их комбинации (1:1), готовые колбасные изделия.

Эфирное масло шалфея (*Salvia officinalis* L) имеет светло-жёлтый цвет и прозрачную консистенцию с насыщенным резким, но приятным запахом. Шалфей имеет особенный яркий аромат, содержащий в себе ореховые, амбровые, дымные и бальзамические нотки. Он отлично сочетается с другими запахами.

Основными компонентами эфирного масла шалфея являются: терпены и терпеноиды до 60 % (камфора, бронеол, туйон, кариофиллен, ледол, эпиманоол), стероиды до 7 %, токоферолы – 2 %, антиоксиданты дитерпеновые фенолы: карнозол, карнозная кислота и другие.

Эфирное масло розмарина, получаемое из европейского кустарника *Rosmarinus officinalis*, легкое, текучее, бесцветное или бледновато-желтого цвета отличается свежим, травянисто-мятным запахом и сильным, чистым камфарным ароматом. Возможно применение масла розмарина в сочетании с эфирными маслами шалфея, мелиссы и другими маслами.

В составе продукта содержатся: терпены и терпеноиды (карен, цинеол, кариофиллен, пинен, камфен, борнеол, борнилацетат, камфора, кармофиллен, лимонен, мирцен), стероиды, антиоксиданты, дитерпеновые фенолы, карнозная кислота, карнозол.

Выбор экстрактов эфирных масел шалфея и розмарина и допустимого количества их использования осуществлялся на основании изучения состава и антиокислительных свойств масел, также органолептической оценки полукопченых колбас из мяса маралов, изготовленных с добавлением экстрактов шалфея и розмарина. В состав рецептур полукопченых колбас входило мясо маралов (70 кг), свиной шпик (30 кг), нитритно-посолочная смесь НИСО 2 (2,5 кг), экстракты эфирных масел в количестве до 20 г на 100 кг основного сырья (20 мг%). С целью равномерного распределения в фарше экстракты были растворены в растительных маслах с учетом степени разбавления 100 раз. Использовались доступное рафинированное подсолнечное масло и уникальное по составу кедровое.

Органолептическая оценка проводилась с использованием профилевого метода и оценочной шкалы.

При изучении антиокислительного потенциала эфирных масел в производстве полукопченых и варено-копченых колбас образцами исследований были свиной топленый жир высшего сорта и модельные фарши копченых колбас. В опытные об-

разцы вносили эфирные масла шалфея и розмарина в количестве до 0,02 %.

Устойчивость свиного жира к окислению в зависимости от количества добавляемых экстрактов шалфея и розмарина в предельно установленных концентрациях оценивалась методом ускоренного окисления при температуре 110 °С по ГОСТ Р 53160-2008.

Определение окислительно-восстановительных форм миоглобина (метмиоглобина – ММб, дезоксимиоглобина – ДМб, оксимиоглобина – ОМб) производилось расчетным методом на основании данных измерений коэффициентов отражения водных экстрактов мяса при длинах волн от 400 до 700 нм на спектрофотометре Спекол-11 до и после светового окисления.

Все исследования выполнялись с трехкратной повторностью с последующей статистической обработкой.

Результаты и их обсуждение

Выбор используемых экстрактов эфирных масел производили на основании опубликованных данных по изучению состава и антиокислительных свойств эфирных масел из растительного сырья. Известно, что около 32 видов специй содержат вещества, задерживающие окисление. Наиболее эффективными считаются шалфей, розмарин, гвоздика, которые повышают стойкость жиров к окислению в 15–17 раз, а такие специи как анис, кардамон, кориандр, имбирь, укроп, фенхель, майоран в 2–3 раза [1]. В экстрактах растительных масел шалфея и розмарина идентифицировано 22 вещества, основные из которых фенольные кислоты, производные карнозола и флавоноиды. Из них наиболее эффективными ингибиторами окисления липидов являются карназол, розмариновая, карнозойная, кофейная кислоты, розманол и розмадиаль [2]. Карнозойная кислота и карназол являются мощными ингибиторами перекисного окисления липидов, а также поглотителями перекисных радикалов и супероксидантного аниона. Известно, что экстракт розмарина эффективно защищает цвет пищевых продуктов.

В составе эфирных масел шалфея и розмарина преобладают терпены и их кислородсодержащие производные, выполняющие функцию антиоксиданта, необратимо окисляются в инертные соединения, благодаря чему не обладают свойствами прооксидантов. Таким образом, применение эфирных масел и их композиций перспективно в качестве натуральных антиоксидантов, позволяющих стабилизировать окислительные процессы, протекающие в фаршах копченых колбас.

При разработке рецептур копченых колбасных изделий с использованием эфирных масел необходимо учитывать то, что насыщенный резкий запах эфирных масел не должен преобладать над типичным запахом мясных копченых колбас. Допустимое количественное содержание эфирных масел в копченых колбасах из мяса маралов устанавливали опытным путем на основании органолептической оценки. Были изготовлены полукопченые колбасы

с добавлением эфирных масел шалфея, розмарина, их комбинации в соотношении 1:1, разбавленных подсолнечным рафинированным маслом или кедровым.

Органолептическая оценка копченых колбас показала, что вносимые добавки участвуют в большей степени в формировании запаха и аромата, незначительно влияют на вкус и цвет изделий на разрезе. Другие органолептические качественные показатели (внешний вид, вид на разрезе, консистенция в опытных и контрольных образцах) оставались неизменными. Наилучшие вкусоароматические характеристики имели образцы с добавлением 0,01 % эфирных масел. При использовании только одного эфирного масла шалфея или розмарина горьковатый привкус и лекарственный запах проявляется при концентрациях более 0,01 %.

Установлено, что для получения копченых колбас с выраженным вкусом и ароматом мясных продуктов допустимое количество эфирных масел в рецептуре не должно превышать 20 г на 100 кг. Внесение эфирных масел в больших концентрациях приводит к появлению специфического медицинского запаха.

Оценка аромата копченых колбас была произведена дескрипторно-профильным методом дегустационного анализа. Были выбраны следующие дескрипторы запаха: мясной, мятный, камфорный, сладкий, лекарственный, острый. Оценка каждого термина устанавливалась по интенсивности и порядку проявления по девятибалльной шкале. Профиллограмма аромата полукопченых колбас с использованием эфирных масел, разбавленных кедровым в количестве 0,02 %, представлена на рис. 1.

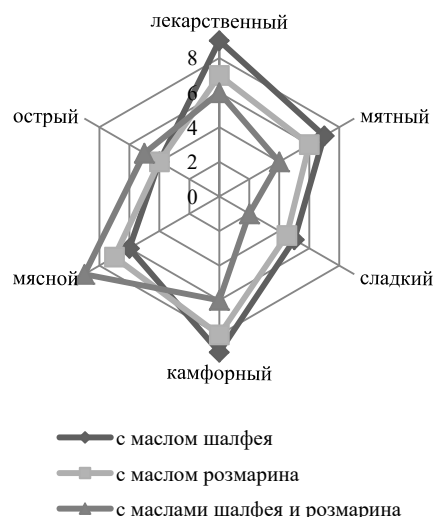


Рис. 1. Оценка аромата полукопченых колбас с эфирными маслами

Благодаря смешиванию масла шалфея с маслом розмарина медицинский (лекарственный и камфорный) запах смягчается, а его свежесть, наоборот, подчёркивается. Кедровое масло, используемое для растворения, хорошо сочетается с маслами шалфея и розмарина и позволяет получить продукт с оригинальным легким ореховым ароматом и вкусом.

Таким образом, на основании результатов органолептической оценки можно сделать вывод о том, что допустимый уровень введения эфирных масел шалфея и розмарина не более 0,02 %. Эфирные масла целесообразно растворять в кедровом масле и использовать совместно в соотношении 1:1.

Оценка антиокислительного потенциала эфирных масел в рекомендуемых концентрациях производилась методом ускоренного окисления, который принято использовать для сравнения эффективности антиокислителей.

На основании полученных данных кондуктометрических измерений определения летучих продуктов диссоциации кислот (в основном муравьиной и уксусной), образующихся во время окисления, были построены кривые проводимости, представленные на рис. 2.

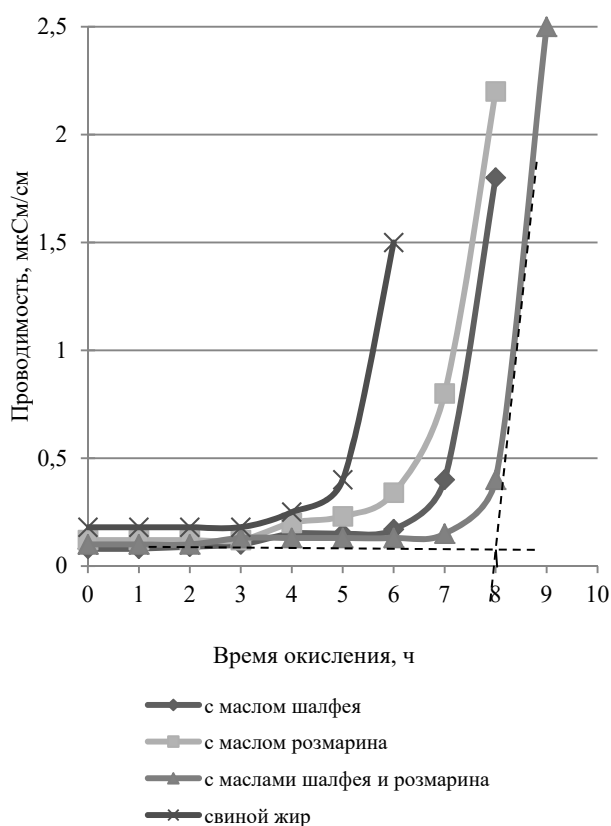


Рис. 2. Влияние эфирных масел на время окисления свиного жира

По кривым проводимости установлены индукционные периоды окисления свиного жира в зависимости от вида вносимых эфирных масел в количестве 0,02 % к массе жира. При температуре окисления 110 °С свиного жира без эфирных масел индукционный период окисления, характеризующийся медленной абсорбцией кислорода, составил 4,8 часа. В присутствии эфирных масел розмарина и шалфея период быстрой абсорбции, во время которой перекиси не только образуются, но и диссоциируют под влиянием высокой температуры с образованием альдегидов, кетонов и жирных низкомолекулярных кислот, смещается до 6,4 и

6,8 часов соответственно. Индукционный период окисления свиного жира в присутствии комбинации эфирных масел увеличивается до 8,1 часа, что можно объяснить проявлением дополнительной синергетической активности основных компонентов масел шалфея и розмарина. При окислении жира в присутствии масла шалфея и комбинации масел изменяется и характер кривой проводимости: четкое и быстрое изменение наклона во второй фазе окисления, что свидетельствует о присутствии в окисляемых средах ингибиторов перекисного окисления липидов и поглотителей перекисных радикалов и супероксидантного аниона.

Изучение влияния эфирных масел шалфея и розмарина на скорость окисления свиного жира позволяет утверждать, что вносимые добавки природного происхождения в концентрации 0,02 % проявляют антиоксидантные свойства. Максимальный ингибирующий эффект достигается при совместном использовании масел шалфея и розмарина.

Необходимость равномерного перераспределения небольших количеств эфирных масел в фаршах колбасных изделий требует применения разбавителей, в качестве которых предлагается использовать растительные масла, не имеющие резких насыщенных запахов. Выбранные растворители, рафинированное подсолнечное масло и натуральное кедровое могут повлиять на скорость и характер окисления животных жиров фаршей полукопченых и варено-копченых колбас, доля которых составляет от 30 до 40 %. Поэтому была поставлена задача дальнейших исследований – оценить степень влияния растительных масел, используемых для растворения эфирных масел, на скорость окисления свиного жира. Для чистоты экспериментов во всех образцах вносимое количество растительных масел не изменялось. Данные исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние концентрации эфирных масел шалфея и розмарина на индукционный период окисления свиного жира

Концентрация эфирных масел, %	Индукционный период, ч	
	эфирные масла, растворенные в подсолнечном масле	эфирные масла, растворенные в кедровом масле
0	4,2	5,2
0,005	5,8	6,3
0,01	6,9	7,5
0,02	7,5	8,4

Полученные результаты свидетельствуют, что внесение в окисляемые системы комбинации эфирных масел шалфея и розмарина, растворенных в растительных маслах, в концентрациях от 0,005 до 0,02 % снижает скорость окисления липидов, независимо от растворителя. При повышении уровня введения комбинации эфирных масел время окисления увеличивается. Наилучший эффект достигается при комбинировании эфирных масел шалфея и розмарина, разбавленных кедровым маслом.

Характер кривых окисления свиного жира не изменился, однако на начальном этапе зарегистрированы повышенные значения проводимости исследуемых систем с 0,08 мкСм/см для свиного жира до 0,19 мкСм/см в присутствии подсолнечного и до 0,23 мкСм/см в присутствии кедрового масел, что объясняется наличием в растительных маслах свободных жирных кислот, моно- и диглицеридов и других соединений.

В присутствии подсолнечного и кедрового масел изменилось время индукционного периода окисления свиного жира с 4,8 ч до 4,2 и 5,2 ч соответственно. Полученные данные свидетельствуют о том, что окисление растительных масел подчиняется различным закономерностям, и зависит от их биохимического состава. Независимо от того, что продолжительность индукционного периода обратно пропорциональна степени ненасыщенности масел, окисление ω -3 жирных кислот кедрового масла сопровождается не только высокой скоростью образования альдегидов и кетонов, но и высокой скоростью альтернативных реакций образования менее полярных циклических и полимерных соединений [5]. Кроме того, в подсолнечном масле содержание более активного антиоксиданта и стабилизатора гидроперекисей α -токоферола меньше, чем в кедровом; образующиеся перекиси менее стабильны, соответственно имеют меньшее время жизни и быстрее распадаются с образованием вторичных продуктов окисления.

Таким образом установлено, что окисление свиного жира при комбинировании эфирных масел шалфея и розмарина в присутствии кедрового масла протекает медленнее вследствие увеличения в окисляемых средах ингибиторов окисления и их синергетической активности.

Окислительные процессы, происходящие в колбасных фаршах, затрагивают липиды, белки и некоторые экстрактивные вещества. В качестве индикатора окисления белков выступает миоглобин. При окислении миоглобин мяса преобразуется в метмиоглобин, что придает мясу коричневую окраску и провоцирует окисление липидной фракции.

Высокому риску развития окисления фаршей копченых колбас из мяса маралов способствует повышенное содержание гемовых пигментов в мясе миоглобина и гемоглобина, в которых ион железа может иметь разную степень окисления (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{4+}). В липидном окислении могут принимать участие две формы железа (Fe^{2+}) и (Fe^{3+})-миоглобина. Оксимиоглобин (Fe^{2+}) может перейти в метмиоглобин посредством случайного автоокисления, в процессе которого образуются высокоактивные анионы супероксидного радикала. Образовавшийся метмиоглобин проявляет каталитическую активность в отношении пероксидов с образованием высоко реакционноспособных видов гидроперекисных свободных радикалов. В дальнейшем пигмент переходит в феррильную форму (Fe^{4+}) миоглобина, которая также принимает участие в окислении полиненасыщенных липидов, открывая водородные атомы [6, 10].

В связи с вышесказанным было изучено влияние эфирных масел шалфея и розмарина, разбавленных кедровым маслом, на скорость окисления миоглобина. Фарши копченых колбас подвергали световому окислению под люминесцентной лампой мощностью 16 Вт в течение 60 мин. В процессе окисления определялось количественное содержание трех форм миоглобина – метмиоглобина, оксимиоглобина и дезоксимиоглобина. Результаты исследований представлены на рис. 3.

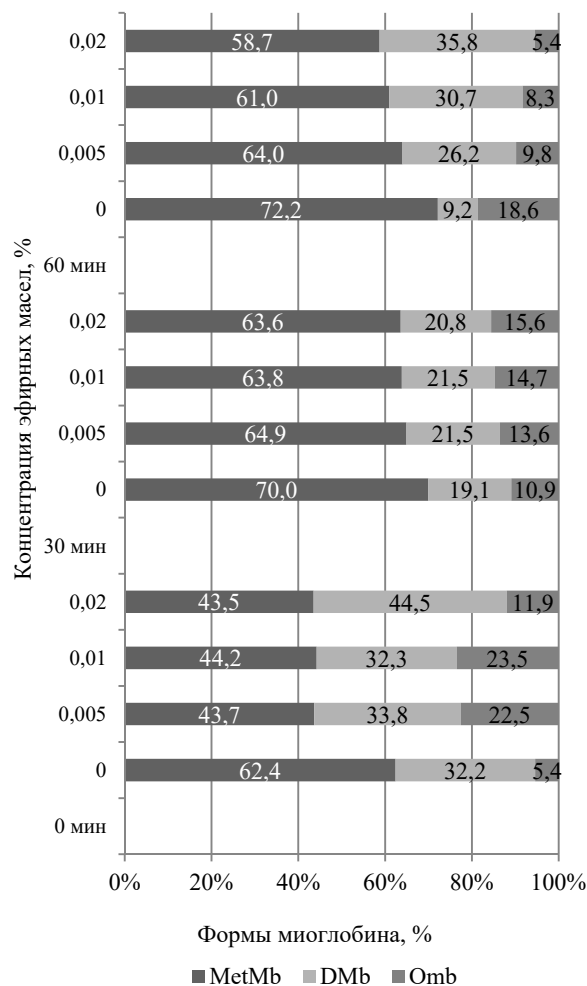


Рис. 3. Влияние времени окисления на гемовые пигменты мяса

Установлено, что в фаршах контрольных образцов преобладает окисленная форма миоглобина – метмиоглобин (ММб), его количество составляет 62,4 % от общего содержания пигментов, доля которого в процессе окисления в течение 60 мин повышается на 9,8 %. Именно с этим связано приобретение мясом коричневого оттенка. В качестве катализаторов окисления миоглобина могут выступать вносимые при изготовлении колбасных фаршей посолочные ингредиенты.

Внесение в модельные фарши эфирных масел шалфея и розмарина, разбавленных кедровым маслом в количестве до 0,02 % позволяет приостановить окисление пигментов. Кроме того создаются условия для восстановления метмиоглобина и, одновременно, замедляется окисление миоглобина.

Наиболее выраженное отличие замечено после 60 мин экспозиции.

Восстановленные и окисленные гемовые пигменты составляют окислительно-восстановительную систему с большим окислительным потенциалом для метмиоглобина и меньшим для миоглобина. Сдвиг равновесия в ту или другую сторону обуславливается присутствием антиокислителей эфирных масел шалфея и розмарина.

Таким образом доказано, что эфирные масла шалфея и розмарина в концентрациях от 0,005 до 0,02 % проявляют антиокислительные свойства по отношению к липидам и гемовым пигментам мяса

маралов. При этом максимальный ингибирующий эффект достигается при совместном использовании масел шалфея и розмарина в присутствии кедрового масла. Эфирные масла шалфея и розмарина участвуют в формировании запаха и аромата, позволяют приостановить окисление гемовых пигментов мяса маралов, создают условия для восстановления метмиоглобина. Благодаря замедлению процесса окисления жиров и потери пигментации уменьшается вероятность возникновения пороков окраски полукопченых и варено-копченых колбас из мяса маралов, повышается стабильность готовых продуктов при хранении.

Список литературы

1. Базарнова, Ю.Г. Фитоэкстракты – природные ингибиторы порчи пищевых продуктов: обзор / Ю.Г. Базарнова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2010. – № 2. – С. 32–42.
2. Исследование антиокислительных свойств сверхкритических CO₂-экстрактов / А.Б. Лисицын, А.А. Семенова, М.И. Гундырева [и др.] // Мясная индустрия. – 2006. – № 3. – С. 30–35.
3. Влияние состава смесей эфирных масел на их антиоксидантные и антирадикальные свойства / Т.А. Мишарина, Е.С. Алинкина, Л. Д. Фаткуллина [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2012. – № 1. – Т. 48. – С. 117–123.
4. Антиоксидантная активность растительных масел с разным соотношением омега-6/омега-3 жирных кислот / Д.А. Гусева, Н.Н. Прозоровская, А.В. Широнин [и др.] // Биомедицинская химия. – 2010. – № 3. – Т. 56. – С. 342–350.
5. Ладыгин, В.В. Конструирование оксистабильных композиций растительных масел: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.06 / Ладыгин Василий Вячеславович. – Краснодар, 2016. – 150 с.
6. Гуринович, Г.В. Изучение влияния гемового и негемового железа на антиокислительную активность дигидрокверцетина / Г.В. Гуринович, Р.Н. Абдрахманов // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 1. – С. 30–37.
7. ГОСТ Р 51481-99 (ИСО 6886-96) Жиры и масла животные и растительные. Метод определения устойчивости к окислению (метод ускоренного окисления). – Введ. 01-01-2001. – М.: Стандартинформ, 2001.
8. Keceli, T. Ferric ions reduce the antioxidant activity of the phenolic fraction of virgin olive oil / T. Keceli, M.H. Gordon // J. Food Sci. – 2002. – Vol. 67 (№ 3). – P. 943–947.
9. Buzala, M. Heme iron in meat as the main source of iron in the human diet / M. Buzala, A. Słomka, B. Janicki // J. Elem. – 2016. – Vol. 21 (№ 1). – P. 303–314.
10. Mechanisms of Oxidative Processes in Meat and Toxicity Induced by Postprandial Degradation Products / C. Papuc, Gh.V. Goran, C.N. Predescu, and V. Nicorescu // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2017. – Vol. 16 (№ 1). – P. 96–123.

References

1. Bazarnova Yu.G. Fitoekstrakty – prirodnye ingibitory porchi pishchevykh produktov: obzor [Phytoextracts - natural inhibitors of food spoilage: a review]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Scientific Journal NRU ITMO. Processes and Food Production Equipment], 2010, no. 2, pp. 32–42.
2. Lisitsyn A.B., Semenova A.A., Gundyeva M.I. Issledovaniye antiokislitel'nykh svoystv sverkhkriticheskikh SO₂-ekstraktov [Investigation of the antioxidant properties of supercritical CO₂ extracts]. *Myasnaya industriya* [Meat industry], 2006, no. 3, pp. 30–35.
3. Misharina T.A., Alinkina Ye.S., Fatkullina L.D. Vliyanie sostava smesey efirnykh masel na ikh antioksidantnye i anti-radikal'nye svoystva [Influence of the composition of mixtures of essential oils on their antioxidant and antiradical properties]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Fatkullina and others. Applied Biochemistry and Microbiology], 2012, no. 1, vol. 48, pp. 117–123.
4. Guseva D.A., Prozorovskaya N.N., Shironin A.V. *Antioksidantnaya aktivnost' rastitel'nykh masel s raznym sootnosheniem omega-6/omega-3 zhirnykh kislot* [Antioxidant activity of vegetable oils with different ratio of omega-6 / omega-3 fatty acids]. *Biomeditsinskaya khimiya* [Biomeditsinskaya Khimiya], 2010, no. 3, vol. 56, pp. 342–350.
5. Ladygin V.V. *Konstruirovaniye oksistabil'nykh kompozitsiy rastitel'nykh masel. Diss. kand. tekhn. nauk* [Designing of oksistabilnyh compositions of vegetable oils. Cand. tech. sci. thesis.]. Krasnodar, 2016. 150 p.
6. Gurinovich G.V., Abdrakhmanov R.N. Izuchenie vliyaniya gemovogo i negemovogo zheleza na antiokislitel'nyuyu aktivnost' digidrokvertsetina [Study of the influence of heme and non-heme iron on the antioxidant activity of dihydroquercetin]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2012, no. 1, pp. 30–37.
7. *GOST R 51481-99 (ISO 6886-96). Zhiry i masla zhivotnyye i rastitel'nyye. Metod opredeleniya ustoychivosti k okisleniyu (metod uskorennoy okisleniya)* [State Standard 51481-99 51481-99. Animal and vegetable fats and oils. Method for determination of oxidation stability (accelerated oxidation test)]. Moscow: Standartinform Publ., 2001.
8. Keceli T., Gordon M.H. Ferric ions reduce the antioxidant activity of the phenolic fraction of virgin olive oil. *J. Food Sci*, 2002, vol. 67, no. 3, pp. 943–947. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb09432.x.
9. Buzala M., Słomka A., Janicki B. Heme iron in meat as the main source of iron in the human diet. *J. Elem.*, 2016, vol. 21, no. 1, pp. 303–314. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.850.
10. Papuc C., Goran G.V., Predescu C.N., Nicorescu V. Mechanisms of Oxidative Processes in Meat and Toxicity Induced by Postprandial Degradation Products: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2017, vol. 16, no. 1, pp. 96–123. DOI: 10.1111/1541-4337.12241.

Дополнительная информация / Additional Information

Мышалова, О.М. Изучение антиоксидантной активности эфирных масел при изготовлении копченых колбас из мяса маралов / О.М. Мышалова // *Техника и технология пищевых производств*. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 67–73.

Myshalova O.M. Study of the antioxidant activity of essential oils when making smoked sausage from maral meat. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 67–73 (In Russ.).

© **Мышалова Ольга Михайловна**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии мяса и мясных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemtipp.ru

© **Olga M. Myshalova**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology Meat and Meat Products, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemtipp.ru



УДК: 582.52/59

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА БЕЛКА В РЯСКЕ *LEMNA MINOR*

И.Ю. Сергеева^{1,*}, А.А. Аль Кассаб²

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет»,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

*e-mail: sergeeva.76@list.ru

Дата поступления в редакцию: 17.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. В настоящее время применение ряски рассматривается как дешевый и эффективный способ очистки сточных вод, полученных из биореакторов сельскохозяйственных ферм. В дополнение к экологическим преимуществам продуктивная биомасса ряски, произведенная во время очистки сточных вод, содержит высокое содержание питательных веществ, особенно протеина, что позиционирует ее как дополнительный ингредиент рациона сельскохозяйственных животных, птицы и рыб. В работе изучено влияние условий культивирования ряски *Lemna minor* на синтез белка с учетом варьирования концентрации питательных веществ в сточных водах. Для исследований применялась система культивирования, объединяющая анаэробный биореактор и собственно систему выращивания ряски. Определена удельная скорость роста ряски, которая составила 2,68; 3,85 и 4,61 г/(м²·сут) соответственно концентрации субстрата 20, 40 и 60 %. Максимальная плотность роста была достигнута (в г/м²): 67,4 – для 20 % субстрата на 30-е сутки; 63,0 – для 40 % субстрата и 66,0 – для 60 % субстрата на 27-е сутки культивирования. Изучена динамика содержания общего азота по Кьельдалю в ряске. Наибольшее содержание общего азота в ряске, выращенной на питательной среде с 20 % концентрацией субстрата, наблюдалось на 15-е сутки с максимальной скоростью накопления 0,16 г/м²/сутки. На 21-е сутки культивирования в субстрате с 40%-ой концентрацией был зафиксирован максимум общего азота при скорости накопления 0,20 г/м²/сутки; с 60%-ным содержанием сточных вод – при скорости 0,24 г/м²/сутки. Изучена динамика синтеза белка в ряске. В ходе эксперимента установлено, что на 16-е сутки культивирования был отмечен максимальный процент содержания белка в ряске для 20%-ного субстрата – 27,62 %, в то время как в 40%-ном – 28,13 % и в 60%-ном – 29,14 % – на 19-е сутки выращивания. По итогам исследований рассчитана математическая модель, которая может считаться адекватной и быть использована для прогнозирования содержания белка в ряске вида *Lemna minor* в зависимости от концентрации питательных веществ в субстрате и продолжительности культивирования.

Ключевые слова. Ряска, *Lemnaceae*, *Lemna minor*, культивирование, общий азот, белок, моделирование

MODELING THE PROCESS OF PROTEIN SYNTHESIS IN THE DUCKWEED *LEMNA MINOR*

I.Yu. Sergeeva^{1,*}, A.A. Al Kassab²

¹Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

²National Research Tomsk Polytechnic University
30, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia

*e-mail: sergeeva.76@list.ru

Received: 17.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. Currently, duckweed is considered to be a cheap and effective way to treat wastewater from farm bioreactors. In addition to the environmental benefits, the productive duckweed biomass of the produced during wastewater treatment contains a high content of nutrients, especially protein that positions it as an additional ingredient in the feed of farm animals, poultry and fish. The influence of cultivation conditions of *Lemna minor* on protein synthesis taking into account the variation of nutrient concentration in wastewater are studied. The cultivation system combining an anaerobic bioreactor as well as the system of growing duckweed is used. Specific growth rate of duckweed, which was 2.68; 3.85 and 4.61 g/(m²/day) of the substrate concentration of 20, 40 and 60% respectively, is determined. The maximum growth density has been obtained (g/m²): 67.4 for 20% of the substrate on the 30th day; 63.0 for 40% of the substrate and 66.0 for 60% of the substrate on the 27th day of cultivation. The dynamics of total Kjeldahl nitrogen content in duckweed has been studied. The greatest content of total nitrogen in duckweed grown on nutrient medium with 20% substrate concentration is observed on the 15th day with a maximum accumulation rate of 0.16 g/m²/day. On the 21st day of

cultivation in a substrate with 40% concentration a maximum total nitrogen is recorded at a storage rate of 0.20 g/m²/day; with a 60% wastewater content - at a rate of 0.24 g/m²/day. The dynamics of protein synthesis in the duckweed has been studied. In the course of the experiment it has been found that on the 16th day of cultivation the maximum percentage of protein content in the duckweed for 20% substrate is observed as 27.62%, while for 40% it is 28.13% and for 60% - of 29.14% to the 19-th day of cultivation. Based on the results of the studies, a mathematical model has been calculated, which can be considered adequate, and can be used to predict the protein content of the duckweed species *Lemna minor* depending on the nutrient concentration in the substrate and the duration of cultivation.

Keywords. Duckweed; *Lemnaceae*; *Lemna minor*; cultivation; total nitrogen; protein, modeling

Введение

Ряска – это свободно плавающее водное растение семейства *Lemnaceae*. Это семейство классифицируется на четыре рода: *Spirodela*, *Lemna*, *Wolffiella* и *Wolffia*. Внутривидовое различие определяется ботаническими характеристиками (размерами листьев, наличием корня и пр.) [1].

В настоящее время применение ряски рассматривается как дешевый и эффективный способ снижения концентрации питательных веществ в сточных водах, полученных из биореакторов сельскохозяйственных ферм. В дополнение к экологическим преимуществам продуктивная биомасса ряски, произведенная во время очистки сточных вод, содержит высокое содержание эссенциальных веществ, особенно протеина (до 45 %). За последние 30 лет исследователи продемонстрировали потенциальные возможности использования ряски в качестве дополнительного ингредиента рациона сельскохозяйственных животных, птицы и рыб [2–7]. Клетки ряски содержат мало лигнина, вследствие чего ряска легко переваривается в желудке животных, облегчается доступ к усвояемому белку [8].

В связи с высокой скоростью роста и высоким содержанием протеина, производительность ряски по протеину может быть в десятки раз больше, чем у сои [1]. Cheng и др. [9] установили, что скорость роста ряски составляет до 104 т/га в год. Для небольших фермерских хозяйств выгодно использовать недорогие системы очистки сточных вод на основе ряски. При этом образуется также добавочная протеиновая биомасса [2, 3, 5]. По мнению ис-

следователей [10] наиболее логично сосредоточиться на виде ряски *Lemnaceae* для использования ее в водных системах, сконструированных для поглощения питательных веществ из отходов животноводческих ферм. Производство сухой биомассы этого вида более высокое по сравнению с другими.

Зарубежными учеными [11,12] изучена также пищевая ценность ряски *Lemnaceae* с точки зрения возможности ее использования в качестве пищи для человека. Показано, что содержание белка в ряске составляет от 20 до 35 %, жира – от 4 до 7 % и крахмала – от 4 до 10 % в пересчете на сухое вещество. Установлено, что содержание ряда аминокислот в ряске близко к рекомендациям ВОЗ. Более того, это растение содержит также и ценные омега-3 жирные кислоты (в т.ч. и альфа-линоленовую кислоту). Содержание аминокислот в ряске вида *L. minor* представлено на рис. 1.

В современной фармакологии эффективным производственным базисом для производства антител учеными признаны растения [13,14]. Особый интерес вызывают промышленные ферменты растительного происхождения. Биокатализаторы широко используются во многих промышленных производствах, поэтому их стоимость не должна быть лимитирующим фактором. Основной проблемой применения промышленных белков является необходимость значительных по площади земельных участков для выращивания трансгенных растений. Кроме того, необходимо широкое признание открытой культивации растений для производства белка [15].

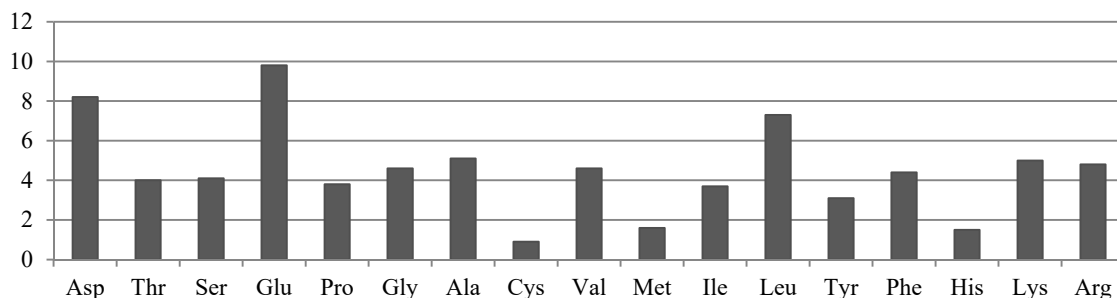


Рис. 1. Аминокислотный состав белков в ряске вида *L. minor* (г/100 г белка) [11]

Помимо сельскохозяйственного вектора развития ряска является идеальным сырьем для производства рекомбинантных белков [16]. Это быстрорастущее и легкодоступное растение способно продуцировать сложные белки, которые трудно получить из микроорганизмов, или произведенных в течение длительного периода времени клетками млекопитающих. Кроме того, ряска съедобна и,

следовательно, представляет собой привлекательную систему для пероральных вакцин [6, 7, 17]. Учеными биотехнологической компании Biolex Inc. (США) ведутся разработки системы для производства фармацевтических белков на основе ряски *Lemnaceae* [11].

Для того чтобы платформа по производству белка из ряски была экономически целесообразной

для промышленного производства, необходимо решить ряд вопросов, в том числе интенсифицировать методы культивирования как в открытых, так и закрытых системах [6].

Существуют две основные категории биореакторов, обычно используемых для культивирования растений, клеток, тканей и органов: жидко- и газофазные реакторы [18]. Наиболее часто используются реакторы на жидкой фазе, но остается проблемой доставка кислорода в погруженные клетки или ткани. Большинство растительных клеток и тканей подвержены стрессу сдвига, поэтому, в отличие от микробных клеток, агрессивное возбуждение не особенно полезно. Газофазные реакторы с минимальным сдвигом решают проблему доставки O_2 [18].

Таким образом, оптимизация процесса производства, использование регуляторных элементов, а также разработка усовершенствованных систем культивирования в фотобиореакторах имеют актуальное значение в производстве протеина из ряски семейства *Lemnaceae*.

Целью настоящих исследований является изучение влияния условий культивирования ряски *Lemna minor* на синтез белка с учетом варьирования концентрации питательных веществ в сточных водах.

Объекты и методы исследования

В работе применялась система культивирования, объединяющая анаэробный биореактор и собственно систему выращивания ряски. Анаэробный реактор производил энергию и раствор питательных веществ, который использовался как субстрат для культивирования. Для освещения использовали фотолампу FLUORA OSRAM, установленную на расстоянии 0,6 м над водной поверхностью и работающую 16 часов в день. Поток фотонов от лампы составлял $140 \text{ мкмоль/м}^2\cdot\text{с}$ (PPF). В автоматическом режиме в фотобиореакторе поддерживалась температура $(25 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$. Подача воздуха осуществлялась периодически. Каждый день производилось ручное

перемешивание содержимого ванн в течение 5 мин.

Для подавления роста водорослей и имитирования природных условий использовались ванны, изготовленные из светонепропускаемого материала.

Материалами исследований служили ряска вида *Lemna minor*, выращенная в лабораторных и естественных условиях водоема (г. Томск), исходные образцы сточных вод из метантенка, отличающиеся концентрацией питательных веществ.

Образцы ряски представляли собой: образец № 1, выращенный в искусственном водоеме, с добавлением питательных веществ, с применением специальной фотолампы FLUORA OSRAM; образец № 2, нативная ряска, выращенная в естественной среде (контроль).

Влажность ряски определяли гравиметрическим методом (температура воздуха в сушильном шкафу составляла $105 \text{ }^\circ\text{C}$, продолжительность высушивания 9 ч).

Для определения общего азота и количества белка был использован метод Кьельдаля (по ГОСТ 10846). Для пересчета на белковые вещества количество азота умножали на коэффициент 6,25 [11, 19].

Анализ питательной среды для выращивания ряски (сточных вод из метантенка) проводили в Центре управления научно-исследовательским оборудованием Томского Государственного Университета (ТГУ), а также в аккредитованной межвузовской лаборатории радиационной спектроскопии Томского Политехнического Университета (ТПУ): содержание ионов аммония (ГОСТ 33045 (метод А), фотометр КФК-3-01), фосфат-ионов (ГОСТ 18309 (метод А), фотометр КФК-3-01), химическое потребление кислорода (ХПК) – методом по ПНД Ф 14.1:2.4.154-99 (Флюорат 02-3М) (табл. 1). Количественное определение общего азота проводили в лаборатории кафедры «Технология броидильных производств и консервирования» ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)».

Таблица 1

Состав субстрата (сточных вод из метантенка)

Показатель	Концентрация (г/м ³)	Показатель	Концентрация (г/м ³)	Показатель	Концентрация (г/м ³)
ХПК	2237,50±15,00	Na	103,00±15,45	K	402,00±48,00
PO ₄ ³⁻	22,80±0,80	Ni	6,70×10 ⁻² ±0,80×10 ⁻²	Mg	45,20±5,42
NH ₄ ⁺	199,50±15,00	Pb	2,50×10 ⁻² ±0,30×10 ⁻²	Mn	1,46±0,17
NO ₃ ⁻	20,80±2,50	Zn	25,10×10 ⁻² ±3,01×10 ⁻²	Mo	0,78×10 ⁻² ±0,09×10 ⁻²
NO ₂ ⁻	0,92±0,11	Cu	7,20×10 ⁻² ±1,08×10 ⁻²	Ca	85,50±10,26
Fe	8,85±1,32	B	4,13±0,62	Co	1,50×10 ⁻² ±0,18×10 ⁻²

Для статистической обработки данных использовалась программа Microsoft Excel и пакет программ Statistica 8,0.

Результаты и их обсуждение

Схема проведения эксперимента состояла из следующих этапов.

Всего было приготовлено 10 групп образцов. Каждая группа состояла еще из трех подгрупп. Подгруппы отличались концентрацией субстрата. В пер-

вой подгруппе концентрация субстрата составляла 20 %, во второй – 40 %, в третьей – 60 %. Каждая подгруппа состояла в свою очередь из трех образцов с ряской и одного контрольного образца (без ряски). Данное детальное деление опытов проводилось для обеспечения возможности периодического отбора проб через каждые 3 суток (два раза в неделю). В десятой группе ряска выращивалась 34 дня. После каждого отбора проб высвободившуюся ряску подвергали высушиванию и фиксировали массу.

Для устранения такого фактора, как испарение воды из образцов, каждые 3 суток в образцы вносили дистиллированную воду при перемешивании до исходного объема.

Как показал анализ научной информации, предыдущие исследования ученых в области получения из ряски кормовых добавок для животных не охватывали в полной мере процесс оптимизации. Сточные воды, сосредоточенные в специальных водоемах, постоянно подвергаются разбавлению за счет атмосферных осадков. Поэтому исследования велись с учетом варьирования концентрации сточных вод.

Первоначально изучена динамика накопления биомассы рясковой (рис. 2), т.к. этот показатель напрямую связан с выходом конечного продукта – протеина. Использовали образец ряски № 1.

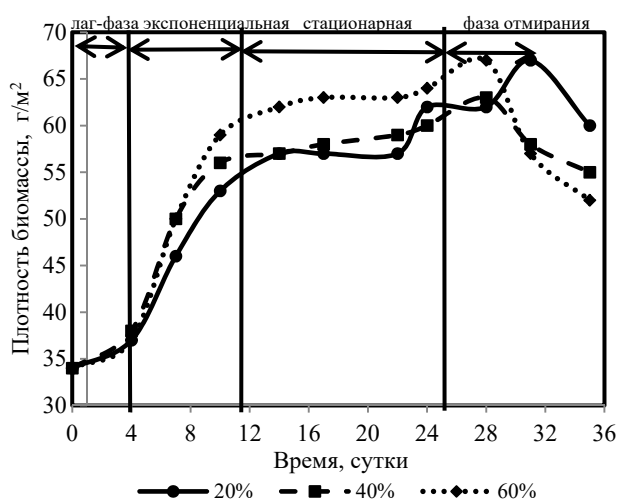


Рис. 2. Динамика изменения плотности биомассы для субстратов с различной концентрацией

Установлено, что стадия адаптации ряски к измененным искусственно условиям культивирования имела довольно короткий период и составила 4 суток для всех образцов. С увеличением концентрации субстрата плотность биомассы ряски во время экспоненциальной фазы увеличивалась. После месяца эксперимента отмечен переход ряски в фазу «отмирания» по причине достижения максимальной плотности биомассы на единицу поверхности.

В ходе эксперимента определена удельная скорость роста ряски для растворов с начальной концентрацией субстрата 20 %, 40 % и 60 %, которая составила 2,68; 3,85 и 4,61 г/(м²·сут) соответственно.

Максимальная плотность роста была достигнута (в г/м²): 67,4 – для 20 % субстрата на 30-е сутки; 63,0 – для 40 % субстрата и 66,0 – для 60 % субстрата на 27-е сутки культивирования. После чего прирост биомассы прекратился для всех образцов.

На следующем этапе провели изучение динамики накопления азота и белка в ряске. В природе азот присутствует в нескольких формах: общий азот, общий азот по Кьельдалю (TKN), аммиак, органический азот, нитраты и нитриты. С этой позиции важно понимать отношения различных форм азота.

В исходном субстрате (сточные воды из метантенка) отмечена достаточно низкая концентрация нитратов (табл. 1). При этом отношение ионов аммония к нитратам составила 10:1.

Большие концентрации нитритов в сточных водах (более 1 г/м³) обычно диагностируются, когда растение частично нитрифицировано. В исходном применяемом субстрате содержание нитритов составляет 0,92 г/м³ (табл. 1).

Учеными установлено, что значительная часть азота приходится на аммоний (NH_4^+) если pH сточных вод находится в кислой или нейтральной зоне. В щелочной зоне (при pH более 8,0) азот главным образом представляет собой аммиак (NH_3). Общий азот по Кьельдалю (TKN) включает в себя аммоний и органический азот:

$$TKN = NH_4^+ + \text{орг. азот}$$

Так как общий азот в сточных водах на 93,1 % состоит из аммония [20], ряска хорошо ассимилирует азот в данной форме. Согласно условиям эксперимента, в растворе с концентрацией субстрата 20 % количество аммония составило 37,0 г/м³; в растворе с 40%-ой концентрацией – 80,1 г/м³; а с 60%-ой – 121,0 г/м³.

Максимальное содержание общего азота по Кьельдалю в ряске, выращенной на питательной среде с 20 % концентрацией субстрата, наблюдалось на 15-е сутки эксперимента с максимальной скоростью накопления 0,16 г/м²/сутки. На 21-е сутки культивирования в субстрате с 40%-ой концентрацией был зафиксирован максимум общего азота при скорости накопления 0,20 г/м²/сутки; с 60%-ым содержанием сточных вод – при скорости 0,24 г/м²/сутки (рис. 3).

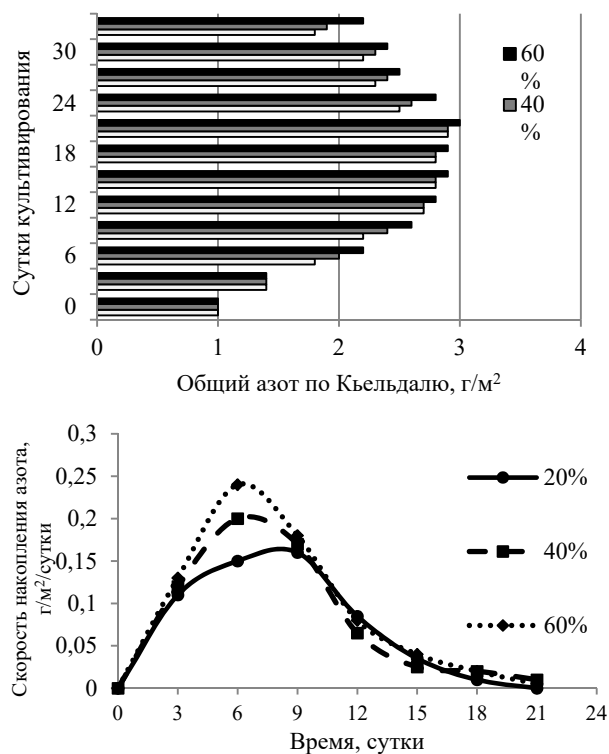


Рис. 3. Динамика накопления азота в образцах ряски

Исследованиями ученых [21] установлено, что содержание белка зависит от условий культивирования ряски. Например, в биомассе ряски, перенесенной из искусственной среды в чистую воду, отмечалось снижение содержания белка, но увеличение содержания крахмала. Также было выявлено, что световые условия не влияют на аминокислотный состав ряски [21].

В настоящих исследованиях для определения разности содержания белка в ряске согласно разным условиям культивирования были взяты образцы растения – № 1, № 2 (контроль – нативная ряска, выращенная в естественных условиях водоема).

По завершению процесса культивирования (после 1 мес.) в образце № 2 зафиксирован процент протеина – $(25,17 \pm 0,03)$ %. Для наблюдений динамики процесса использовали образец № 1. Показано, что в субстрате с 20%-ной концентрацией сточных вод содержание белка составило $83,23$ мг ($16,16$ г/м²) при максимальной скорости накопления $0,97$ г/м²/сутки; в растворе с 40%-ным содержанием субстрата – $85,65$ мг ($16,63$ г/м²) при скорости $1,27$ г/м²/сутки; а для образца, содержащего 60 % питательных веществ, – 93 мг ($18,06$ г/м²) со скоростью аккумуляции $1,49$ г/м²/сутки. В ходе эксперимента установлено, что на 16-е сутки культивирования был зафиксирован максимальный процент содержания белка в ряске для 20%-ного субстрата – $27,62$ %, в то время как в 40%-ном – $28,13$ % и в 60%-ном – $29,14$ % – на 19-е сутки выращивания (рис. 4).

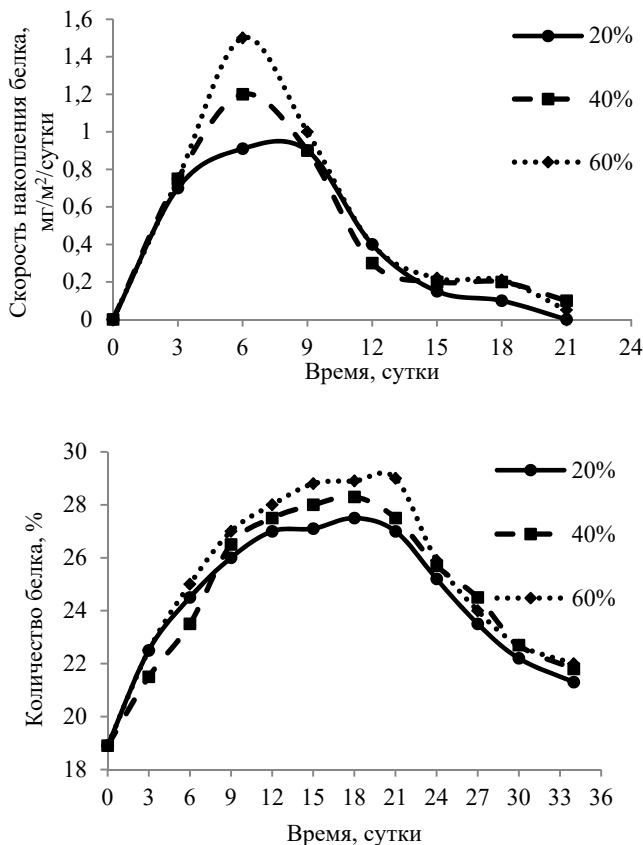


Рис. 4. Динамика накопления белка в ряске (образец № 1)

По полученным обобщенным данным расчетным путем определено, что вид ряски *L. minor* способен производить белка до $5,5$ т/га в год.

На заключительном этапе эксперимента была проведена математическая обработка данных, в ходе которой требовалось установить силу зависимости факторов, а также смоделировать уравнения для определения количественных значений факторов, влияющих на содержание белка в ряске болотной.

Объектом исследования явились образцы ряски болотной, выращенные в лабораторных условиях в средах с различным содержанием питательных веществ. Предметом исследования явилась зависимость содержания белка, выраженная в процентах, от изменяемых параметров выращивания (количество суток, процентное содержание питательных веществ в субстрате).

За зависимый фактор было принято содержание белка (Pr). За независимые переменные были взяты количество суток выращивания (D), процентное содержание питательных веществ (P).

Анализ проводился в программе Statistica 8,0 с помощью модулей «Промышленная статистика», «Нелинейное оценивание» и «Общие регрессионные модели». Модель, полученная с помощью модуля «Полиномиальные модели», имеет лучшие показатели, поэтому далее приведено именно ее описание.

Полученная модель классифицирована как аналитическая эмпирическая динамическая (время выражено в днях) стохастическая нелинейная математическая модель.

Полученный в ходе расчетов коэффициент корреляции (R) равен $0,526$. Это среднее значение, что говорит о средней зависимости выходной переменной от входных переменных. Коэффициент детерминации (R^2) данной модели равен $0,277$. Из этого следует, что доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью зависимости, равна $27,7$ %. F -критерий Фишера имеет достаточное значение ($F=2,684$), чтобы утверждать, что модель является адекватной и может быть использована для принятия решений к осуществлению прогнозов. Рассматриваемая модель является статистически значимой, т.к. p -уровень составляет $5,18$ %. Это показывает, что модель с вероятностью $0,0518$ будет являться лишь случайным совпадением для данной выборки.

В табл. 2 приведены коэффициенты регрессии модели. Статистическая значимость (p -уровень) у половины коэффициентов низкая, в пределах $0,8$ – $2,1$ %, у второй высокая – 28 – 30 %. Это показывает, что каждый найденный коэффициент с вероятностью, равной соответствующему ему p -уровню, будет говорить, что найденная зависимость является лишь случайной особенностью данной выборки. Аналогичные результаты отображает t -критерий Стьюдента. Он имеет достаточное значение, чтобы говорить о средней статистической значимости коэффициентов, причем наиболее точными будут коэффициенты при D , D^2 , а также свободный член I . В соответствии с этим оценены коэффициенты β .

Данный коэффициент оценивает меру чувствительности одной переменной к другой. Это означает, что фактор Pr в равной степени чувствителен ко всем факторам.

Таблица 2

Коэффициенты модели

	Коэффициент	t-критерий Стьюдента	p	β
I	24,16566	8,66621	0,000000	
D	0,33807	2,44363	0,021100	1,45956
D^2	-0,01266	-2,85130	0,008087	-1,70306
P	-0,15450	-1,02092	0,316030	-1,14820
P^2	0,00204	1,08890	0,285482	1,22465

Полученная по ходу исследования модель имеет общий вид.

$$y = b_0 + b_1 * x_1 + b_{11} * x_1^2 + b_2 * x_2 + b_{22} * x_2^2. \quad (1)$$

Подставляя в формулу (1) коэффициенты модели из табл. 2, получаем итоговую модель, позволяющую прогнозировать значения зависимой переменной.

$$Pr = 24,16566 + 0,33807 * D - 0,01266 * D^2 - 0,15450 * P + 0,00204 * P^2. \quad (2)$$

Используя данную модель можно сравнить наблюдаемые значения (полученные в ходе эксперимента) зависимой переменной с предсказанными (полученные с помощью математической модели). Разница наблюдаемых и предсказанных значений оценена с помощью относительной погрешности по формуле

$$\Delta Pr = \frac{|Pr_{Набл} - Pr_{Эксп}|}{Pr_{Набл}} * 100\%. \quad (3)$$

Из анализа результатов можно сделать вывод, что остатки от сравнения достаточно малы, а среднее значение относительной погрешности составляет 7,1 %, что укладывается в принятый на практике 10%-ый интервал. Следовательно, модель можно использовать для предсказания значений зависимой переменной. На рис. 5 представлен график поверхности модели.

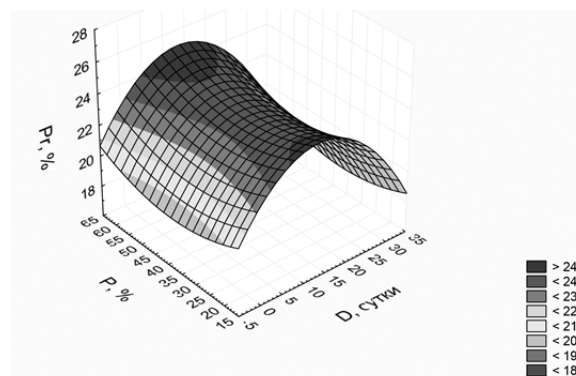


Рис. 5. График поверхности модели

По графику можно проанализировать количество получаемого белка в зависимости от количества дней культивирования и концентрации питательных веществ в субстрате. Поверхность модели является седлообразной, демонстрирует точки максимального содержания белка. По приведенной на рисунке легенде можно сделать выводы о благоприятных условиях для наибольшего содержания белка. Ввиду приведенных выше рассуждений, модель, полученная в ходе исследования, может считаться адекватной и может быть использована для дальнейшего тестирования, а также для проверки предсказанных максимальных значений содержания белка в ряске болотной.

Выводы

Таким образом, изучено влияние условий культивирования ряски *Lemna minor* на синтез белка с учетом варьирования концентрации питательных веществ в сточных водах. Определена удельная скорость роста ряски, динамика содержания общего азота по Кьельдалю в ряске, выращенной в течение месяца в искусственных условиях на растворах субстрата с начальной концентрацией питательных веществ 20, 40 и 60 %. Изучена динамика синтеза белка в искусственно культивированной ряске. По итогам исследований рассчитана математическая модель, которая может считаться адекватной, и быть использована для прогнозирования содержания белка в ряске вида *Lemna minor* в зависимости от концентрации питательных веществ в субстрате и продолжительности культивирования.

Список литературы

1. Landolt, E. Biosystematic investigations in the family of duckweeds (*Lemnaceae*), Vol. 4: the family of Lemnaceae – a monographic study, Vol. 2 (phytochemistry, physiology, application, bibliography) / E. Landolt, R. Kandler // Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der ETH, Stiftung Ruebel (Switzerland). – 1987. – P. 211–234.
2. Hassan, M.S. Evaluation of duckweed (*Lemna perpusilla* and *Spirodela polyrrhiza*) as feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / M.S. Hassan, P. Edwards // Aquaculture. – 1992. – Vol. 104. – no. 3–4. – P. 315–326.
3. Performance of broiler chickens fed diets containing duckweed (*Lemna gibba*) / A.T. Haustein et al. // The Journal of Agricultural Science. – 1994. – Vol. 122. – no. 2. – P. 285–289.
4. Hillman, W.S. The uses of duckweed: The rapid growth, nutritional value, and high biomass productivity of these floating plants suggest their use in water treatment, as feed crops, and in energy-efficient farming / W.S. Hillman, D.D. Culley // American Scientist. – 1978. – Vol. 66. – no. 4. – P. 442–451.
5. Skillicorn, P. A New Aquatic Farming System for Developing Countries / P. Skillicorn, W. Spira, W. Journey // The World Bank Group. – 1993. – 76 p.
6. Stomp, A.M. The duckweeds: a valuable plant for biomanufacturing / A.M. Stomp // Biotechnology Annual Review. – 2005. – Vol. 11. – P. 69–99.
7. Genetic transformation of duckweed *Lemna gibba* and *Lemna minor* / Yamamoto Y. T. et al. // In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant. – 2001. – Vol. 37. – no. 3. – P. 349–353.

8. Leng, R.A. Duckweed-a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish / R.A. Leng, J.H. Stambolie, R. Bell // *Livestock Research for Rural Development*. – 1995. – Vol. 7. – no. 1. – P. 36.
9. Modification of plant N-glycans processing: The future of producing therapeutic protein by transgenic plants / M. Cheng et al. // *Medicinal research reviews*. – 2005. – Vol. 25. – no. 3. – P. 343–360.
10. Bhanthumnavin, K. *Wolffia arrhiza* as a possible source of inexpensive protein / K. Bhanthumnavin, M.G. MCGARRY // *Nature*. – 1971. – Vol. 232. – no. 5311. – P. 495.
11. Nutritional value of duckweeds (*Lemnaceae*) as human food / K.J. Appenroth et al. // *Food chemistry*. – 2017. – Vol. 217. – P. 266–273.
12. Survey of duckweed diversity in Lake Chao and total fatty acid, triacylglycerol, profiles of representative strains / J. Tang et al. // *Plant Biology*. – 2015. – Vol. 17. – no. 5. – P. 1066–1072.
13. Paul, M. Plant-made pharmaceuticals: Leading products and production platforms / M. Paul, J.K.C. Ma // *Biotechnology and applied biochemistry*. – 2011. – Vol. 58. – no. 1. – P. 58–67.
14. *Spirodela* (duckweed) as an alternative production system for pharmaceuticals: a case study, aprotinin / S. Rival et al. // *Transgenic research*. – 2008. – Vol. 17. – no. 4. – P. 503–513.
15. Horn, M.E. Plant molecular farming: systems and products / M.E. Horn, S.L. Woodard, J.A. Howard // *Plant cell reports*. – 2004. – Vol. 22. – no. 10. – P. 711–720.
16. Green factory: plants as bioproduction platforms for recombinant proteins / J. Xu et al. // *Biotechnology advances*. – 2012. – Vol. 30. – no. 5. – P. 1171–1184.
17. Characterisation of the oral adjuvant effect of lemnan, a pectic polysaccharide of *Lemna minor* / S.V. Popov et al. // *Vaccine*. 2006. – Vol. 24. – no. 26. – P. 5413–5419.
18. Kim, Y. Secondary metabolism of hairy root cultures in bioreactors / Y. Kim, B.E. Wyslouzil, P.J. Weathers // *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. – 2002. – Vol. 38. – no. 1. – P. 1–10.
19. Casal, J.A. A test of two methods for plant protein determination using duckweed / J.A. Casal, J.E. Vermaat, F. Wiegman // *Aquatic Botany*. – 2000. – Vol. 67. – no. 1. – P. 61–67.
20. Xu, J. Growing duckweed in swine wastewater for nutrient recovery and biomass production / J. Xu, G. Shen // *Biore-source Technology*. – 2011. – Vol. 102. – no. 2. – P. 848–853.
21. Production of high-starch duckweed and its conversion to bioethanol / J. Xu et al. // *Biosystems engineering*. – 2011. – Vol. 110. – no. 2. – P. 67–72.

References

1. Landolt E., Kandeler R. *Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae), Vol. 4: the family of Lemnaceae - a monographic study, Vol. 2 (phytochemistry, physiology, application, bibliography)*. Zurich, Switzerland: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes ETH, Stiftung Ruebel Publ., 1987, pp. 211–234.
2. Hassan M.S., Edwards P. Evaluation of duckweed (*Lemna perpusilla* and *Spirodela polyrrhiza*) as feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 1992, vol. 104, no. 3–4, pp. 315–326. DOI: 10.1016/0044-8486(92)90213-5.
3. Haustein A.T. et al. Performance of broiler chickens fed diets containing duckweed (*Lemna gibba*). *The Journal of Agricultural Science*, 1994, vol. 122, no. 2, pp. 285–289.
4. Hillman W.S., Culley D.D. The uses of duckweed: The rapid growth, nutritional value, and high biomass productivity of these floating plants suggest their use in water treatment, as feed crops, and in energy-efficient farming. *American Scientist*, 1978, vol. 66, no. 4, pp. 442–451.
5. Skillicorn P., Spira W., Journey W. *A New Aquatic Farming System for Developing Countries*. Washington: The World Bank Group Publ., 1993. 76 p.
6. Stomp A.M. The duckweeds: a valuable plant for biomanufacturing. *Biotechnology Annual Review*, 2005, vol. 11, pp. 69–99.
7. Yamamoto Y.T. et al. Genetic transformation of duckweed *Lemna gibba* and *Lemna minor*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 2001, vol. 37, no. 3, pp. 349–353.
8. Leng R.A., Stambolie J.H., Bell R. Duckweed-a potential high-protein feed resource for domestic animals and fish. *Livestock Research for Rural Development*, 1995, vol. 7, no. 1, p. 36.
9. Cheng M. et al. Modification of plant N-glycans processing: the future of producing therapeutic protein by transgenic plants. *Medicinal research reviews*, 2005, vol. 25, no. 3, pp. 343–360.
10. Bhanthumnavin K., Mcgarry M.G. *Wolffia arrhiza* as a possible source of inexpensive protein. *Nature*, 1971, vol. 232, no. 5311, pp. 495–495.
11. Appenroth K. J. et al. Nutritional value of duckweeds (*Lemnaceae*) as human food. *Food chemistry*, 2017, vol. 217, pp. 266–273.
12. Tang J. et al. Survey of duckweed diversity in Lake Chao and total fatty acid, triacylglycerol, profiles of representative strains. *Plant Biology*, 2015, vol. 17, no. 5, pp. 1066–1072.
13. Paul M., Ma J.K.C. Plant-made pharmaceuticals: Leading products and production platforms. *Biotechnology and applied biochemistry*, 2011, vol. 58, no. 1, pp. 58–67.
14. Rival S. et al. *Spirodela* (duckweed) as an alternative production system for pharmaceuticals: a case study, aprotinin. *Transgenic research*, 2008, vol. 17, no. 4, pp. 503–513.
15. Horn M.E., Woodard S.L., Howard J.A. Plant molecular farming: systems and products. *Plant cell reports*, 2004, vol. 22, no. 10, pp. 711–720.
16. Xu J. et al. Green factory: plants as bioproduction platforms for recombinant proteins. *Biotechnology advances*, 2012, vol. 30, no. 5, pp. 1171–1184. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2011.08.020.
17. Popov S.V. et al. Characterisation of the oral adjuvant effect of lemnan, a pectic polysaccharide of *Lemna minor*. *Vaccine*, 2006, vol. 24, no. 26, pp. 5413–5419.
18. Kim Y., Wyslouzil B.E., Weathers P.J. Secondary metabolism of hairy root cultures in bioreactors. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 2002, vol. 38, no. 1, pp. 1–10.

19. Casal J.A., Vermaat J.E., Wiegman F. A test of two methods for plant protein determination using duckweed. *Aquatic Botany*, 2000, vol. 67, no. 1, pp. 61–67.
20. Xu J., Shen G. Growing duckweed in swine wastewater for nutrient recovery and biomass production. *Bioresource Technology*, 2011, vol. 102, no. 2, pp. 848–853.
21. Xu J. et al. Production of high-starch duckweed and its conversion to bioethanol. *Biosystems engineering*, 2011, vol. 110, no. 2, pp. 67–72.

Дополнительная информация / Additional Information

Сергеева, И.Ю. Моделирование процесса синтеза белка в ряске *Lemna minor* / И.Ю. Сергеева, А.А. Аль Кассаб // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 74–81.

Sergeeva I.Yu., Kassab A.A. Al. Modeling the process of protein synthesis in the duckweed *Lemna minor*. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 74–81 (In Russ.).

© **Сергеева Ирина Юрьевна**

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии бродильных производств и консервирования, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: sergeeva.76@list.ru

© **Али А. Алькассаб**

аспирант, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.

© **Irina Yu. Sergeeva**

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Zymurgy and Food Preservation Technology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: sergeeva.76@list.ru

© **Ali A. Al Kassab**

Postgraduate Student, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia



УДК 637.521.47 : 615.322

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛУФАБРИКАТОВ РУБЛЕННЫХ В ОБОЛОЧКЕ

А.Д. Черкунова^{1,*}, В.Н. Храмова¹, И.В. Мгебришвили¹, Т.Ю. Животова²

¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28

²ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»,
346493, Россия, Ростовская обл., Октябрьский район,
пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24

*e-mail: mari-cherkunova@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 12.05.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Статья посвящена проблеме расширения ассортиментной линейки полуфабрикатов рубленых в оболочке. Согласно принципам пищевой комбинаторики и нутрициологии разработаны рецептура и технология производства купат, в состав которых входит региональное растительное сырье – мякоть тыквы и мука из плодов шиповника. Рассмотрено влияние растительных ингредиентов на технологический процесс, физико-химические и органолептические характеристики, а также показатели безопасности полуфабрикатов рубленых в оболочке. При выполнении работы использованы стандартные методы исследования. Была проведена органолептическая оценка выработанного образца, определена массовая доля углеводов, жиров, белков, влаги и поваренной соли, витамина С, тяжелых металлов, а также рассчитана себестоимость продукта и его выход. В результате экспериментально доказан положительный эффект от использования мякоти тыквы и муки из плодов шиповника в рецептуре купат. Добавление мякоти тыквы в рецептуру способствует увеличению сочности продукта, созданию рисунка на разрезе, а также увеличению пищевой и биологической ценности. Внесение муки из плодов шиповника в состав полуфабрикатов рубленых в оболочке способствует обогащению продукта витамином С. Аскорбиновая кислота благотворно влияет не только на организм человека, регулируя свертываемость крови и оказывая противовоспалительное действие, но и влияет на технологический процесс, будучи сильным антиоксидантом. Рецептурные композиции купат позволили выработать продукт, имеющий хорошие органолептические характеристики и обогащенный аскорбиновой кислотой. Таким образом, получен продукт функциональной направленности хорошего качества, отвечающий всем требованиям потребителя, с повышенной пищевой и биологической ценностями.

Ключевые слова. Купаты, полуфабрикаты, мясной продукт, региональное сырье, тыква, шиповник

ADVANTAGES OF USING REGIONAL RAW MATERIALS FOR PRODUCTION OF CHOPPED SEMIFINISHED PRODUCTS IN CASING

A.D. Cherkunova^{1,*}, V.N. Khramova¹, I.V. Mgebrishvili¹, T.Yu. Zhivotova²

¹Volgograd State Technical University,
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia

²Don State Agrarian University,
24, Krivoshlykova Str., Settlement Persianovskiy,
Oktyabrsky region, Rostov Province, 346493, Russia

* e-mail: mari-cherkunova@yandex.ru

Received: 12.05.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. The article is devoted to the problem of widening the assortment of chopped semifinished products. According to the principles of food combinatorics and nutritology, the recipe and technology of production of fried sausages have been developed which include regional vegetable raw materials - pumpkin pulp and hip powder. The influence of herbal ingredients on the technological process, the physicochemical and organoleptic characteristics, as well as the safety indices of the chopped semifinished products in casing are considered. The positive effect of using the pumpkin pulp and hip powder in the recipe of the fried sausages has been proved experimentally. Adding pumpkin pulp to the recipe helps to increase the juiciness of the product, create a pattern on the cut, and increase food and biological value. The introduction of hip powder into the composition of semifinished products in casing helps us to enrich the product with vitamin C. Ascorbic acid has a beneficial effect on the human body regulating blood clotting and providing anti-inflammatory action, and being a strong antioxidant, it affects the technological process. Formulations of

the fried sausages allows us to produce a product with good organoleptic characteristics and enriched with ascorbic acid. Thus, a functional product of good quality and with improved food and biological value that meets all consumer requirements has been obtained.

Keywords. Fried sausages, semifinished product, meat product, regional raw material, pumpkin, wild rose

Введение

С 2015 по 2016 гг. производство мясных полуфабрикатов в России увеличилось на 4,5 % с 2,9 млн т до 3,1 млн т. Увеличение объемов производства в условиях общеэкономического спада стало реакцией на возросший спрос потребителей на недорогие категории мясных полуфабрикатов, частично заменивших в рационе населения белковые продукты по более высокой цене. В период 2013–2016 гг. средние цены производителей для российских потребителей на полуфабрикаты рубленые выросли на 53,0 %, с 89120,2 руб./т до 136397,5 руб./т. Производители отмечают смещение спроса в более низкие ценовые сегменты и в связи с этим вносят изменения в ассортимент выпускаемой продукции. В настоящее время производители замороженных мясных полуфабрикатов оказались в сложной ситуации. Стоимость мясного сырья растет, так как необходимые для выращивания скота и птицы зерно и комбикорма – это товары экспортно-ориентированные либо импортные, и цена их зависит от валютного курса. При растущих издержках производители мясных полуфабрикатов лишены возможности адекватного повышения цен, так как снижающаяся покупательная способность населения ставит под сомнение реализацию товара [1]. Таким образом, выход из сложившейся ситуации состоит в снижении издержек и изменении ассортимента в сторону выпуска более бюджетных видов продукции, а также в снижении уровня собственной рентабельности. Существенно снизить издержки производства можно, используя в рецептурах мясных продуктов, территориально доступные сырьевые ресурсы.

Мясной продукт грузинской кухни – купаты – полуфабрикат рубленый в натуральной оболочке, требующий дополнительной кулинарной обработки. Купаты отличаются высокой питательной ценностью, пряным ароматом, островатым вкусом и простотой приготовления. Традиционно полуфабрикаты изготавливают из мясного сырья с добавлением специй, являющихся обязательным компонентом рецептуры.

Расширить ассортимент и снизить себестоимость рубленых полуфабрикатов можно путем комбинирования животного и растительного сырья, используя в качестве функциональных ингредиентов плоды шиповника и тыкву. Выбор именно этих растительных ресурсов, как источников физиологически функциональных пищевых нутриентов, объясняется тем, что они являются крайне популярным сырьем Волгоградской области. Тыкву выращивают во многих районах региона. В сравнении с прошлыми годами посевную площадь тыквы увеличили в несколько сотен раз. Это связано с тем, что, во-первых, растет спрос на данный вид бахчевых культур; во-вторых, это недорогой по себесто-

имости продукт, обладающий множеством полезных свойств [2]. Мякоть тыквы богата пектином, каротином, клетчаткой и ферментами. Она содержит витамины группы В, витамины С, А, Е, РР. Также в ней много минеральных веществ: медь, железо, калий, магний, фосфор, кальций. Употребление мякоти тыквы положительно сказывается на нормализации обмена веществ, улучшении моторной функции кишечника, помогает при сердечно-сосудистых заболеваниях, стимулирует деятельность почек, повышает иммунные функции организма и способствует выведению холестерина [3].

Климат Волгоградской области, состав почв и условия тепло- и влагообеспеченности – все это способствует прорастанию лекарственных растений и кустарников. Шиповник, а именно его плоды, богаты витамином С, в сравнении с черной смородиной и лимоном в шиповнике аскорбиновой кислоты больше в 10 и 50 раз соответственно. К тому же плоды богаты витамином Р, В₁, К, каротином и витамином Е. Кроме того, в них большое содержание флавоноловых гликозидов, кемпферола и кверцетина, дубильных веществ, пектинов, органических кислот, значительное количество солей калия, микроэлементов, таких как железо, марганец, фосфор, кальций и магний [4].

Целью работы явилась разработка инновационной рецептуры и технологии производства полуфабрикатов рубленых в оболочке. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи: подбор оптимального количества вносимых растительных ингредиентов, определение физико-химических характеристик, органолептических характеристик, определение содержания аскорбиновой кислоты в продукте как в охлажденном виде, так и в готовом, расчет себестоимости продукции.

Объекты и методы исследования

Экспериментальные исследования были проведены в лабораторных условиях кафедры «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технологического университета, а также в лаборатории ГНУ НИИММП с использованием общепринятых методик и оборудования.

Была выработана технология производства полуфабрикатов рубленых в оболочке с растительными компонентами, проведены исследования физико-химических показателей выработанных образцов купат, определено содержание аскорбиновой кислоты, тяжелых металлов, проведена органолептическая оценка готового продукта, а также произведен расчет себестоимости продукции и выхода.

Массовую долю белка определяли согласно ГОСТ 25011-81 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка» методом Кьельдаля, который заключается в переводе азота аминокислот белка в аммиак путем минерализации с последующим его

количественным определением. Массовую долю влаги – согласно ГОСТ 9793-74 «Продукты мясные. Методы определения влаги» методом высушивания навески пробы с песком до постоянной массы при температуре (103 ± 2) °С. Метод определения массовой доли углеводов согласно ГОСТ 31470-2012 «Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы определения физико-химических исследований» основан на способности редуцирующих углеводов, образующихся при кислотном гидролизе пробы, восстанавливать в щелочной среде железосинеродистый калий в желе-зистосинеродистый калий. Метод определения массовой доли липидов согласно ГОСТ 23042-86 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира» основан на экстрагировании жира органическими растворителями из исследуемого образца с их последующим удалением путем высушивания экстракта до постоянной массы. Массовую долю поваренной соли определяли согласно ГОСТ 9957-2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения хлористого натрия» методом Мора – титрование иона хлора водной вытяжки мясного продукта в нейтральной среде ионами серебра в присутствии хромата калия.

Определение содержания тяжелых металлов в продукте проводили согласно ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов». Метод определения основан на минерализации продукта способом сухого или мокрого озоления и определении концентрации элемента в растворе минерализата методом пламенной атомной абсорбции. Витамин С определяли согласно ГОСТ Р 55482-2013 «Мясо и мясные продукты. Метод определения содержания водорастворимых витаминов». Метод определения заключается в количественном переводе аскорбиновой кислоты в дегидроаскорбиновую с последующим ее определением.

Результаты и их обсуждение

Разработка рецептуры и технологии производства

На начальном этапе была разработана рецептура купат и технология производства. Опытным путем было установлено оптимальное количество вносимых ингредиентов. Мякоть тыквы и муку из плодов шиповника вносят сверх рецептуры. Была произведена выработка экспериментальных образцов купат, процентное содержание растительных компонентов которых приведено в табл. 1.

Все образцы, представленные в табл. 1, были выработаны, подвержены кулинарной обработке и дальнейшей органолептической оценке. Образец 2 обладает наилучшими органолептическими характеристиками – достаточно сочный, с приятным запахом, без посторонних привкусов, с красивым рисунком на разрезе. Образец 3 не соответствовал требованиям, так как внесение 10 % муки из плодов шиповника в рецептуру купат сказывается на орга-

нолептике продукта – чувствовались крупинки муки, придающие неприятные ощущения при прожевывании продукта. В итоге было определено, что количество вносимых растительных ингредиентов в рецептуру купат составляет 7 % мякоти тыквы и 7 % муки из плодов шиповника сверх рецептуры.

Таблица 1

Содержание растительного сырья в рецептуре купат

Растительное сырье	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Мякоть тыквы, % сверх мясного сырья	5	7	10	7
Мука из плодов шиповника, % сверх мясного сырья	5	7	10	5

Согласно принципам пищевой комбинаторики рецептура полуфабрикатов рубленых в оболочке подобрана так, чтобы массовые доли компонентов продукта обуславливали возможность функционального питания населения. Опытным путем было установлено количество вносимого регионального сырья. Мякоть тыквы и мука из плодов шиповника не ухудшает органолептические показатели продукта, в необходимой мере обогащает изделия витаминами. Таким образом, компоненты рецептуры дополняют друг друга с технологической точки и с точки зрения усвоения веществ организмом человека [5].

На рис. 1 представлена технологическая диаграмма производства полуфабрикатов рубленых в оболочке, изготовленных из жирной свинины с добавлением растительных ингредиентов. Для изготовления купат предварительно подготавливают плоды шиповника и тыкву: шиповник – промывают, высушивают при температуре 25–30 °С и измельчают в коллоидной мельнице с частотой вращения 8000 об/мин, тыкву – очищают. Мясное сырье измельчают и перемешивают со столовым уксусом и солью согласно рецептуре, затем выдерживают в течение суток при температуре 0–4 °С. Маринование мясного сырья способствует частичному сохранению витамина С и улучшению органолептических характеристик. К тому же гидратируют муку шиповника в соотношении 1:2 и выдерживают при температуре 0–4 °С в течение 24 ч для лучшего набухания и дальнейшего распределения по продукту. Перед составлением фарша измельчают мякоть тыквы, репчатый лук и чеснок. Затем вносят растительное сырье сверх рецептуры на 7 %, все ингредиенты перемешивают и формируют в предварительно подготовленную натуральную оболочку. Батоны упаковывают и хранят в охлажденном виде при температуре (-1 ± 1) °С не более 2 суток.

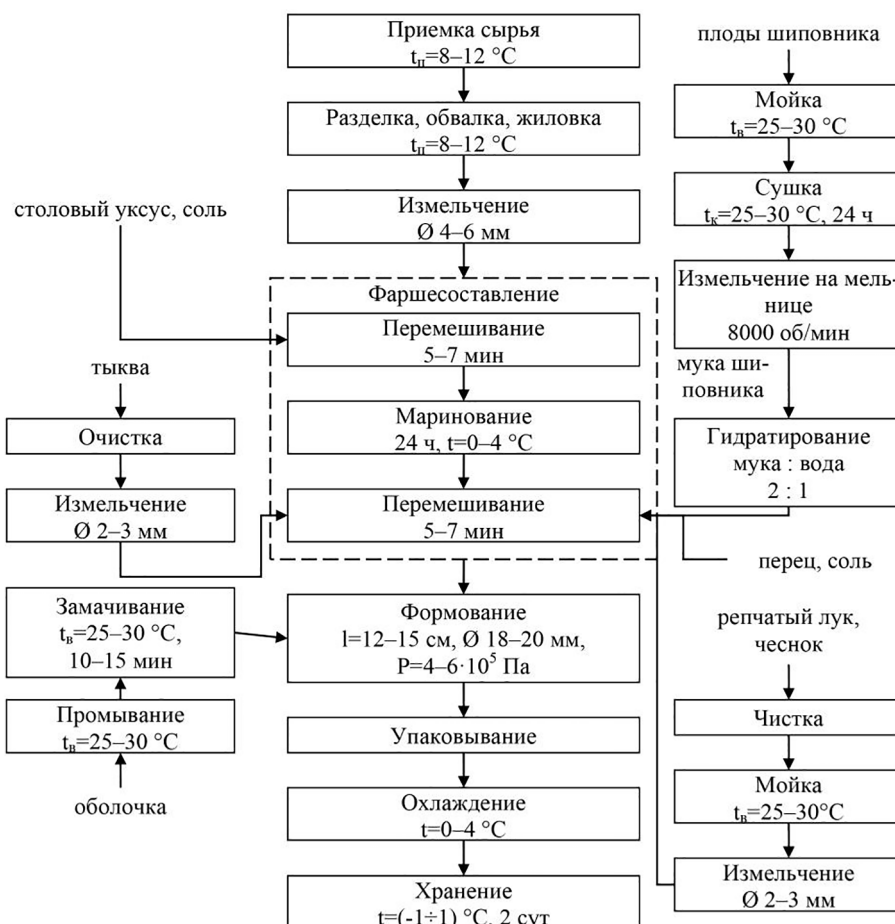


Рис. 1. Технологическая диаграмма производства полуфабрикатов рубленых в оболочке

Определение физико-химических характеристик

По разработанным технологии и рецептуре была произведена экспериментальная выработка образцов купат. Полуфабрикаты подвергались следующим исследованиям: определение массовой доли белка, углеводов, жира, влаги, тяжелых металлов,

витамина С, расчет выхода готовой продукции. Результаты исследования физико-химических характеристик полуфабрикатов рубленых в оболочке представлены в табл. 2. В качестве контрольного образца были взяты купаты без внесения регионального сырья.

Таблица 2

Физико-химические показатели купат

Наименование показателей качества продукции по НД	Наименование НД, регламентирующая методику испытаний	Значение показателей качества по НД	Фактическое значение показателей	
			контроль	эксперимент
Массовая доля углеводов в пересчете на глюкозу, %	ГОСТ 31470-2012	–	–	5,2±0,7
Массовая доля жира, %	ГОСТ 23042-86	32	24,3±0,1	15,9±0,1
Массовая доля влаги, %	ГОСТ 9793-74	–	56,2±0,2	64,2±0,2
Массовая доля белка, %	ГОСТ 25011-81	10	10,9±0,3	11,2±0,3
Массовая доля поваренной соли, %	ГОСТ 9957-73	1,4	1,3±0,1	1,3±0,1

По приведенным данным видно, что массовые доли физико-химических показателей не превышают допустимых значений, указанных в ТУ 9214-001-75238481-09. Внесение растительных ингредиентов в рецептуру полуфабрикатов рубленых позволило увеличить содержание углеводов, употребление которых способствует нормальному обмену белков и жиров в организме человека. К тому же в сравнении с контрольным образцом увеличилось содержание влаги, снизилась массовая доля жира. Таким образом, полученный по разработанной рецептуре продукт обладает повышенной пищевой

ценностью за счет подобранных рецептурных композиций, сбалансированных по своему химическому составу.

Определение содержания витамина С

Для анализа эффективности использования в рецептуре полуфабрикатов рубленых муки из шиповника определяли содержание витамина С в охлажденном и в готовом продукте. Опыт проводили методом количественного перевода аскорбиновой кислоты в дегидроаскорбиновую с последующим ее определением. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Содержание витамина С в расчете на 100 г продукта

Наименование показателя	Фактическое значение показателя				Суточная потребность, мг / сут
	контрольный образец		экспериментальный образец		
	фарш	готовый продукт	фарш	готовый продукт	
Массовая доля витамина С, мг	–	–	25,5±0,1	21,4±0,2	70–80

Аскорбиновая кислота легко окисляется до дегидроаскорбиновой кислоты, но в присутствии уксусной кислоты этот процесс значительно замедляется [6]. В среднем человек за сутки потребляет только 40–50 мг витамина С. По данным табл. 3 очевидно, что употребление 100 г купат позволит восполнить суточную потребность в аскорбиновой кислоте (способной укреплять иммунную систему человека, регулировать процессы кроветворения и нормализовать проницаемость капилляров) на 27 %.

Витамин С участвует в синтезе коллагена. Коллаген содержится в коже, костях и зубах, в стенках сосудов и сердца, в стекловидном теле глаз. Коллагеновые тяжи и сетки формируют соединительные ткани. Когда аскорбиновой кислоты не хватает, наблюдается дефицит коллагена: прекращается рост организма, обновление стареющих тканей, заживление ран, и, как следствие, – цинготные язвы, выпадение зубов, повреждения стенок сосудов [7].

Определение содержания тяжелых металлов

На следующем этапе исследований в экспериментальных образцах были определены массовые доли тяжелых металлов. Зачастую загрязнение тяжелыми металлами связано с их широким использованием в промышленном производстве вкупе со слабыми системами очистки, в результате чего тяжелые металлы попадают в окружающую среду, в том числе и в продукты питания. Тяжелые металлы ухудшают состояние конечной продукции. Кроме того, ионы меди каталитически воздействуют на деструкцию биомолекул в пищевом продукте, в особенности при термообработке. Такая деструкция приводит к образованию низкомолекулярных фракций, которые являются питательной средой для микроорганизмов, чем неповрежденные биомолекулы пищевого продукта [8]. Полученные значения представлены в табл. 4.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов

Наименование показателей качества продукции по НД	Наименование НД, регламентирующая методику испытаний	Значение показателей качества по НД	Фактическое значение показателей
Массовая доля цинка, мг/кг	ГОСТ 30178-96	1–100	0,22±0,02
Массовая доля меди, мг/кг		0,5–30	0,16±0,02
Массовая доля свинца, мг/кг		0,01–0,5	0,01±0,001
Массовая доля кадмия, мг/кг		0,01–0,05	Не обнаружено

По данным таблицы очевидно, что полученные значения не превышают предельно допустимых – согласно ТР ТС 021/2011. Из чего следует, что полученный продукт является безопасным и соответствует всем требованиям современного потребителя.

Органолептическая оценка готового продукта

Также готовые изделия подвергались органолептической оценке, позволяющей быстро и просто оценить качество готового продукта, обнаружить

нарушения рецептуры, технологии производства, что, в свою очередь, дает возможность принять меры к устранению обнаруженных недостатков. В табл. 5 представлены сенсорные характеристики экспериментальных образцов купат.

Согласно ГОСТ 9959-2015 органолептическую оценку проводили по пятибалльной шкале. По результатам органолептической оценки была построена профилограмма, представленная на рис. 2.

Таблица 5

Органолептические характеристики купат

Показатель	Характеристика
Внешний вид	измельченная однородная масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок, равномерно перемешана
Вид на разрезе	фарш хорошо перемешан, масса однородная с включением ингредиентов рецептуры
Цвет	серо-розовый с оранжевыми включениями
Запах	с ароматом уксуса, мясной, без посторонних запахов
Вкус	мясной, солоноватый, без посторонних привкусов

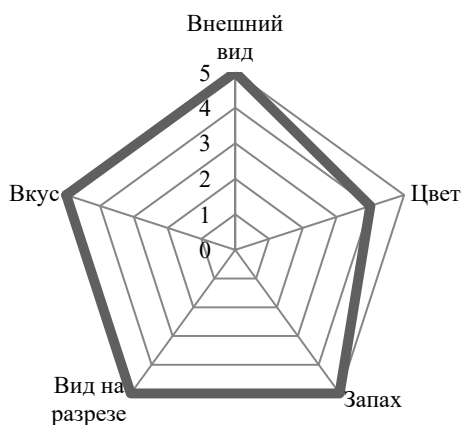


Рис. 2. Профилограмма полуфабрикатов рубленых в оболочке

По данным профилограммы видно, что готовый продукт имеет отличные органолептические качества. Внесение мякоти тыквы и муки из плодов шиповника не оказывает отрицательного влияния на органолептику готового продукта.

Добавление регионального сырья в рецептуру полуфабрикатов рубленых в оболочке позволило значительно снизить себестоимость продукта. Ориентировочная себестоимость полуфабрикатов рубленых в оболочке в охлажденном виде составит 110,8 руб/кг в сравнении с аналогичной продукцией средней себестоимостью 180–220 руб./кг. К тому же увеличился выход готового продукта экспериментального образца в сравнении с контрольным со 101 до 108,3 %. Это объясняется внесением регионального сырья в состав купат сверх рецептуры на 7 %.

Полуфабрикаты рубленые в оболочке с добав

лением мякоти тыквы и муки из плодов шиповника являются продуктом функциональной направленности за счет содержащегося в них витамина С, необходимого для нормального функционирования систем организма. Продукт высокого качества, гармонично сочетающий форму, вкус, аромат и цвет. Внесение мякоти тыквы в рецептуру купат поспособствовало увеличению сочности готового продукта, положительно сказалось на изменении рисунка на разрезе. В комплексе показателей, характеризующих качество функциональных продуктов, помимо органолептики входит также общий химический состав, характеризуемый массовыми долями влаги, белков, углеводов, жиров. В продукте увеличилось содержание углеводов и влаги за счет внесения сверх рецептуры растительных компонентов. Полученные результаты исследований содержания тяжелых металлов свидетельствуют о надлежащем качестве и безопасности купат.

Таким образом, преимущества добавления регионального растительного сырья в рецептуру полуфабрикатов рубленых способствуют увеличению содержания углеводов и влаги, обогащению готового продукта аскорбиновой кислотой, увеличению выхода готовой продукции, расширению ассортиментной линейки полуфабрикатов рубленых в оболочке, снижению себестоимости и улучшению органолептических характеристик готовых изделий. Купаты, в состав которых входят мякоть тыквы и гидратированная мука шиповника, позиционируются как недорогой, но качественный продукт, сбалансированный по своему составу и свойствам.

*Работа выполнена в рамках гранта РНФ №15-16-10000, ГНУ НИИМП

Список литературы

1. Анализ рынка замороженных мясных полуфабрикатов в России в 2011–2015 гг., прогноз на 2016–2020 гг. № 562949978463552 / BusinesStat. – М., 2016. – 115 с.
2. Храмова, В.Н. Разработка продуктов функционального назначения с использованием регионального сырья / В.Н. Храмова, О.Ю. Проскурина, В.А. Долгова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее проф. образование. – 2013. – № 2 (30). – С. 164–168.
3. Хусид, С.Б. Изменение химического состава плодов тыквы в процессе хранения / С.Б. Хусид, С.Н. Николаенко, Я.П. Донсков // Молодой ученый: сельское хозяйство. – 2015. – № 3 (83). – С. 379–493.
4. Коренская, И.М. Лекарственные растения и лекарственное растительное сырье, содержащие витамины, полисахариды, жирные масла / И.М. Коренская, Н.П. Ивановская, О.А. Колосова // Воронеж: Воронежский гос. ун-т. – 2008. – 88 с.
5. Системные технологии в обеспечении качества продуктов питания: монография / В.Н. Храмова, И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, А.А. Короткова, Н.И. Мосолова, Е.Ю. Злобина; ВолгГТУ. – Волгоград, 2015. – 191 с.
6. Ascorbic acid oxidation of thiol groups from dithiotreitol is mediated by its conversion to dehydroascorbic acid / Nilda B.V. Barbosa, Leonardo A. Lissner, Claudia V. Klimaczewski, Elisangela Colpo, Joao B. T. Rocha. – EXCLI Journal 2012, №11 – 604–612 p.
7. Колодязная, В.С. Пищевая химия. – СПб.: СПбГАХПТ, 1999. – 140 с.
8. Napke, H.-J. Heavy metal transfer in the food chain to humans / H.-J. Napke // C. Rodriguez-Barrueco (ed.). Fertilizers and Environment, School of Veterinary Medicine Hannover Bunteweg 17, D-30559 Hannover Germany. – P. 431–436.

References

1. *Analiz rynka zamorozhennykh myasnykh polufabrikatov v Rossii v 2011-2015 gg, prognoz na 2016-2020 gg* [Analysis of the market of frozen meat semi-finished products in Russia in 2011-2015, forecast for 2016-2020]. Moscow: BusinesStat Publ., 2016. 115 p.
2. *Khramova V.N., Proskurina O.Yu., Dolgova V.A. Razrabotka produktov funktsional'nogo naznacheniya s ispol'zovaniem regional'nogo syr'ya* [Development of functional products using regional raw materials]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa : nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education], 2013, vol. 30, no. 2, pp. 164–168.

3. Khusid S.B., Nikolaenko S.N., Donskov Ya.P. *Izmenenie khimicheskogo sostava plodov tykvy v protsesse khraneniya* [Changes in the chemical composition of pumpkin fruits during storage]. *Molodoy uchenyy : sel'skoe khozyaystvo* [Young Scientist: Agriculture], 2015, vol. 83, no. 3, pp. 379–493.
4. Korenskaya I.M., Ivanovskaya N.P., Kolosova O.A. *Lekarstvennye rasteniya i lekarstvennoe rastitel'noe syr'e, sodержashchie vitaminy, polisakharidy, zhirnye masla* [Medicinal plants and medicinal plant raw materials containing vitamins, polysaccharides, fatty oils]. Voronezh: Voronezh State University Publ., 2008. 88 p.
5. Khramova V.N., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Korotkova A.A., Mosolova N.I., Zlobina E.Yu. *Sistemnye tekhnologii v obespechenii kachestva produktov pitaniya* [System technologies in food quality assurance: monograph]. Volgograd: VolGTU Publ., 2015. 191 p.
6. Barbosa N.B.V., Lissner L.A., Klimaczewski C.V., Colpo E., Rocha J.B.T. Ascorbic acid oxidation of thiol groups from dithiotreitol is mediated by its conversion to dehydroascorbic acid. *EXCLI Journal*, 2012, no. 11, pp. 604–612 p.
7. Kolodyaznaya V.S. *Pishchevaya khimiya* [Food Chemistry]. St. Petersburg: SPbGAKhPT Publ., 1999. 140 p.
8. Napke H.-J. Heavy metal transfer in the food chain to humans. *Proc. of the Intern. Symp. «Fertilizers and Environment»*. Salamanca, Spain, 1994, 431–436 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Преимущества использования регионального сырья при производстве полуфабрикатов рубленых в оболочке / А.Д. Черкунова, В.Н. Храмова, И.В. Мгебришвили, Т.Ю. Животова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 82–88.

Cherkunova A.D., Khramova V.N., Mgebrishvili I.V., Zhivotova T.Yu. Advantages of using regional raw materials for production of chopped semifinished products in casing. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 45, no. 2, pp. 82–88 (In Russ.).

© Черкунова Анастасия Дмитриевна

магистрант кафедры технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», 400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, e-mail: mari-cherkunova@yandex.ru

© Храмова Валентина Николаевна

д-р. биол. наук, профессор, профессор кафедры технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», 400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, тел.: +7 (8442) 23-00-76, e-mail: hramova_vn@mail.ru

© Мгебришвили Ирина Важаевна

ассистент кафедры технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», 400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28

© Животова Татьяна Юрьевна

канд. биол. наук, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», 346493, Россия, Ростовская обл., Октябрьский район, пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24

© Anastasia D. Cherkunova

Undergraduate of the Department of Technology of Food Productions, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia, e-mail: mari-cherkunova@yandex.ru

© Valentina N. Khramova

Dr.Sci.(Boil.), Professor, Professor of the Department of Technology of Food Productions, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia, phone: +7 (8442) 23-00-76, e-mail: hramova_vn@mail.ru

© Irina V. Mgebrishvili

Assistant of the Department of Technology of Food Productions, Volgograd State Technical University, 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia

© Tatiana Yu. Zhivotova

Cand.Sci.(Biol.), Senior Lecturer, Don State Agrarian University, 24, Krivoshlykova Str., Settlement Persianovskiy, Oktyabrsky region, Rostov Province, 346493, Russia



УДК 664.644.9:635.658

РАЗРАБОТКА КОМПЗИТНЫХ МУЧНЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ СЕМЯН ЧЕЧЕВИЦЫ

О.Г. Чижикова, Л.О. Коршенко*, М.А. Павлова

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

*e-mail: korshenko.lo@dvfu.ru

Дата поступления в редакцию: 22.08.2017

Дата принятия в печать: 15.09.2017

Аннотация. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования измельченных семян красной чечевицы в качестве компонента композитных мучных смесей с повышенной пищевой и биологической ценностью, основой которых является пшеничная хлебопекарная мука. Важнейшая роль среди элементов питания принадлежит белкам, основная функция которых заключается в снабжении организма человека аминокислотами, необходимыми для синтеза собственных белков организма. Кроме белков важное значение имеют пищевые волокна и минеральные вещества. Выбор семян чечевицы в качестве компонента композитных мучных смесей обусловлен тем, что она обладает высокой пищевой и биологической ценностью. Семена чечевицы отличаются высоким содержанием белка, сбалансированного по аминокислотному составу, минеральными веществами, витаминами (β -каротин, РР, В₁, В₂, В₆) и пищевыми волокнами. Представлены результаты анализа химического состава измельченных семян красной чечевицы, в том числе аминокислотного состава белков. Сравнительным анализом химического состава сортовой пшеничной муки и измельченных семян красной чечевицы показано значительное превосходство последних по содержанию белка, пищевых волокон и минеральных веществ, в том числе кальция и магния. В результате компьютерного моделирования определены дозировки измельченных семян красной чечевицы, позволяющие получить композитные мучные смеси с высокой биологической ценностью белка. Представлены данные анализа химического состава композитных мучных смесей из муки пшеничной хлебопекарной различных сортов и измельченных семян красной чечевицы. Установлено, что выбранные дозировки измельченных семян красной чечевицы позволяют создать композитные мучные смеси с высоким содержанием белка (18,9–17,0 %), пищевых волокон (11,32–8,6 %) и минеральных веществ (2,21–1,9 %), в том числе кальция и магния. Белки разработанных композитных мучных смесей отличаются высоким значением коэффициента рациональности аминокислотного состава (0,87–0,86) и низкой величиной показателя «сопоставимой избыточности» (5,4–5,9).

Ключевые слова. Измельченные семена красной чечевицы, мука пшеничная хлебопекарная, композитная мучная смесь, биологическая ценность, пищевые волокна

DEVELOPMENT OF COMPOSITE FLOUR MIXES WITH THE USE OF MILLED LENTIL SEEDS

O.G. Chizhikova, L.O. Korshenko*, M.A. Pavlova

Far Eastern Federal University,
8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690091, Russia

*e-mail: korshenko.lo@dvfu.ru

Received: 22.08.2017

Accepted: 15.09.2017

Abstract. The use of milled red lentil seeds as a component of composite flour mixes from wheat baker's flour of increased nutritional and biological value is theoretically substantiated and experimentally confirmed. The most important role of nutrition components belongs to proteins, the main function of which is to supply the human body with amino acids necessary for the synthesis of the body's own proteins. Besides proteins, dietary fibers and minerals are important. Lentil seeds are chosen as a component of composite flour mixes due to high nutritional and biological value. Lentil seeds are characterized by high protein content balanced by amino acid composition, mineral substances, vitamins (β -carotene, PP, B₁, B₂, B₆) and dietary fibers. The results of chemical analysis of milled red lentil seeds, including the amino acid composition of proteins, are presented. Comparative analysis of chemical composition of graded flour and milled red lentil seeds shows the significant superiority of lentils by the content of protein, dietary fibers and mineral substances, including calcium and magnesium. Doses of milled red lentil seeds which make possible to obtain composite flour mixes with high biological value of protein have been determined through computer modeling. The data of chemical analysis of composite flour mixes from wheat flour of various types and milled red lentil seeds are presented. It has been established that the selected doses of milled red lentil seeds allow us to create composite flour mixes with high content of protein (18.9-17.0%), dietary fibers (11.32-8.6%), and mineral substances (2.21-1.9%) including calcium and magnesium. Proteins of the developed composite flour mixes have a high value of rationality index of the amino acid composition (0.87-0.86) and a low value of "comparable redundancy" (5.4-5.9).

Keywords. Milled red lentil seeds, wheat baker's flour, composite flour mix, biological value, dietary fibers

Введение

Одним из путей создания продуктов, обеспечивающих здоровое питание, является обогащение их витаминами, минеральными веществами, белком и пищевыми волокнами.

Важнейшая роль среди элементов питания принадлежит белкам, основная функция которых заключается в снабжении организма человека аминокислотами, необходимыми для синтеза собственных белков организма. Белки являются пластическим материалом, из которого состоят все органы, а также гормоны, пищеварительные соки, ферменты и т.д. Белки обезвреживают попавшие в организм яды и токсины, достаточное количество белка в пище повышает устойчивость к стрессам, являющихся причиной многих заболеваний.

Кроме белков важное значение имеют пищевые волокна. Растительные пищевые волокна – комплекс биополимеров, включающий клетчатку, гемицеллюлозу, пектиновые вещества, лигнин. Роль пищевых волокон в питании многообразна. Имея большой объем, пищевые волокна создают эффект ложного насыщения, оказывают обволакивающее действие на стенки желудка. При прохождении по кишечнику пищевые волокна формируют комок, способный проявлять адсорбционные свойства и удерживать воду, в результате уменьшается концентрация токсинов, солей тяжелых металлов, бактерий, вирусов, раздражаются рецепторы стенки кишечника, ускоряется кишечный транзит [1–5].

Учитывая вышесказанное, основное направление исследований было направлено на разработку комpositивных мучных смесей на основе пшеничной хлебопекарной муки, обогащенных полноценным белком, пищевыми волокнами и минеральными веществами за счет семян чечевицы. Выбор чечевицы был обусловлен тем, что она обладает высокой пищевой и биологической ценностью. Семена чечевицы отличаются высоким содержанием белка (21,3–36,0 %), сбалансированного по аминокислотному составу. В белках семян основными фракциями являются глобулины (85,9 %), причем белки по своей природе полноценные. Чечевица богата минеральными веществами, в том числе калием, кальцием, магнием, цинком, железом, медью и селеном. Кроме того, семена чечевицы характеризуются высоким содержанием витаминов: β -каротин, РР, В₁, В₂, В₆. Семена чечевицы используют как в повседневном рационе, так и в лечебном, детском и вегетарианском питании [6–11]. Пшеничную хлебопекарную муку различных сортов выбрали как наиболее востребованное сырье в производстве многих продуктов питания.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились семена красной чечевицы (производитель – ООО «Торговый Дом Увелка»), измельченные до порошкообразного состояния с размером частиц 400–500 мкм, мука пшеничная хлебопекарная сортов высший, первый, второй, обойная и комpositивные мучные смеси на их основе.

При исследовании химического состава измель-

ченных семян красной чечевицы определяли следующие показатели: массовую долю воды – по ГОСТ Р 54951; белка – методом Кьельдаля; жира – экстракционным методом с предварительным гидролизом навески по ГОСТ 13496.15; пищевых волокон – по ГОСТ 13496.4; золы – по ГОСТ 27494; минеральных веществ: кальция – по ГОСТ 26570, магния – по ГОСТ 30502, фосфора – фотометрическим методом по ГОСТ 26657. Аминокислотный состав устанавливали с помощью аминокислотного анализатора Biochrom 30 (Biochrom, England) на колонке Ultraras в литий-цитратной буферной системе; содержание триптофана – по ГОСТ 13496.21. Коэффициент рациональности аминокислотного состава белков рассчитывали по методу Липатова [12].

При оценке биологической ценности белка использовали следующие показатели.

Коэффициент утилитарности j -ой незаменимой аминокислоты α_j

$$\alpha_j = \frac{C_{\min}}{C_j} \quad (1)$$

Коэффициент рациональности аминокислотного состава R_c , численно характеризующий сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону). В случае, когда $C_{\min} \leq 1$, коэффициент рациональности аминокислотного состава может быть рассчитан по следующей формуле

$$R_c = \frac{\sum_{j=1}^n (\alpha_j A_j)}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (2)$$

Показатель «сопоставимой избыточности» содержания незаменимых аминокислот (σ), характеризующий суммарную массу незаменимых аминокислот, не используемых на анаболические нужды в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое эквивалентно по их потенциально утилизируемому содержанию 100 г белка эталона.

$$\sigma = \frac{\sum_{j=1}^n (A_j - C_{\min} A_{aj})}{C_{\min}} \quad (3)$$

В вышеприведенных формулах приняты следующие обозначения: C_j – скор j -ой незаменимой аминокислоты оцениваемого белка по отношению к физиологической норме (эталону), дол. ед.; C_{\min} – минимальный скор незаменимых аминокислот оцениваемого белка по отношению к физиологической норме (эталону), дол. ед.; A_j – массовая доля j -ой незаменимой аминокислоты в сырье, г/100 г белка; A_{aj} – массовая доля j -ой незаменимой аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования определяли химический состав измельченных семян красной чечевицы

и проводили сравнительный анализ с пшеничной хлебопекарной мукой. Химический состав компонентов композитных мучных смесей представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав компонентов композитных мучных смесей

Показатель	Компонент композитной мучной смеси				Измельченные семена красной чечевицы*
	Мука пшеничная хлебопекарная [13–14]				
	сорт				
	высший	первый	второй	обойная	
Вода, %	14,0				7,3
Белки, %	10,3	10,6	11,6	11,5	24,7
Жиры, %	1,1	1,3	1,8	2,2	1,3
Углеводы, %	70,1	68,5	64,2	60,8	49,3**
Пищевые волокна, %	3,5	4,4	6,7	9,3	14,1
Зола, %	0,5	0,7	1,1	1,5	3,2
Кальций, мг/100 г	18	24	32	30	76
Магний, мг/100 г	16	44	73	94	75
Фосфор, мг/100 г	86	115	184	336	180
Соотношение Ca:Mg:P	1:0,9:4,8	1:1,8:4,8	1:2,3:5,8	1:3,1:11,2	1:1:2,4

* Результаты собственных исследований; ** По разности

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, в муке пшеничной, независимо от ее сорта, а также в измельченных семенах красной чечевицы преобладают углеводы и белки. При этом содержание белков в измельченных семенах чечевицы составляет 24,7 %, что в 2,4–2,1 раза выше содержания в муке

пшеничной (10,3–11,5 %). Кроме того, измельченные семена чечевицы превосходят муку пшеничную по содержанию пищевых волокон, минеральных веществ, в том числе кальция и магния.

В табл. 2 приведен аминокислотный состав компонентов композитной мучной смеси.

Таблица 2

Аминокислотный состав компонентов композитных мучных смесей

Аминокислота	Эталон	Содержание аминокислоты, мг/г белка компонента				Измельченные семена красной чечевицы*
		Мука пшеничная хлебопекарная [15]				
		сорт				
		высший	первый	второй	обойная	
Валин	50	45,7	48,1	44,9	44,0	39,3
Изолейцин	40	41,7	50	47,9	49,6	30,8
Лейцин	70	78,3	76,7	71,8	69,6	58,3
Лизин	55	24,3**	25**	28,2**	31,2**	58,3
Метионин + цистеин	35	34,3	37,7	36,7	36,8	26,3**
Треонин	40	30,2	30	31,5	31,2	34,0
Триптофан	10	9,7	11,3	11,1	11,2	20,6
Фенилаланин + тирозин	60	72,8	83	79,1	77,8	73,3
Сумма НАК	360	337	362	351	351	341
Скор, %	100	44	45	51	57	75
Коэффициент R_c	1,0	0,47	0,45	0,53	0,58	0,79
Показатель σ	0	40,3	43,6	32,5	26,0	9,4

* Результаты собственных исследований; ** Лимитирующая аминокислота

Из данных табл. 2 следует, что белки пшеничной хлебопекарной муки не являются полноценными. Коэффициент рациональности аминокислотного состава (R_c), численно характеризующий сбалансированность незаменимых аминокислот белков муки, значительно ниже (0,47; 0,45; 0,53; 0,58) по отношению к физиологически необходимой норме (1,0) и по сравнению с белками измельченных семян красной чечевицы (0,79). Кроме того, белки пшеничной муки отличаются

величинами показателя «сопоставимой избыточности» содержания незаменимых аминокислот (σ) (40,3; 43,6; 32,5; 26,0), которые значительно превышают эталон (0).

При разработке композитных мучных смесей руководствовались основным принципом процесса создания нового продукта с повышенной биологической ценностью белка. Результаты компьютерного моделирования рецептов композитных мучных смесей приведены на рис. 1–4.

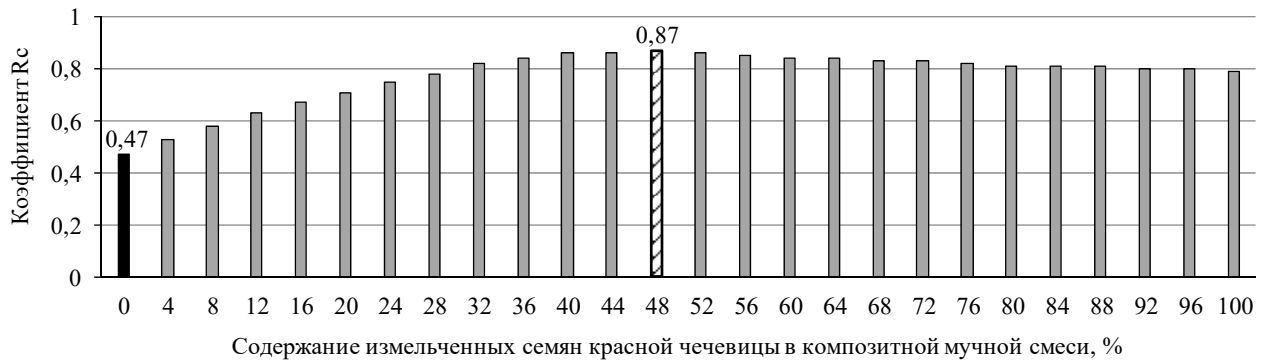


Рис. 1. Коэффициент рациональности аминокислотного состава белка композитной мучной смеси на основе муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и измельченных семян красной чечевицы

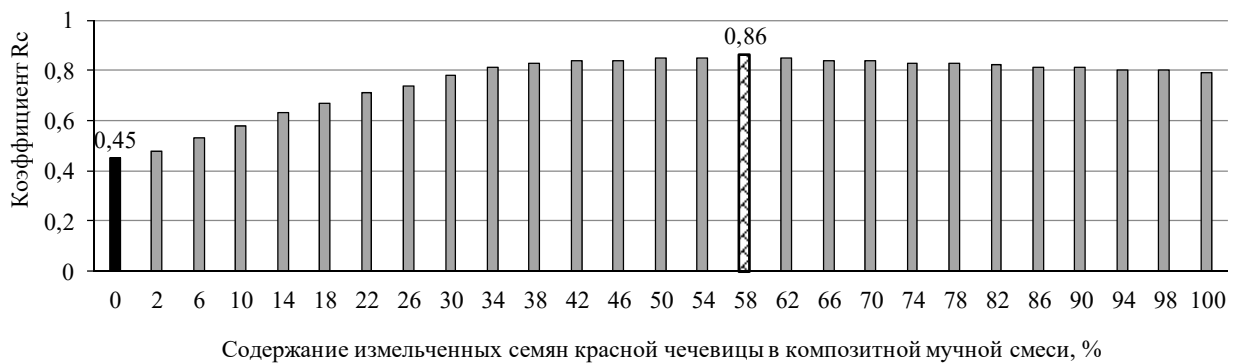


Рис. 2. Коэффициент рациональности аминокислотного состава белка композитной мучной смеси на основе муки пшеничной хлебопекарной первого сорта и измельченных семян красной чечевицы

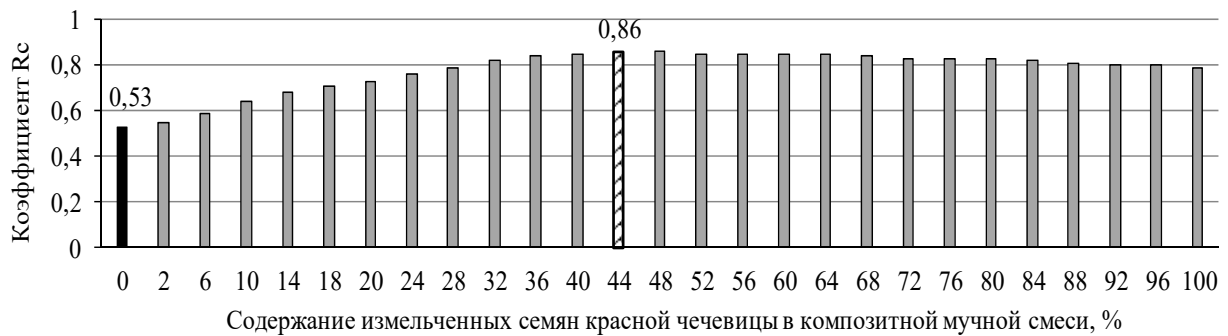


Рис. 3. Коэффициент рациональности аминокислотного состава белка композитной мучной смеси на основе муки пшеничной хлебопекарной второго сорта и измельченных семян красной чечевицы

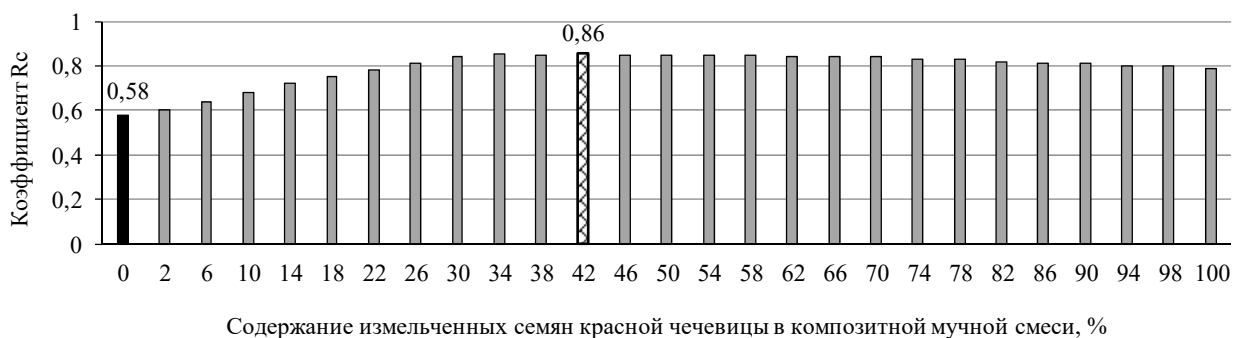


Рис. 4. Коэффициент рациональности аминокислотного состава белка композитной мучной смеси на основе муки пшеничной хлебопекарной сорта обояная и измельченных семян красной чечевицы

Из графиков на рис. 1–4 видно, что по мере добавления в пшеничную муку измельченных семян красной чечевицы повышается величина коэффициента аминокислотной сбалансированности белка (R_c).

Максимальное значение коэффициента аминокислотной сбалансированности белка отмечено при содержании измельченных семян чечевицы (%) в

композитной мучной смеси с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта – 48; первого сорта – 58; второго сорта – 44; сорта обойная – 42. Одновременно установлено снижение величины показателя σ .

Аминокислотный состав вышеуказанных композитных мучных смесей и показатели биологической ценности белков представлены в табл. 3.

Таблица 3

Аминокислотный состав композитных мучных смесей

Аминокислота	Эталон	Содержание аминокислоты, мг/г белка смеси			
		Сорт пшеничной хлебопекарной муки в смеси			
		высший	первый	второй	обойная
Валин	50	41,3	41,4	41,4	41,1
Изолейцин	40	34,2	35,4	37,2	38,2
Лейцин	70	64,5	62,7	63,4	62,7
Лизин	55	47,7	50,4	47,0	47,7
Метионин + цистеин	35	28,8	29,0	30,2	30,4
Треонин	40	32,8*	33,1*	33,1*	32,9*
Триптофан	10	17,2	18,4	17,0	16,9
Фенилаланин + тирозин	60	73,1	75,6	75,5	75,0
Сумма НАК	360	340	346	345	345
Скор, %	100	82,0	82,6	82,7	82,3
Коэффициент R_c	1,00	0,87	0,86	0,86	0,86
Показатель σ	0	5,4	5,9	5,7	5,9

*Лимитирующая аминокислота

Как видно из данных табл. 3 композитные мучные смеси с добавлением измельченных семян красной чечевицы в выбранных дозировках отличаются высоким содержанием аминокислоты лизина, которая в отличие от муки пшеничной хлебопекарной (табл. 2) не является лимитирующей. Кроме того, по сравнению с белками пшеничной хлебопекарной муки и измельченных семян чечевицы (табл. 2) для композитных мучных смесей отмечено

более высокое значение коэффициента рациональности аминокислотного состава (R_c) – 0,87–0,86, при этом белки мучных смесей имеют низкую величину показателя «сопоставимой избыточности» (σ) – 5,4–5,9.

Исходя из химического состава компонентов композитных мучных смесей расчетно-аналитическим путем был определен их химический состав (табл. 4).

Таблица 4

Химический состав композитных мучных смесей

Показатель	Композитная мучная смесь на основе муки пшеничной хлебопекарной и измельченных семян красной чечевицы			
	Сорт пшеничной хлебопекарной муки в смеси			
	высший	первый	второй	обойная
Вода, %	10,8	10,1	11,0	11,2
Белки, %	17,2	18,9	17,4	17,0
Жиры, %	1,2	1,3	1,6	1,8
Углеводы, %	60,1	57,4	57,6	55,9
Пищевые волокна, %	8,60	10,05	9,97	11,32
Зола, %	1,90	2,15	2,03	2,21
Кальций, мг/100 г	46	54	51	57
Магний, мг/100 г	44	62	74	83
Фосфор, мг/100 г	131	153	182	245
Соотношение Ca:Mg:P	1:0,9:2,8	1:1,1:2,8	1:1,5:3,5	1:1,5:4,3

Анализ данных, представленных в табл. 4, свидетельствует, что добавление в пшеничную хлебопекарную муку измельченных семян красной чечевицы позволяет создать продукт с высоким содержанием белка (18,9–17,0 %), пищевых волокон (11,32–8,6 %) и минеральных веществ (2,21–1,9 %), в том числе кальция и магния. При этом по сравне-

нию с пшеничной сортовой мукой (табл. 1) соотношение Ca:Mg:P в композитных мучных смесях ближе к оптимальному (1:1:1,5).

Разработанные композитные мучные смеси по органолептическим показателям отличались от муки пшеничной хлебопекарной по запаху и цвету. Запах мучных смесей независимо от сорта

пшеничной муки был свойственный муке, но с легким запахом семян чечевицы. Композитные мучные смеси имели следующие характеристики по цвету: на основе пшеничной хлебопекарной муки высшего и первого сортов – кремовый с включением мелких частиц красного цвета; пшеничной хлебопекарной муки второго сорта – кремовый с сероватым оттенком с включением мелких частиц красного цвета; пшеничной хлебопекарной муки обойной – кремовый с сероватым оттенком с заметными частицами оболочек зерна и с включением мелких частиц красного цвета.

Таким образом, сравнительный анализ химического и аминокислотного составов муки пшеничной хлебопекарной и измельченных семян красной чечевицы показал значительное превосходство последних по содержанию белка и его биологической ценности, пищевых волокон и минеральных веществ, в том числе кальция и магния. Данные факты послужили для выбора семян красной чечевицы, измельченных до порошкообразного состояния с размером частиц 400–500 мкм, в качестве компонента при разработке комбинированных мучных смесей на основе пшеничной хлебопекарной муки с высокой пищевой и биологической ценностью.

Список литературы

1. Броневец, И.Н. Пищевые волокна – важная составляющая сбалансированного здорового питания / И.Н. Броневец // Медицинские новости. – 2015. – № 10. – С. 46–48.
2. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии / А.Ф. Доронин, Л.Г. Ипатова, А.А. Кочеткова [и др.]; Под ред. А.А. Кочетковой. – М.: ДеЛи принт, 2009. – 288 с.
3. Драчева, Л.В. Пищевые волокна – ингредиенты функционального назначения / Л.В. Драчева // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2011. – № 1. – С. 42–43.
4. Пищевые волокна как функциональные ингредиенты / И.В. Максимов, В.И. Манжесов, Е.Е. Курчаева, И.Д. Веселева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 4–3 (9–3). – С. 465–468.
5. Inadequate nutrient intakes are common and are associated with low diet variety in rural, community-dwelling elderly / T.A. Marshall, P.J. Stumbo, J.J. Warren, X.J. Xie // J. Nutr. – 2001. – Vol. 131. – P. 2192–2196.
6. Антипова, Л.В. Чечевица: перспективы использования в технологии пищевых продуктов: монография / Л.В. Антипова. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2010. – 255 с.
7. Васнева, И.К. Чечевица – ценный продукт функционального питания / И.К. Васнева, О.Е. Бакуменко // Хлебопродукты. – 2011. – № 11. – С. 39–40.
8. Чухно, Т. Большая энциклопедия лекарственных растений / Т. Чухно. – М.: Эксмо, 2007. – 1024 с.
9. Васнева, И.К. Чечевица – сырье для производства продуктов антистрессовой направленности / И.К. Васнева, О.Е. Бакуменко // Пищевая промышленность. – 2010. – № 8. – С. 20–23.
10. Чечевица (биология, технология, рецепты) / М.Д. Варлахов, А.И. Алыев, Л.Н. Варлахова [и др.]. – Орел, 1994. – 28 с.
11. Васютин, А.С. Зернобобовые культуры – основной источник растительного белка / А.С. Васютин // Кормопроизводство. – 1996. – № 4. – С. 26–29.
12. Липатов, Н.Н. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности / Н.Н. Липатов, И.А. Рогов // Известия вузов. Пищевая технология. – 1987. – № 2. – С. 9–15.
13. Скурихин, И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 276 с.
14. Пучкова Л.И. Технология хлеба / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 559 с.
15. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. – М. Агропромиздат, 1987. – 360 с.

References

1. Bronovets I.N. Pishchevye volokna – vazhnaya sostavlyayushchaya sbalansirovannogo zdorovogo pitaniya [Dietary fibers: an important component of healthy balanced nutrition]. *Meditinskije novosti* [Medical News], 2015, no. 10, pp. 46–48.
2. Doronin A.F., Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Nechaev A.P., Khurshudyan S.A., Shubina O.G. *Funktsional'nye pishchevye produkty. Vvedenie v tekhnologii* [Functional food products. Introduction to technology]. Moscow: DeLi Plyus Publ., 2009. 288 p.
3. Dracheva L.V. Pishchevye volokna – ingredienty funktsional'nogo naznacheniya [Dietary fibers –functional purpose ingredients]. *Pishchevye ingrediety. Syr'e i dobavki* [Food ingredients: raw materials and additives], 2011, no. 1, pp. 42–43.
4. Maksimov I.V., Manzhesov V.I., Kurchaeva E.E., Veseleva I.D. Pishchevye volokna kak funktsional'nye ingrediety [Dietary fibers as functional ingredients]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Up-to-date avenues of scientific research in the XXI century: theory and practice], 2014, vol. 2, no. 4–3 (9–3), pp. 465–468.
5. Marshall T.A., Stumbo P.J., Warren J.J., Xie X.J. Inadequate nutrient intakes are common and are associated with low diet variety in rural, community-dwelling elderly. *J. Nutr.*, 2001, vol. 131, no. 8, pp. 2192–2196.
6. Antipova L.V. *Chechevitsa: perspektivy ispol'zovaniya v tekhnologii pishchevykh produktov* [Lentil: prospects for use in food technology]. Voronezh: Voronezh State Agricultural University Publ., 2010. 255 p.
7. Vasneva I.K., Bakumenko O.E. Chechevitsa – tsenny produkt funktsional'nogo pitaniya [Lentil is a valuable product of functional nutrition]. *Khlebobrodukty* [Bread products], 2010, no. 11, pp. 39–40.
8. Chukhno T. *Bol'shaya entsiklopediya lekarstvennykh rasteniy* [Encyclopedia of medicinal plants]. Moscow: EKSMO Publ., 2007. 1024 p.
9. Vasneva I.K., Bakumenko O.E. Chechevitsa – syr'e dlya proizvodstva produktov antistressovoy napravlenosti [Lentils – raw materials for production of anti-stress products]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food processing industry], 2010, no. 8, pp. 20–23.

10. Varlakhov M.D., Alyev A.I., Varlakhova L.N. et al. *Chechevitsa (biologiya, tekhnologiya, retsepty)* [Lentils (biology, technology, recipes)]. Orel: Orel GAU Publ., 1994. 28 p.
11. Vasyutin A.S. Zernobobovye kul'tury – osnovnoy istochnik rastitel'nogo belka [Leguminous crops – the main source of vegetable protein]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder Production], 1996, no. 4, pp. 26–29.
12. Lipatov N.N., Rogov I.A. Metodologiya proektirovaniya produktov pitaniya s trebuemym kompleksom pokazateley pishchevoy tsennosti [Methodology for designing food products with the required set of nutritional values]. *Izvestia vuzov. Pishhevaya tekhnologiya* [News institutes of higher Education. Food technology], 1987, no. 2, pp. 9–15.
13. Skurikhin I.M., Tutel'yan V.A. *Tablitsy khimicheskogo sostava i kaloriynosti rossiyskikh produktov pitaniya: Spravochnik* [Tables of the chemical composition and caloric content of Russian food: Handbook]. Moscow: DeLi Plyus Publ., 2008. 276 p.
14. Puchkova L.I., Polandova R.D., Matveeva I.V. *Tekhnologiya khleba* [Bread technology]. St. Petersburg: GIORД Publ., 2005. 559 p.
15. Skurikhin I.M., Volgarev M.N. *Khimicheskiiy sostav pishchevykh produktov. Kn. 2: Spravochnye tablitsy sodержaniya aminokislot, zhirnykh kislot, vitaminov, makro- i mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov* [Chemical composition of food products. Book 2: Reference tables for the content of amino acids, fatty acids, vitamins, macro- and microelements, organic acids and carbohydrates]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1987. 360 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Чижикова, О.Г. Разработка композитных мучных смесей с использованием измельченных семян чечевицы / О.Г. Чижикова, Л.О. Коршенко, М.А. Павлова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 89–95.

Chizhikova O.G., Korshenko L.O., Pavlova M.A. Development of composite flour mixes with the use of milled lentil seeds. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 89–95 (In Russ.).

© Чижикова Ольга Григорьевна

канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: chizhikova.og@dvfu.ru

© Коршенко Людмила Олеговна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: korshenko.lo@dvfu.ru

© Павлова Марина Александровна

ведущий специалист отдела аспирантуры, докторантуры и PhD Департамента сопровождения научной деятельности, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, e-mail: sukhovarova.ma@dvfu.ru

© Olga G. Chizhikova

Cand.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Merchandising and Commodities Examination, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: chizhikova.og@dvfu.ru

© Liudmila O. Korshenko

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Merchandising and Commodities Examination, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: korshenko.lo@dvfu.ru

© Marina A. Pavlova

Chief Specialist, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: sukhovarova.ma@dvfu.ru



РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТАБЛЕТИРОВАННОЙ ФОРМЫ КОНЦЕНТРАТА БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА

М.Н. Школьникова¹, Е.В. Аверьянова^{1,*}, Д.В. Доня², И.В. Хлопотов²

¹Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»,
659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

²ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: lena@bti.secna.ru

Дата поступления в редакцию: 14.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Высокий и стабильный спрос на сухие концентраты безалкогольных напитков, приготовленных на основе экстрактов плодово-ягодного сырья, обусловлен в первую очередь простотой и удобством хранения, транспортировки и использования. В результате мониторинга торгового предложения установлено, что в отличие от таблетированных форм, наиболее широко в этом сегменте рынка пищевых продуктов представлены порошкообразные и гранулированные концентраты. Разработана рецептура и технологии концентрата безалкогольного жаждоутоляющего напитка в виде таблеток, отличительной особенностью которого является использование в качестве вкусового компонента сухого экстракта ягод брусники, полученного методом вакуум-импульсной экстракции. Изучено влияние соотношения компонентов в концентрате на органолептические характеристики продукта и установлено их оптимальное соотношение, г/10 г композиции: экстракт плодово-ягодный – 3,5, фруктоза – 4,4, лимонная кислота – 1,0, карбонат натрия – 0,5, карбонат магния – 0,2, карбонат кальция – 0,4. Показано, что введение 3 % крахмала от массы композиции способствует снижению адгезионных свойств, уменьшению времени растворения, повышению прочности и улучшению внешнего вида таблеток при неизменном уровне вкусовых достоинств продукта. Для получения концентрата безалкогольного напитка в виде таблеток с заданными размерно-массовыми характеристиками (диаметр 20 мм, высота 5 мм, масса 2 г) установлены оптимальные параметры процесса таблетирования: усилие прессования 10 МПа; выдержка таблетки под нагрузкой 30 с. Лучшим методом получения составов исходного сырья является смешение исходных компонентов композиции в смесителе сыпучих компонентов с последующим гранулированием, при этом время растворения концентрата в 200 см³ воды комнатной температуры составило 70 с.

Ключевые слова. Концентрат безалкогольного напитка, экстракт ягод брусники, прессование, таблетки, крахмал

DEVELOPMENT OF COMPOSITION AND TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF NONALCOHOLIC BEVERAGE CONCENTRATE TABLET

M.N. Shkolnikova¹, E.V. Averyanova^{1,*}, D.V. Donya², I.V. Khlopotov²

¹Biysk Technological Institute (branch),
Altai State Technical University named after I.I. Polzunova,
27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia

²Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: lena@bti.secna.ru

Received: 14.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. The high and stable demand for dry concentrates of nonalcoholic beverages prepared on the basis of extracts of fruit raw materials is primarily due to the simplicity and convenience of storage, transportation and use. As a result of monitoring of trade proposals, it has been found that unlike tablets, powdered and granulated concentrates are the most widely distributed in this segment of the food market. The formulation and technology of the concentrate of non-alcoholic thirst-quenching beverage in the form of tablets has been developed, the distinguishing feature of which is the use, as a flavor component, of the dry extract of cowberry berries obtained by vacuum-pulse extraction. The influence of the ratio of components in the concentrate on organoleptic characteristics of the product has studied and their optimum ratio has been determined, g/10 g of the composition: fruit-berry extract – 3.5, fructose – 4.4, citric acid – 1.0, sodium carbonate – 0.5, magnesium carbonate – 0.2, calcium carbonate – 0.4. It is shown that the introduction of 3% of starch from the weight of the composition helps reduce adhesion properties, reduce dissolution time, increase strength and improve the appearance of the tablets, while maintaining a constant taste level of the product. To obtain a

concentrate of non-alcoholic beverage in the form of tablets with given dimensional-mass characteristics: diameter 20 mm, height 5 mm, weight 2 g the optimum parameters of the tablet preparing process have been established: pressing force 10 MPa; Holding the tablet under load for 30 seconds. The best method of obtaining feedstock compositions is mixing the original components of the composition in a mixer of loose components, followed by granulation, while the dissolution time of the concentrate in 200 cm³ of room temperature water is 70 seconds.

Keywords. Concentrate of nonalcoholic beverage, cowberry berry extract, pressing, tablets, starch

Введение

Сухие концентраты безалкогольных напитков в виде порошкообразных или гранулированных смесей в связи с простотой и удобством использования пользуются достаточно высоким и стабильным спросом, занимая существенный сегмент рынка пищевых концентратов и безалкогольных напитков. В настоящее время предприятия безалкогольной промышленности производят в основном гранулированные концентраты, состав и технология которых достаточно разнообразны [1–3], чего нельзя сказать о концентратах в виде таблеток, ассортимент которых крайне ограничен, что и подтверждено в ходе изучения рынка этих продуктов.

Мониторинг торгового предложения концентратов безалкогольных напитков, проведенный методом витринного наблюдения (ритейл-аудита) в крупных торговых сетях г. Бийска «Быстроном», «Лента», «Мария-Ра», «Аникс», показал, что всего представлено 23 торговых наименования концентратов безалкогольных напитков в виде гранулированных смесей, из них 16 наименований киселей и 7 наименований напитков, изготовители которых приведены на рис. 1.

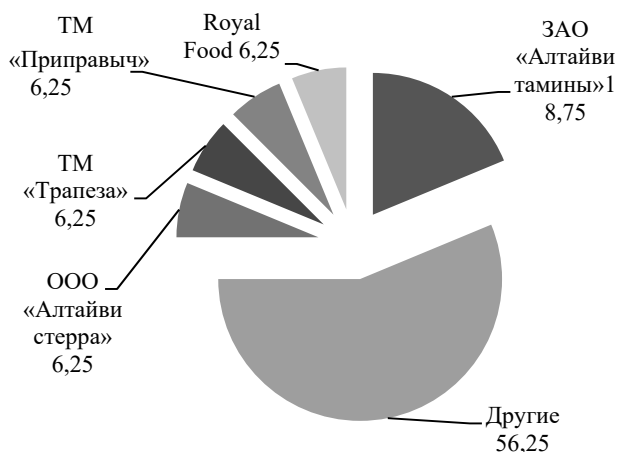


Рис. 1. Структура торгового предложения концентратов безалкогольных напитков в торговых сетях г. Бийска

Изучение маркировки потребительской тары показало, что лишь в семи наименованиях содержатся исключительно натуральные ингредиенты: это кисели и напитки ООО «НПО «Компас Здоровья» (г. Новосибирск), ЗАО «Алтайвитамины», ООО «Алтайвистера», ООО «Алтайская чайная компания» (Алтайский край).

В тоже время промышленный ассортимент таблетированных концентратов представлен в основном быстрорастворимыми таблетками для приготовления спортивных напитков, таких, например, как

«GEONFORFAST» (G.E.O.N., Россия), обладающего свойствами энергетика и жиросжигателя и др. [4].

Данный факт можно объяснить рядом причин: во-первых, сложностью технологического процесса таблетирования; во-вторых, нестабильностью таблеток при хранении, ввиду их невысокой прочности, что приводит к снижению потребительских достоинств концентрата. В связи с этим целью проводимых исследований является разработка рецептуры и технологии концентрата безалкогольного жаждоутоляющего напитка, приготовленного на основе экстракта плодово-ягодного сырья в виде таблеток.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования явилась композиция для приготовления концентрата безалкогольного напитка в виде таблеток. На основе анализа литературных данных [5–7] и патентов на изобретения [1, 8, 9] установлено, что необходимыми компонентами концентрата безалкогольного напитка в виде таблеток являются: вкусовое вещество (экстракт плодово-ягодный), подсластитель и связующее (каркасное) вещество (фруктоза), регуляторы кислотности (лимонная кислота E330, карбонат натрия E500, карбонат магния E504), антислеживатель (карбонат кальция E170). Для подбора оптимального соотношения ингредиентов составлено несколько композиций концентрата безалкогольного напитка (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение компонентов в концентрате, г/10 г композиции

Образец композиции	Экстракт плодово-ягодный	Фруктоза	Лимонная кислота	Карбонат натрия	Карбонат магния	Карбонат кальция
1	2,2	5,0	1,5	1,0	0,1	0,2
2	3,2	4,0	1,5	1,0	0,1	0,2
3	1,5	5,3	1,5	1,0	0,2	0,5
4	3,5	4,4	1,0	0,5	0,2	0,4
5	3,0	4,2	1,5	1,0	0,1	0,2
6	2,9	5,0	1,0	0,5	0,2	0,4
7	3,4	4,5	1,0	0,5	0,2	0,4
8	1,9	4,9	1,5	0,5	0,2	1,0

По результатам дегустации установлено, что по основным потребительским достоинствам напитков (внешний вид, цвет, аромат и вкус) лучшим образцом является композиция концентрата безалкогольного напитка № 4.

Сырьем для вкусового вещества концентрата безалкогольного напитка являлись ягоды брусники обыкновенной (лат. *Vaccinium vitis-idaea*), являющейся традиционным дикоросом Алтая. Ягоды брусники обладают капилляроукрепляющим свойством благодаря содержанию в них флавоноидов, витаминов, урсоловой кислоты и дубильных веществ, а также оказывают деминерализующее действие, повышают эффективность действия антибиотиков, стимулируют фагоцитоз и другие защитные силы организма; высокое содержание бензойной кислоты способствует длительному хранению сырья и продуктов его переработки, а также повышает микробиологическую стабильность экстрактов.

Сухой экстракт брусники обыкновенной представляет собой тонкодисперсный порошок темно-красного цвета с выраженным запахом и вкусом (кисло-сладкий, слегка терпкий), свойственными ягодам брусники [10]. Экстракт брусники получен методом вакуум-импульсной экстракции, где экстрагент – водно-этанольный раствор с содержанием этанола 40 % об.; температура – от 25 до 40 °С; гидромодуль – 1:10; экстракция проведена поэтапно в течение 22 ч до момента выхода экстрактивных веществ на постоянную величину (3,48 %) с объединением экстрактов. Полученные экстракты отфильтрованы и направлены на двухступенчатое концентрирование – сначала вакуум-импульсным методом до содержания сухих веществ 10–12 %, затем сгущением в концентрате до содержания сухих веществ не менее 65 %. Полученный концентрат высушивали в вакуум-импульсной сушилке периодического действия при температуре не выше 45 °С до влажности готового продукта не более 8 %. Физико-химические показатели сухого экстракта представлены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели сухого экстракта из ягод брусники обыкновенной (n=3, M±m)

Показатель	Значение
Массовая доля влаги, %	5,8±0,1
Массовая доля экстрактивных веществ (в пересчете на сухое вещество), %	93,1±0,1
Массовая доля нерастворимых сухих веществ, %	0,20±0,05
Массовая доля титруемых кислот (в пересчете на яблочную), %	9,4±0,1
Массовая доля фенольных веществ, %	3,76±0,02
Примеси минерального и растительного происхождения	не обнаружено

Установлено, что растворимость экстрактов в дистиллированной воде комнатной температуры полная. При растворении экстракта вкус, цвет и аромат раствора полностью соответствует исходному сырью без посторонних привкусов и ароматов.

Для получения концентрата безалкогольного напитка в виде таблеток с заданными показателями

качества и стабильности (органолептические характеристики, предел прочности, истираемость, распадаемость) в лаборатории «Реология» кафедры «Прикладная механика» ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)» и на производстве быстрорастворимых гранулированных напитков ООО НПО «Здоровое питание» (г. Кемерово) проведены исследования по установлению усилия прессования и выдержки таблетки под нагрузкой при таблетировании композиций.

Показатели качества композиций, в том числе органолептические, определяли стандартными и общепринятыми методами [5, 11].

Опытные образцы концентрата безалкогольного напитка в виде таблеток получали прессованием с помощью универсальной гидравлической испытательной машины марки МУП-50, развивающей максимальное усилие 50 т, допускаемая погрешность показаний при статических нагрузках ±1 % от измеряемой нагрузки.

Результаты и их обсуждение

Основными технологическими характеристиками массы для изготовления таблеток являются сыпучесть, насыпная масса и пластичность частиц, влияющие как на технологичность и экономические показатели процесса изготовления таблеток, так и на качество готовых концентратов, и зависят, в первую очередь, от дисперсного состава композиции [7].

Согласно литературным данным [5, 6, 12, 13] были установлены рациональные размерно-массовые характеристики таблетки (диаметр 20 мм, высота 5 мм, масса 2 г) и экстремумы варьируемых параметров (усилие прессования и выдержка таблетки под нагрузкой).

Составы исходного сырья с различной дисперсностью получены тремя методами:

1) смешение исходных компонентов композиции в смесителе сыпучих компонентов марки СКВ-4,01 с последующим измельчением в молотковой дробилке МД-5Х2;

2) смешение исходных компонентов композиции в смесителе сыпучих компонентов без измельчения;

3) смешение исходных компонентов композиции в смесителе сыпучих компонентов с последующим гранулированием в тарельчатом грануляторе ОТ-080.

Дисперсный анализ исходного измельченного и сгранулированного сырья проводился микрофотографированием по методике, изложенной в [14], с использованием биологического микроскопа Levenhuk 40L NG, снабженного цифровой камерой DCM 310. С целью разрушения агломератов и выяснения истинных размеров частиц в качестве дисперсионной среды взят изобутиловый спирт (C₄H₁₀O). На рис. 2 представлены микрофотографии дисперсных составов композиций.

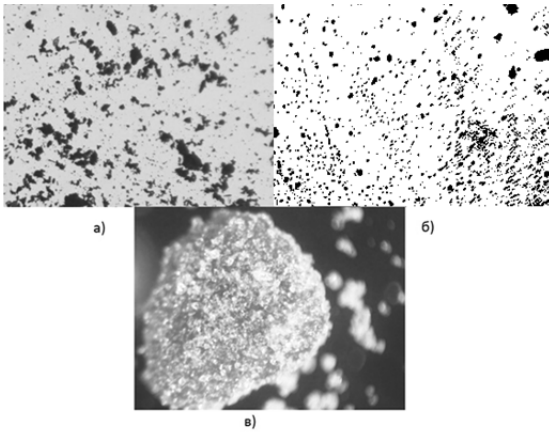


Рис. 2. Микрофотографии:
а) исходной смеси; б) измельченной смеси;
в) структуры гранулы

В результате предварительных испытаний установлено, что для процесса таблетирования исходного сырья оптимальная влажность составляет 3 % (в качестве связующего вещества использовался этиловый спирт (C_2H_5OH)). Таблетки с влажностью 5 % разрушаются и прилипают при выталкивании из матрицы. При влажности равной 0 % полученная таблетка не обладает требуемой прочностью и истираемостью.

Для проведения процесса таблетирования была изготовлена матрица диаметром 20 мм и установлены пределы давления при прессовании 3–20 МПа [5], оптимальные параметры процесса таблетирования (давление и время выдержки) определены экспериментально на универсальной гидравлической испытательной машине марки МУП-50. Результаты экспериментов представлены на рис. 3 и 4.

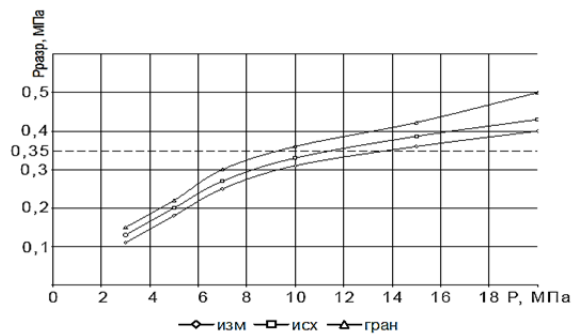


Рис. 3. Зависимость прочности таблетки от усилия прессования

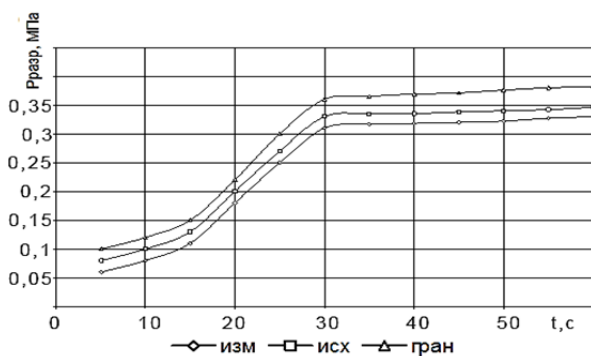


Рис. 4. Зависимость прочности таблетки от времени выдержки

Основываясь на литературных данных [12], можно утверждать, что прочность таблетки ($P_{разр}$) должна быть не менее $3,5 \text{ кг/см}^2$ или в пересчете на требуемый размер таблетки 0,35 МПа. Однако завышенные значения данной величины также нежелательны, так как приводят к значительным затратам энергии при формировании изделия.

На прочность таблетки оказывает влияние и такой фактор, как время выдержки таблетки под нагрузкой [13]. Во время выдержки происходят процессы перераспределения напряжений внутри образца (релаксация напряжений). Анализируя графики рис. 4 можно сделать вывод о том, что непродолжительная выдержка (до 30 с) не позволяет напряжениям равномерно распределиться по всему объему таблетки и снижает ее прочность. Увеличение времени выдержки более 30 с нецелесообразно, так как приводит к незначительному росту прочности образцов.

Таким образом, на основе экспериментальных данных были установлены оптимальные параметры процесса прессования таблеток: усилие прессования $P=10 \text{ МПа}$; выдержка таблетки под нагрузкой $t=30 \text{ с}$.

При проведении экспериментальных исследований наблюдалось прилипание частиц композиции к рабочей поверхности пуансона. Ранее установлено [12], что для решения данной проблемы рекомендуются использовать антифрикционные вспомогательные вещества, снижающие адгезионные и повышающие когезионные свойства смеси. В качестве такой добавки обычно используют крахмал, так как он обладает не только антифрикционными свойствами, но и выполняет роль компонента, улучшающего смачиваемость и водопроницаемость готовой таблетки. Предварительные исследования показали, что внесение крахмала картофельного в качестве вспомогательного вещества не оказывает влияния на прочность получаемых изделий.

Время распадаемости полученных образцов таблеток определяли путем их растворения в воде при температуре $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Для увеличения теплообмена создавался турбулентный режим потока наложением динамической нагрузки. Результаты опыта по изучению распадаемости таблеток приведены на рис. 5.

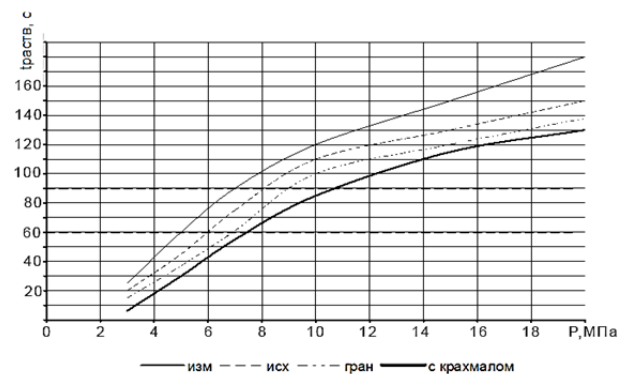
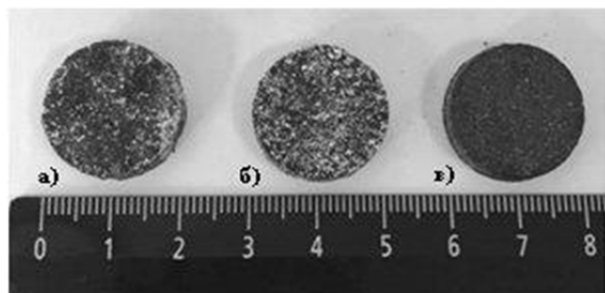


Рис. 5. Зависимость времени растворения таблетки от усилия прессования

Известно, что время растворения таблетки не должно превышать 60–90 с [8]. Как видно из графиков рис. 5 данным условиям при оптимальном давлении $P=10$ МПа удовлетворяют образцы, полученные с использованием в композициях 3 % крахмала. Образцы без внесения в композицию крахмала имеют несколько большее время растворения – от 100 с для сгранулированного состава до 120 с для состава из измельченного сырья.

Фотографии готовых концентратов представлены на рис. 6



а) из сгранулированной смеси б) из исходной смеси в) из измельченной смеси

Рис. 6. Фотографии готовых концентратов безалкогольного напитка в виде таблеток

По внешнему виду полученные концентраты представляют собой таблетки правильной круглой формы с относительно шероховатой поверхностью

диаметром 20 мм, высотой 5 мм и массой 2 г. Время растворения концентрата в 200 см³ воды комнатной температуры составило 70 с; полученный напиток по внешнему виду представляет собой непрозрачную жидкость выраженного темно-бордового цвета, собственного ягодам брусники, без осадка и посторонних включений, аромат выраженный, вкус – приятный кисло-сладкий, свойства используемому сырью.

Таким образом, в результате проведенных исследований, во-первых, определен состав композиции концентрата безалкогольного напитка, подготовленный к таблетированию методом смешения ингредиентов в смесителе сыпучих материалов с последующим гранулированием, г/10 г: вкусовое вещество (сухой экстракт ягод брусники) – 3,5, подсластитель и связующее (каркасное) вещество (фруктоза) – 4,4, регуляторы кислотности (лимонная кислота Е330 – 1,0, карбонат натрия Е500 – 0,5, карбонат магния Е504 – 0,2), антислеживатель (карбонат кальция Е170) – 0,4. Во-вторых, установлены оптимальные параметры процесса прессования таблеток: усилие прессования 10 МПа; выдержка таблетки под нагрузкой 30 с для получения концентрата безалкогольного напитка в виде таблеток с заданными размерно-массовыми характеристиками (диаметр 20 мм, высота 5 мм, масса 2 г). В-третьих, определена необходимость включения в исходный состав композиции вспомогательного вещества (крахмала) в количестве 3 % от массы композиции для снижения адгезионных свойств и уменьшения времени растворения готовых таблеток.

Список литературы

1. Патент № 2494653 РФ, А23L2/52, С2. Сухой безалкогольный напиток / Ю.А. Кошелев, А.С. Залесов; заявл. 20.10.2011, опубл. 10.10.2013. – Бюл. № 28.
2. Пищевая комбинаторика в технологиях поликомпонентных концентратов с использованием растительного сырья и напитков на их основе / Г.Л. Филонова, И.Л. Ковалева, Н.А. Комракова [и др.] // Пиво и напитки. – 2012. – № 4. – С. 22–25.
3. Патент № 2521650 РФ, А23L2/00, С1. Концентрат поликомпонентный / Г.Л. Филонова, В.В. Щербакова, И.Л. Ковалева, С.Г. Коврижкина, Н.А. Комракова, Е.В. Никифорова; заявл. 04.03.2013, опубл. 10.07.2014. – Бюл. № 19.
4. Штерман, С.В. Быстрорастворимая таблетированная композиция для приготовления спортивного напитка «ГЕОН ФОР ФАСТ» / С.В. Штерман, Г.И. Андреев, В.С. Штерман // Пиво и напитки. – 2013. – № 2. – С. 18–22.
5. Вальтер, М.Б. Постадийный контроль в производстве таблеток / М.Б. Вальтер, О.Л. Тюенков, Н.А. Филиппин. – М.: Химия, 1982. – 208 с.
6. Мачихин, Ю.А. Таблетирование пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, Г.Г. Зурабашвили. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 135 с.
7. Разработка состава и технологии получения таблеток валидола без сахара / А.В. Филимонова, Ю.А. Третьякова, А.С. Гаврилов, Л.А. Солодухина, А.Е. Рябинин // Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация. – 2015. – № 16(213). – Вып. 31. – С. 194–200.
8. АС № 1741804 СССР, А23L2/38. Способ производства сухих шипучих напитков / А.Н. Стачинский, А.М. Шевченко, Ю.Г. Пшуков, О.В. Мичник, С.В. Волокитин, заявл. 16.04.1990, опубл. 23.06.1992. – Бюл. № 23.
9. Патент ВУ 3920 Республика Беларусь, А61К9/46. Шипучая таблетка или гранула и способ ее получения / Й. Береш, Л. Ласло, И. Баркань, заявл. 10.03.1994, опубл. 08.09.1995.
10. Аверьянова, Е.В. Теоретические и практические аспекты использования растительного сырья Алтайского края в производстве функциональных продуктов питания: монография / Е.В. Аверьянова, М.Н. Школьников; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2015. – 190 с.
11. Государственная Фармакопея СССР – XI-е изд., доп. – М.: Медицина, 1990. – Вып. 2. – 399 с.
12. Махамов, С.М. Основы таблеточного производства / С.М. Махамов. – 2-е изд. – Ташкент: ФАН, 2004. – 148 с.
13. Мачихин, Ю.А. Формование пищевых масс / Ю.А. Мачихин, Г.К. Берман, Ю.В. Клаповский. – М.: Колос, 1992. – 272 с.
14. Коузов, П.А. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей / П.А. Коузов, Л.А. Скрябин. – Москва: Химия, 1983. – 143 с.

References

1. Koshelev Yu.A., Zalesov A.S. *Sukhoy bezalkogol'nyy napitok* [Dry non-alcoholic beverage]. Patent RF, no. 2494653, 2013.

2. Filonova G.L., Kovaleva I.L., Komrakova N.A., Shcherbakova V.V., Nikiforova E.V., Osipova V.P., Grishkovsky B.A. Pishchevaya kombinitorika v tekhnologiyakh polikomponentnykh kontsentratoov s ispol'zovaniem rastitel'nogo syr'ya i napitkov na ikh osnove [Food Combinatorics in Technologies of Multicomponent Concentrates Involving Vegetable Ingredients and Beverages Based on These Technologies]. *Pivo i napitki* [Beer and beverages], 2012, no. 4, pp. 22–25.
3. Filonova G.L., Shcherbakova V.V., Kovaleva I.L., Kovrizhkina S.G., Komrakova N.A., Nikiforova E.V. *Kontsentrat poli-komponentnyy* [Concentrate polycomponent]. Patent RF, no. 2521650, 2014.
4. Shterman S.V., Andreev G.I., Shterman V.S. Bystrorastvorimaya tabletirovannaya kompozitsiya dlya prigotovleniya sportivnogo napitka «GEON FOR FAST» [Effervescent Tablet Composition for the Preparation of a Sports Drink “G.E.O.N. For Fast”]. *Pivo i napitki* [Beer and beverages], 2013, no. 2, pp. 18–22.
5. Val'ter M.B., Tyutenkov O.L., Filippin N.A. *Postadiynny kontrol' v proizvodstve tabletok* [Post-production control in the production of tablets]. Moscow: Chemistry Publ., 1982. 208 p.
6. Machikhin Yu.A., Zurabashvili G.G. *Tabletirovanie pishchevykh materialov* [Tableting of food materials]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1978. 135 p.
7. Filimonova A.V., Tretyakova Yu.A., Gavrilov A.S., Solodukhina L.A., Ryabinin A.E. Razrabotka sostava i tekhnologii polucheniya tabletok validola bez sakhara [Development of composition and technology for the preparation of tablets validol without sugar]. *Nauchnye vedomosti. Seriya Meditsina. Farmatsiya* [Scientific bulletins. Series Medicine. Pharmacy], 2015, vol. 31, no. 16 (213), pp. 194–200.
8. Stachinskiy A.N., Shevchenko A.M., Pshukov Yu.G., Michnik O.V., Volokitin S.V. *Sposob proizvodstva sukhikh shipuchikh napitkov* [Method of production of dry effervescent drinks]. Certificate of authorship USSR, no. 1741804, 1992.
9. Beresh Y., Laslo L., Barkan' I. *Shipuchaya tabletki ili granula i sposob ee polucheniya* [An effervescent tablet or granule and a process for its preparation]. Patent Belarus, no. 3920, 1995.
10. Aver'yanova E.V., Shkol'nikova M.N. *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty ispol'zovaniya rastitel'nogo syr'ya Altayskogo kraya v proizvodstve funktsional'nykh produktov pitaniya* [Theoretical and practical aspects of the use of plant raw materials of the Altai Territory in the production of functional food products]. Biysk: Altai State Technical University Publ., 2015. 190 p.
11. *Gosudarstvennaya Farmakopeya SSSR – XI-e izd.* [The State Pharmacopoeia of the USSR XI ed.]. Moscow: Meditsina Publ., 1990. 399 p.
12. Makhkamov S.M. *Osnovy tabletochnogo proizvodstva* [Basics of Tablet Production]. Tashkent: FAN Publ., 2004. 148 p.
13. Machikhin Yu.A., Berman G.K., Klapovskiy Yu.V. *Formovanie pishchevykh mass* [Forming of food masses]. Moscow: Kolos Publ., 1992. 272 p.
14. Kouzov P.A., Skryabin L.A. *Metody opredeleniya fiziko-khimicheskikh svoystv promyshlennykh pyley* [Methods for determining the physicochemical properties of industrial dusts]. Moscow: Khimiya Publ., 1983. 143 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Разработка состава и технологии получения таблетированной формы концентрата безалкогольного напитка / М.Н. Школьникова, Е.В. Аверьянова, Д.В. Доня, И.В. Хлопотов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 96–101.

Shkolnikova M.N., Averyanova E.V., Donya D.V., Khlopotov I.V. Development of composition and technology for production of nonalcoholic beverage concentrate tablet. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 96–101 (In Russ.).

© Школьникова Марина Николаевна

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

© Аверьянова Елена Витальевна

канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (3854) 43-53-05, e-mail: lena@bti.secna.ru

© Доня Денис Викторович

канд. техн. наук, доцент кафедры прикладной механики, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

© Хлопотов Игорь Валерьевич

аспирант кафедры машины и аппараты пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

© Marina N. Shkolnikova

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, 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

© Elena V. Averyanova

Cand.Sci.(Chem.), Associate Professor, 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, phone: +7(3854) 43-53-05, e-mail: lena@bti.secna.ru

© Denis V. Donya

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Applied Mechanics, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

© Igor V. Khlopotov

Graduate Student of the Department of Machines and Apparatus of Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia



УДК 621.928.93

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ВИНТОВОГО КАНАЛА В ЦИКЛОНЕ-СЕПАРАТОРЕ

В.Л. Злочевский*, К.А. Мухопад

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»,
656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46

*e-mail: zlvl@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 26.06.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Для очистки от пыли технологического воздуха в настоящее время используется большое количество пылеуловителей, отличающихся своими конструктивными (геометрическими) параметрами. Для обеспыливания воздуха в системах пневмотранспорта и аспирации зерноперерабатывающих предприятий, предприятий пищевой промышленности и сельского хозяйства широкое распространение получили центробежные пылеуловители – циклоны, такие как УЦ-38, УЦМ-38, 4БЦШ, ОТИ, ЦН и др. На практике эффективность очистки газов, достижимая в перечисленных аппаратах, часто оказывается недостаточной. Поэтому многие из аппаратов центробежной очистки газов применяются главным образом в качестве первой ступени перед более эффективными пыле- и золоуловителями. Аэровинтовой циклон-сепаратор, конструкция которого защищена патентами [1, 2] и основана на винтовой вставке, помещенной между конической обечайкой и цилиндрической выхлопной трубой, позволяет достигать степени очистки технологического воздуха до 99,9 % на продуктах зернопереработки. Высокая эффективность аэровинтового циклона обусловлена созданием внутри аппарата закрученного винтового аэродисперсного потока с возрастающим центробежным эффектом за счет переменной геометрии ограничивающих поток стенок. Для внедрения аэровинтового циклона на предприятиях зернопереработки, угольной промышленности, энергетики и др. необходимо обеспечить приемлемые энергетические показатели при работе данного аппарата. Основным элементом, определяющим аэродинамическое сопротивление всей конструкции циклона, является винтовой канал. Предложена модель расчета аэродинамического сопротивления винтового канала в аэровинтовом циклоне, проанализировано влияние геометрических параметров циклона, кинематических и динамических характеристик аэропотока.

Ключевые слова. Аэровинтовой циклон, центробежная очистка, аэродинамическое сопротивление, аэродисперсный поток, винтовой канал

AERODYNAMIC DRAG OF THE SCREW CHANNEL IN THE CYCLONE-SEPARATOR

V.L. Zlochevskiy*, K.A. Mukhopad

Polzunov Altai State Technical University,
46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia

e-mail: zlvl@mail.ru

Received: 26.06.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. A large number of dust collectors differing in their design (geometric) parameters are currently used for purifying process air from dust. Centrifugal dust collectors – cyclones, such as U-38, UCM-38, 4BTSH, OTI, CN, etc., have been widely used for air dedusting in pneumatic transport systems and aspiration systems at grain processing enterprises and at the enterprises of food industry and agriculture. The efficiency of gas purification achievable in these apparatuses is often insignificant in practice. Therefore, a lot of centrifugal gas purification apparatuses are mainly used as the first stage before using more efficient dust and ash collectors. The aero-screw cyclone – separator, whose construction is protected by the patents (1, 2) and based on the screw insert placed between a conic shell and a cylindrical exhaust pipe, enables to achieve the purification degree of process air up to 99.9% on the grain processing products. High efficiency of the aero-screw cyclone is caused by the creation of the swirled helical aero-dispersed flow inside the apparatus with an increasing centrifugal effect due to the variable geometry of the flow-restricting walls. To introduce the aero-screw cyclone at grain processing enterprises, coal industry, power engineering, etc., it is necessary to provide acceptable energy indices during the operation of the given apparatus. The main element which determines the aerodynamic drag of the entire cyclone design is a screw channel. A model is proposed for calculating the aerodynamic drag of the screw channel in the aero-screw cyclone; the influence of the geometric cyclone parameters and of the kinematic and dynamic characteristics of the air flow is analyzed.

Keywords. Aero-screw cyclone, centrifugal cleaning, aerodynamic drag, aero-dispersed flow, screw channel

Введение

Обеспыливание воздуха в системах пневмотранспорта и аспирации зерноперерабатывающих предприятий, предприятий пищевой промышленности и сельского хозяйства является важной задачей. Для решения этой задачи широкое распространение получили аппараты, использующие центробежный способ пылеочистки, – циклоны. Анализ используемых в отечественной и зарубежной промышленности циклонов был проведен, например, в работах [3, 4]. Практически в каждой модели центробежных циклонов присутствуют два элемента – цилиндрическая часть, где формируется поток, содержащий удаляемые частицы твердого материала, и происходит его закрутка, и коническая часть, где происходит формирование двух антинаправленных потоков и отделение твердых частиц из потока.

Широкое распространение циклонных пылеуловителей на производстве обусловлено следующими достоинствами перед другими аппаратами аналогичного назначения [3, 5]:

- 1) простота конструкции и сравнительно небольшая стоимость;
- 2) возможность функционирования в условиях высоких температур и давлений без каких-либо принципиальных изменений в конструкциях;
- 3) возможность улавливания и классификации абразивных включений при защите внутренних поверхностей циклонов специальными покрытиями;
- 4) высокая производительность и сохранение требуемого уровня фракционной эффективности очистки с ростом массовой концентрации твердой фазы;
- 5) возможность сухого осаждения продукта.

Объекты и методы исследования

В любом случае объединяющим фактором для всех моделей циклонов является принцип центробежного отделения твердых частиц из переносимого их потока. Соответственно, чем лучше реализуется этот принцип в конструкции циклона, тем выше его эффективность. Во многих работах [5–7] указывается, что эффективность отделения твердых частиц зависит как от физических свойств частиц, например, плотности, формы поверхности, дисперсного состава, так и от геометрических размеров и формы циклонов, а также от скорости движения запыленного потока. Эффективность центробежных циклонов напрямую связана с критерием Фруда, который определяется как отношение силы инерции к силе тяжести частицы по формуле

$$Fr = \frac{v_{\phi}^2}{g \cdot R}, \quad (1)$$

где v_{ϕ} – тангенциальная составляющая скорости дисперсной частицы; g – ускорение свободного падения; R – радиус окружности, по которой в данный момент перемещается частица.

Если ориентироваться только на величину критерия Фруда, то большего эффекта отделения частиц

можно добиться, увеличивая скорость твердых частиц, а значит и скорость дисперсного потока, и, уменьшая радиус R , т.е. габариты циклонного аппарата. Однако, некоторые данные говорят о том, что уменьшение габаритных размеров циклонов не всегда приводит к повышению их эффективности, а увеличение входной скорости выше оптимальной наоборот снижает эффективность циклонов. На практике же эффективность очистки газов, достижимая в центробежных аппаратах, оказывается недостаточной. Особенно низкую эффективность центробежные циклоны проявляют на твердых частицах диаметром менее 10 мкм. Объясняется это следующими причинами. По мере движения воздушного потока вместе с частицами внутри циклонного аппарата происходит изменение всех трех составляющих вектора скорости – тангенциальной v_{ϕ} , радиальной v_r и осевой v_z . Например, в работе [7] представлены профили составляющих скорости потока в циклоне, так называемые диаграммы Тер-Линдена.

Можно отметить, что максимальное значение тангенциальной скорости v_{ϕ} достигается совсем не на стенках конической части циклона, а практически в ядре восходящего противотока. Увеличение тангенциальной скорости v_{ϕ} в 2–2,5 раза происходит ближе к выпускному отверстию внизу конуса, но до этого момента частицы пыли уже должны быть вынесены на периферию. Профили радиальной скорости наглядно показывают, что движение частиц пыли к стенкам циклона происходит очень медленно. Многочисленные исследования подтверждают тот факт, что мелкодисперсная пыль вообще выносится через выхлопную трубу, практически не попадая в коническую часть циклона. Профили осевых скоростей фактически позволяют констатировать, что большая часть объема циклона занята восходящим вихревым противотоком, причем его осевая скорость значительно больше той скорости, с которой происходит транспорт частиц по стенкам конической части циклона.

Стоит отметить, что в противоточных циклонах даже те частицы, которые были выделены из потока к стенкам конической части, подвержены выносу в выхлопную трубу. Здесь можно отметить два фактора. Первый фактор – вихревой шнур, формирующийся вдоль вертикальной оси циклона, может «гулять» или прецессировать относительно оси, а, значит, захватывать уже отсепарированные частицы. Устойчивость этого вихревого шнура обусловлена многими факторами, в том числе геометрией циклона и кинематикой процесса, но такого рода прецессирование подтверждается многими исследованиями как экспериментально, так и при проведении численного гидродинамического моделирования.

Второй фактор, определяющий вынос частиц в выхлопную трубу, заключается в том, что крупные частицы могут зависать в потоке, не дойдя до выпускного отверстия. Такое происходит по причине увеличенной парусности крупных частиц и образования агломератов. Например, в работе [8] выполнен

обзор ряда исследований CFD-моделирования работы циклонов и рассмотрено влияние обратных внутренних (восходящих) потоков газа, которые снижают степень сепарации пыли внутри циклонов.

Для устранения недостатков, присущих классическим центробежным циклонам, предлагается для очистки технологического воздуха использовать аэровинтовой циклон (рис. 1), конструкция которого защищена патентами [1, 2]. Основным элементом данного циклона является коническая винтовая вставка, позволяющая создавать ограниченное пространство в форме винтового канала с уменьшающейся площадью поперечного сечения. При этом выхлопная труба ограничивает взаимодействие основного потока, содержащего частицы пыли, и противотока – очищенного воздуха. Конструкция аэровинтового циклона также позволяет использовать его в качестве классификатора, отделяя дисперсные частицы в соответствии с их аэродинамическими свойствами на различных высотных отметках.

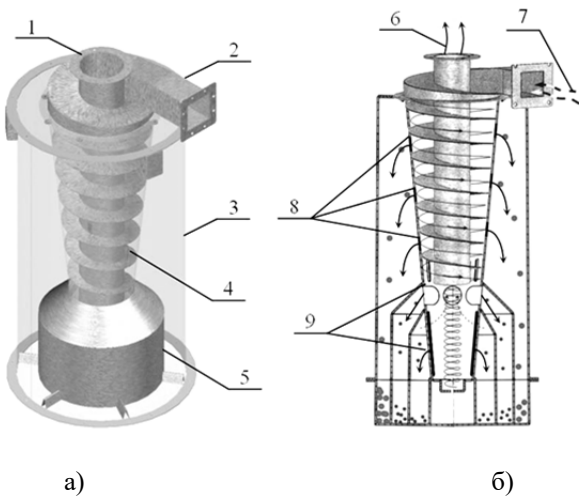


Рис. 1. Аэровинтовой циклон:

- а) конструкция аэровинтового циклона: 1 – выхлопная труба; 2 – входной патрубок; 3 – внешняя обечайка; 4 – винтовая вставка; 5 – пылесборник; б) принцип работы: 6 – вывод очищенного воздуха; 7 – вход запыленного воздуха; 8 – вывод крупной и тяжелой фракций; 9 – вывод мелкой и легкой фракций

Движение дисперсного потока в аэровинтовом циклоне происходит за счет перепада давления ΔP , которое создает вентилятор. Создаваемый перепад давления ΔP расходуется на преодоление сил трения со стороны стенок, ограничивающих движение дисперсного потока, на разгон потока в сужающемся канале, который формируется конической винтовой вставкой, на вихреобразование в полости винтового канала, а также на ускорение потока при нестационарном движении. При моделировании движения частиц сыпучего материала в межвитковом пространстве винтовой вставки необходимо знать информацию о параметрах несущей среды (воздуха) – скорости, плотности, давлении, температуре потока. При этом стоит понимать, что незначительные изменения геометрии винтового ка-

нала могут приводить к «перестройки» структуры аэродисперсного потока, а это, в свою очередь, повлияет на аэродинамическое сопротивление аппарата в целом.

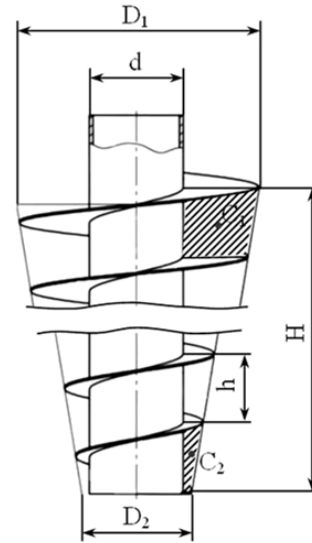


Рис. 2. Основные геометрические размеры аэровинтового циклона

При определении параметров аэродисперсного потока вдоль винтового канала необходимо предварительно вычислить длину винтовой линии, вдоль которой движется аэропоток. Длина винтовой линии будет определяться геометрическими параметрами аэровинтового циклона, основные геометрические размеры которого приведены на рис. 2. К ним относятся: H – высота винтовой вставки, h – шаг винтовой вставки, d – диаметр выхлопной трубы, D_1 – больший диаметр конической обечайки, D_2 – меньший диаметр конической обечайки. Параметры H , D_1 и D_2 будут определять конусность винтового канала, а шаг h – наклон винтовой линии (длину линии). Угол α (половина угла раствора конуса) определим по формуле

$$\alpha = \arctg\left(\frac{D_1 - D_2}{2 \cdot H}\right). \quad (2)$$

Будем считать, что винтовая линия соединяет две характерные точки винтового канала – точку входа в винтовой канал C_1 (входное сечение первого витка) и точку выхода из канала C_2 (выходное сечение последнего витка) (рис. 1, в). Эти две точки представляют собой пересечения средних линий, проведенных для входного и выходного сечений, и расположены на расстояниях R_1 и R_2 от осевой линии циклона. При этом

$$R_1 = \frac{h}{8 \cdot H} \cdot (D_2 - D_1) + \frac{D_1 + d}{4}, \quad (3)$$

$$R_2 = \frac{(2 \cdot H - h)}{8 \cdot H} \cdot (D_2 - D_1) + \frac{D_1 + d}{4}. \quad (4)$$

Определяя длину винтовой линии, будем считать, что она образована равномерным движением точки вдоль образующей кругового конуса с начальным радиусом R_1 , а сама образующая враща-

ется равномерно вокруг оси конуса. Не расписывая подробно решение чисто геометрической задачи, представим лишь формулу для определения длины винтовой линии

$$\ell = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sqrt{(S_0 \cdot \sin(\alpha))^2 \cdot \varphi^2 - 4\pi \cdot R_1 \cdot S_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot \varphi + ((2\pi \cdot R_1)^2 + S_0^2)} d\varphi, \quad (5)$$

где φ_1 и φ_2 – углы, определяющие начальное и конечное положения образующей конуса при повороте; S_0 – шаг винтовой линии,

$$S_0 = \frac{h}{\cos(\alpha)}. \quad (6)$$

Наряду с уравнением, определяющим длину винтовой линии, необходимо иметь уравнение неразрывности в такой форме, которая бы позволила установить связь между скоростью потока и площадью поперечного сечения винтового канала.

Рассмотрим адиабатическое течение газового потока в канале переменного сечения с учетом дополнительного сопротивления движению со стороны стенок, ограничивающих криволинейный винтовой канал, и без учета влияния на движение переносимых твердых частиц – такое допущение вполне разумно ввиду малости объемного содержания твердых частиц в потоке. В виду того, что описание движения газового потока в межвитковом пространстве винтовой вставки в трехмерной постановке весьма сложно, будем рассматривать движение потока псевдоодномерным вдоль винтовой линии. Площади входного и выходного сечений представим через эквивалентные диаметры, а изменение площади сечения винтового канала считаем известной функцией длины винтовой линии.

Одномерное стационарное течение газового (воздушного) потока по каналу с учетом сил трения описывается уравнением Эйлера, например, как в [10]

$$\rho \frac{dv}{dx} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dP}{dx} - \frac{\xi}{D} \cdot \frac{v^2}{2}, \quad (7)$$

где v – скорость воздуха; x – текущая координата; ρ – плотность воздуха; P – давление воздуха; ξ – коэффициент трения (является функцией критерия Рейнольдса); D – эквивалентный диаметр канала.

Уравнение движения (7) дополняется уравнением неразрывности

$$\rho \cdot v \cdot S = \text{const}, \quad (8)$$

где S – площадь поперечного сечения канала (представляет собой известную функцию координаты x).

Состояние газа описывается уравнением Менделеева-Клапейрона

$$P = \rho \cdot R \cdot T, \quad (9)$$

где R – универсальная газовая постоянная; T – температура газа.

Сделаем некоторые преобразования уравнений (8) и (9). Возьмем от уравнений (8) и (9) логарифмические дифференциалы, тогда получим

$$\frac{d\rho}{\rho} + \frac{dv}{v} + \frac{dS}{S} = 0, \quad (10)$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{dT}{T} - \frac{dv}{v} - \frac{dS}{S}. \quad (11)$$

Используем адиабатическую скорость звука

$$a = \sqrt{k \cdot \frac{P}{\rho}}, \quad (12)$$

где k – постоянная адиабаты (для воздуха $k = 1,4$), или

$$a = \sqrt{k \cdot R \cdot T}. \quad (13)$$

В уравнении (7) преобразуем слагаемое $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dP}{dx}$

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dP}{dx} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dP}{dx} \cdot \frac{d\rho}{d\rho} = \frac{d\rho}{\rho} \cdot \frac{dP}{d\rho} \cdot \frac{1}{dx}, \quad (14)$$

где $\frac{d\rho}{\rho} = -\frac{dv}{v} - \frac{dS}{S}$ (из уравнения (10)); $\frac{dP}{d\rho} = a^2$.

Используя число Маха

$$M = \frac{v}{a}, \quad (15)$$

уравнение (7) принимает вид

$$\left(\frac{1 - M^2}{1 + \frac{k-1}{2} \cdot M^2} \right) \cdot \frac{dM}{M} = \frac{\xi}{2 \cdot D} \cdot k \cdot M^2 \cdot dx - \frac{dS}{S}. \quad (16)$$

Используя уравнения (11) и (16), получим изменение температуры

$$\frac{dT}{T} = -\frac{(k-1) \cdot M^2}{1 + \frac{k-1}{2} \cdot M^2} \cdot \frac{dM}{M} \quad (17)$$

или из условия адиабатичности движения выражение для полной энтальпии

$$T \cdot \left(1 + \frac{k-1}{2} \cdot M^2 \right) = \text{const}. \quad (18)$$

Применяя уравнения (15), (16), (17) или (18), можно определять параметры воздушного потока вдоль винтового канала. В дальнейшем полученные результаты могут быть использованы для описания движения твердых частиц и их сепарации, например, как в работе [9].

Результаты и их обсуждение

В качестве примера рассмотрим влияние геометрических параметров аэровинтового циклона на его аэродинамическое сопротивление. Исходные данные будут следующие: расход воздуха – $Q = 516 \text{ м}^3/\text{ч}$; площадь поперечного сечения на входе в винтовой канал – $8019 \times 10^{-6} \text{ м}^2$; скорость воздуха на входе в канал – $17,874 \text{ м/с}$; шаг винта – $0,09 \text{ м}$; число витков – 8; угол конусности α изменяется в пределах от 3° до 7° с шагом в 1° . Расчет проводился при условии, что плотность воздуха постоянна. Скорость воздуха рассчитывалась из уравнения неразрывности с учетом изменения площади поперечного сечения канала. Примем, что винтовой канал работает как всасывающий воздуховод. На входе в канал статическое давление по модулю равно динамическому (по знаку статическое давление отрицательно). Авторы вполне сознают, что сопротивление циклона складывается из многих факторов, но преобладающим аэродинамическим сопротивлением в конструкции аэровинтового циклона-сепаратора обладает именно конфузорный винтовой канал, образованный конической обечайкой и винтовой вставкой (рис. 1). Результаты расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1

Сопротивление винтового канала в зависимости от угла конусности

Угол конусности $\alpha, ^\circ$	Длина винтовой линии, м	Площадь выходного сечения, $\times 10^{-6} \text{ м}^2$	Сопротивление винтового канала, Па
3	4,505	5186	252
4	4,174	4112	317
5	3,845	3055	444
6	3,517	1985	769
7	3,196	911	2412

Расчеты показывают, что, несмотря на уменьшение длины винтовой линии (конфузорного винтового канала) при увеличении угла конусности α , происходит увеличение аэродинамического сопротивления винтового канала. Этому способствует значительное поджатие потока на выходе из винтового канала.

Диаграммы на рис. 2 и 3 позволяют оценить влияние угла конусности α на режим работы винтового канала. Как правило, вентиляторы, работающие на предприятиях зернопереработки и пищевой промышленности, обеспечивают перепад давлений $\approx 1500\text{--}2000 \text{ Па}$. На рис. 3 хорошо видно, что незначительное изменение геометрии аэровинтового циклона ($\alpha=7^\circ$) приводит к невозможности использования вентиляторов. Важно также понимать,

что в аэровинтовом циклоне происходит увеличение скорости потока при его движении с одновременным уменьшением радиуса кривизны винтовой линии. Такой подход способствует в значительной степени увеличению критерия Фруда (согласно (1)), а значит и эффективности циклона в плане пылеочистки. Вполне очевидно, что сопротивление циклона и его эффективность можно регулировать и изменением числа витков винтовой вставки. Это позволяет «встраивать» циклон в необходимые габариты.

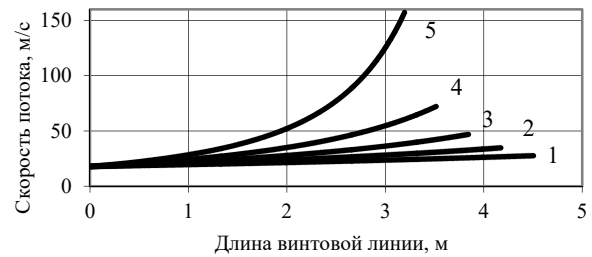


Рис. 3. Изменение скорости потока вдоль винтового канала в аэровинтовом циклоне:

1 – $\alpha=3^\circ$; 2 – $\alpha=4^\circ$; 3 – $\alpha=5^\circ$; 4 – $\alpha=6^\circ$; 5 – $\alpha=7^\circ$

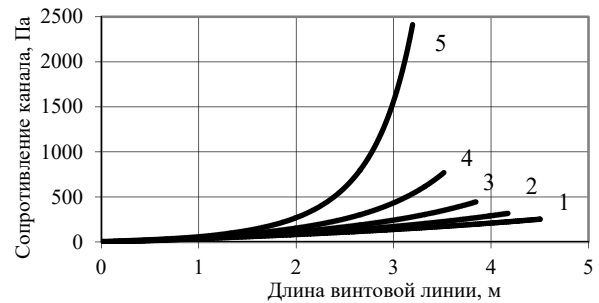


Рис. 4. Изменение аэродинамического сопротивления винтового канала в аэровинтовом циклоне:

1 – $\alpha=3^\circ$; 2 – $\alpha=4^\circ$; 3 – $\alpha=5^\circ$; 4 – $\alpha=6^\circ$; 5 – $\alpha=7^\circ$

Разработанная модель расчета аэродинамического сопротивления винтового канала аэровинтового циклона позволяет рационально подходить к определению его геометрических параметров и выбору режимов движения аэродисперсного потока. Проведенные лабораторные испытания аэровинтового циклона на продуктах зернопереработки (мука различных сортов) показали вполне удовлетворительную сходимость с результатами расчетов аэродинамического сопротивления, а также подтвердили возможность использования винтовой вставки, формирующей конфузорный винтовой канал, для повышения эффективности пылеочистки. На лабораторных стендах эффективность пылеочистки достигала 99,9 %. Дальнейшие исследования направлены на формирование базового варианта аэровинтового циклона-сепаратора, обеспечивающего высокую эффективность пылеочистки, компактные габариты и приемлемое аэродинамическое сопротивление.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-48220056

Список литературы

1. Патент 2442662 Российская Федерация, 2010122775/05. Аэровинтовой циклон-сепаратор / В.Л. Злочевский; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ); заявл. 03.06.2010; опубл. 20.02.2012. – 7 с.
2. Патент 2511120 Российская Федерация, 2012140588/03. Способ пневмофракционирования дисперсных материалов и очистки технологического воздуха / В.Л. Злочевский; заявитель и патентообладатель В.Л. Злочевский; заявл. 21.09.2012; опубл. 06.02.2014. – 9 с.
3. Мисюля, Д.И. Сравнительный анализ технических характеристик циклонных пылеуловителей / Д.И. Мисюля, В.В. Кузьмин, В.А. Марков // Труды БГТУ. – 2012. – № 3: Химия и технология неорганических веществ. – С. 154–163.
4. Hoffman, A.C. Gas Cyclones and Swirl Tubes. Principles, Design, and Operation / A.C. Hoffman, L.E. Stein // Second edition. – 2007. – P. 448.
5. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков [и др.]; Под общ. ред. А.А. Русанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1983. – 312 с.
6. Малис, А.Я. Пневматический транспорт для сыпучих материалов / А.Я. Малис, М.Г. Кастровых. – М., 1985. – 344 с.
7. Штокман, Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / Е.А. Штокман. – М., 2001. – 564 с.
8. Gil, A. Modeling the gas and particle flow inside cyclone separators / A. Gil, C. Cortes // Progress in energy and combustion science. – 2007. – Vol. 33. – № 5. – P. 409–452.
9. Злочевский, В.Л. Анализ формирования аэропотока в циклоне / В.Л. Злочевский, К.А. Мухопад // Южно-Сибирский научный вестник. – 2015. – № 4. – С. 5–13.
10. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа. – 7-е изд., испр. – М., 2003. – 840 с.

References

1. Zlochevskiy V.L. *Aerovintovoy tsiklon-separator* [Aerovolt cyclone-separator]. Patent RF, no. 2442662, 2012.
2. Zlochevskiy V.L. *Sposob pnevmofraktsionirovaniya dispersnykh materialov i ochistki tekhnologicheskogo vozdukh* [The method of pneumatic fractionation of particulate materials and purification of process air]. Patent RF, no. 2511120, 2014.
3. Misyulya D.I., V. Kuz'min V.V., Markov V.A. Sravnitel'nyy analiz tekhnicheskikh kharakteristik tsiklonnykh pylouloviteley [Comparative analysis of technical characteristics of cyclone dust collectors]. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 3, pp. 154–163.
4. Hoffman A.C., Stein L.E. *Gas Cyclones and Swirl Tubes. Principles, Design, and Operation*. 2nd ed. Berlin Heidelberg: Springer Publ., 2007. 448 p.
5. Rusanova A.A. (ed.), Birger M.I., Val'dberg A.Yu., Myagkov B.I. et al. *Spravochnik po pyle- i zoloulavlivaniyu* [Handbook of dust and ash collecting]. 2nd ed. Moscow: Energoatomizdat Publ., 1983. 312 p.
6. Malis A.Ya., Kastornykh M.G. *Pnevmaticheskii transport dlya sypushikh materialov* [Pneumatic transport for bulk materials]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1985. 344 p.
7. Shtokman E.A. *Ventilyatsiya, konditsionirovanie i ochistka vozdukh na predpriyatiyakh pishchevoy promyshlennosti* [Ventilation, air conditioning and air purification at food industry enterprises]. Moscow: ASV Publ., 2001. 564 p.
8. Cortes C., Gil A. Modeling the gas and particle flow inside cyclone separators. *Progress in energy and combustion science*, 2007. vol. 33, no. 5, pp. 409–452. DOI: 10.1016/j.peccs.2007.02.001.
9. Zlochevskiy V.L., Mukhopad K.A. Analiz formirovaniya aeropotoka v tsiklone [The analysis of the formation of airflow in the cyclone]. *Yuzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik* [South-siberian scientific bulletin], 2015, no. 4, pp. 5–13.
10. Loytsyanskiy L.G. *Mekhanika zhidkosti i gaza* [Mechanics of liquid and gas] 7th ed.. Moscow: Drofa Publ., 2003. 840 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Злочевский, В.Л. Аэродинамическое сопротивление винтового канала в циклоне-сепараторе / В.Л. Злочевский, К.А. Мухопад // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 102–107.

Zlochevskiy V.L., Mukhopad K.A. Aerodynamic drag of the screw channel in the cyclone-separator. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 102–107 (In Russ.).

© Злочевский Валерий Львович

д-р техн. наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел.: +7 (3852) 63-15-80, e-mail: zlv1@mail.ru

© Мухопад Константин Алексеевич

старший преподаватель кафедры теоретической механики и механики машин, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 56038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел.: +7 (3852) 67-05-75, e-mail: mka01@yandex.ru

© Valery L. Zlochevskiy

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Honored Inventor of the Russian Federation, Polzunov Altai State Technical University, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia, phone: +7 (3852) 63-15-80, e-mail: zlv1@mail.ru

© Konstantin A. Mukhopad

Senior lecturer of the Department of Theoretical Mechanics and Mechanics of Machines, Polzunov Altai State Technical University, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia, phone: +7 (3852) 67-05-75, e-mail: mka01@yandex.ru

УДК 664.8.037.1:635

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ОВОЩНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ

И.А. Короткий, Г.Ф. Сахабутдинова*, А.В. Шафрай

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: 89235202979@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 17.05.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Комбинированный способ замораживания сочетает в себе конвекционное подмораживание продукта и контактное последующее домораживание на охлаждаемой металлической плите. Способ применяется для замораживания овощных полуфабрикатов, предварительно расфасованных в вакуумную упаковку. Достоинства комбинированного способа заключаются в отсутствии усушки продукта, потери ароматических свойств, уменьшении температурных колебаний в ходе процесса, щадящие условия работы на фасовочно-упаковочном участке. Важной характеристикой процесса замораживания является его продолжительность. Целью работы являлось определение рациональных технологических параметров замораживания комбинированным способом при производстве овощных полуфабрикатов. Предсказание продолжительности замораживания является наиболее сложной задачей в теплофизике, так как присутствует множество параметров, оказывающих влияние на протекание процесса замораживания. В статье представлены результаты исследования, выявляющие степень влияния температуры внутри скороморозильной камеры, скорости движения воздуха и толщины слоя продукта в упаковке, закладываемого на замораживание. В результате проведенных исследований доказано, что на продолжительность замораживания овощной смеси оказывают большее влияние значение температуры в камере t , толщина замораживаемого продукта δ и совместное влияние t - δ . При помощи программы Statistica в результате обработки экспериментальных данных продолжительности замораживания получена математическая регрессионная модель, способная с высокой точностью предсказать длительность процесса замораживания. Значения относительной погрешности между данными, полученными экспериментально, и предсказанными данными составили менее 5 %.

Ключевые слова. Овощные полуфабрикаты, продолжительность замораживания, параметры замораживания, уравнения регрессии, регрессионный анализ

ANALYSIS OF PARAMETERS INFLUENCING PERIOD OF VEGETABLE SEMI-FINISHED PRODUCTS FREEZING WITH COMBINED METHOD

I.A. Korotkiy, G.F. Sahabutdinova, A.V. Shafrai

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

*e-mail: 89235202979@yandex.ru

Received: 17.05.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. The combined method of freezing combines the product convective freezing and subsequent contact storage on a cooled metal plate. This method is used to freeze vegetable semi-finished products that have been pre-packed in a vacuum package. Advantages of the combined method are the absence of product shrinkage, loss of aromatic properties, and reduction of temperature fluctuations during the process, sparing operating conditions in the packing area. Freezing period is an important characteristic of the process. The prediction of the freezing period is the most difficult task in thermophysics, since there are many parameters affecting the freezing process. The article presents the results of the research revealing the degree of temperature influence inside the freezing chamber, the rate of air movement and the layer thickness of the product to be frozen in the package. It has been proved that the freezing period of the vegetable mix is more influenced by the temperature in the chamber t , the thickness of the frozen product δ and the joint influence of t - δ . Using the Statistica program for processing the experimental data on the freezing period a mathematical regression model has been obtained, which can predict the freezing period with high accuracy. The relative error between the experimentally obtained data and the predicted ones is less than 5%.

Keywords. Vegetable semi-finished products, freezing period, freezing parameters, regression equations, regression analysis

Введение

Для замораживания овощных полуфабрикатов применялся комбинированный способ, заключаю-

щийся в сочетании конвективного подмораживания вакуумированной порции смеси в упаковке и последующего контактного домораживания с одновре-

менным обдувом потоком воздуха. Подмораживание осуществляется на металлической решетке с принудительным обдувом потоком восходящего воздуха, по завершению подмораживания на поверхности образуется затвердевший слой продукта толщиной 2–3 мм, что придает порции смеси дополнительную механическую прочность. Цель использования металлической решетки – исключение примерзания продукта, легкое отделение в конце процесса подмораживания, унос части влаги с поверхности упаковки потоком восходящего воздуха. Контактное домораживание происходит при переносе порции смеси на металлическую плиту. Для интенсификации процесса применяется одновременный принудительный обдув потоком воздуха в горизонтальном направлении. Благодаря предварительному подмораживанию упаковка не примерзает к плите и не повреждается при отделении от нее [1].

При замораживании комбинированном способом продукт в меньшей мере подвержен тепловому воздействию, так как отсутствуют температурные колебания вследствие того, что смесь сначала упаковывают и только потом замораживают. Качество готового полуфабриката выше благодаря использованию вакуумной упаковки, которая исключает усушку и потерю ароматических свойств овощей [2, 3]. На фасовочно-упаковочном участке предприятия, применяющего комбинированный способ замораживания, не требуется использовать искусственное охлаждение в помещении. Это позволяет создать более комфортные условия для работников, а также снизить энергетические затраты и уменьшить производственные площади [4, 5, 6].

Технологическая линия с применением комбинированного способа замораживания проиллюстрирована на рис. 1.

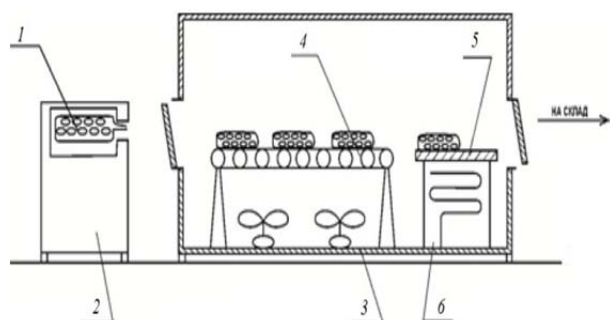


Рис. 1. Технологическая линия замораживания овощных полуфабрикатов: 1 – порция овощной смеси; 2 – вакуумная однокамерная машина; 3 – воздушный скороморозильный аппарат; 4 – решетчатый конвейер; 5 – металлическая охлаждаемая плита; 6 – контактный аппарат

Целью работы является определение рациональных технологических параметров продолжительности замораживания комбинированным способом на основе регрессионного анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований при производстве овощных полуфабрикатов.

С учетом поставленной цели решались следующие задачи.

- исследовать комбинированный способ замораживания для выявления рациональных технологических параметров продолжительности процесса;
- провести регрессионный анализ полученных данных для выявления степени влияния варьируемых параметров на продолжительность замораживания овощной смеси в упаковке;
- получить регрессионную модель, способную прогнозировать длительность процесса замораживания комбинированным способом.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования выступает комбинированный способ замораживания овощных полуфабрикатов, включающий предварительное подмораживание в потоке восходящего воздуха в течение 5 минут с последующем домораживанием на охлаждаемой плите в горизонтальном потоке воздуха.

Предмет исследования – выявление рациональных технологических параметров, влияющих на продолжительность замораживания овощной смеси в упаковке.

Результаты и их обсуждение

При замораживании поток воздуха необходим для передачи теплоты от плодовоовощной смеси к хладагенту, циркулирующему внутри воздушного скороморозильного аппарата. Увеличение скорости движения воздуха возможно за счет того, что продукт замораживается, будучи упакованным, что исключает усушку овощей. Снижение температуры внутри замораживающей камеры и увеличение скорости движения воздуха необходимо совершать с учетом затрат на получения холода, поддерживая наиболее выгодную с экономической точки зрения разницу температур. На продолжительность замораживания оказывает влияние то, какой толщины продукт находится в упаковке. Толщина продукта зависит от размеров упаковки и размеров кусочков овощей, из которых состоит смесь [7, 8]. В результате вышесказанного были выделены наиболее значимые параметры, существенно влияющие на продолжительность замораживания t , мин.

Были проведены исследования, посвященные выявлению степени влияния температуры в камере скороморозильного аппарата (t , °C), скорости движения воздуха при обдуве продукта (ω , м/с) и толщины замораживаемого слоя продукта (δ , мм) в упаковке. Плодовоовощную смесь замораживали при температурных режимах минус 30 и минус 40 °C до достижения в центре продукта температуры минус 22° C, т.к. при указанной температуре вся свободная влага в продукте подвергается кристаллизации [5, 9]. При температурном режиме минус 20 °C замораживание проводили до достижения в центре продукта температуры минус 18 °C.

В ходе проведения экспериментов температура в камере менялась от минус 40 до минус 20 °C, скорость движения воздуха – от 1 до 3 м/с, толщина продукта в упаковке в диапазоне 10–30 мм. Базовые (нулевые) точки и шаги варьирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования

Фактор	Условное обозначение	Уровни варьирования			
		Верхний уровень	Нижний уровень	Центр плана	Интервал варьирования
Температура в камере воздушного скороморозильного аппарата t , °C	t	-20	-40	-30	10
Скорость движения воздуха ω , м/с	ω	3	1	2	0,5
Толщина слоя замораживаемого продукта δ , мм	δ	30	10	20	5

В ходе исследования требовалось установить силу зависимости, а также смоделировать уравнение для определения количественных значений факторов, влияющих на продолжительность замораживания овощной смеси. За зависимый параметр взята продолжительность замораживания. За независимые переменные были взяты температура в камере, скорость движения воздуха и толщина слоя замораживаемого продукта.

Анализ проводился в программе Statistica 8 с помощью модулей «Промышленная статистика», «Нелинейное оценивание» и «Общие регрессионные модели». Полученная в ходе статистического анализа модель классифицирована как аналитическая эмпирическая статическая стохастическая нелинейная математическая модель [10].

Наилучшая модель получена с помощью инструмента «Регрессия поверхности смеси» модуля «Общие регрессионные модели».

Таблица 2

Оценка модели

Зависимая переменная	R	R ²	F	p
τ	0,9985	0,9972	2559,316	0,00

В табл. 2 приведены оценки модели. Коэффициент корреляции (R), равный 0,998, практически приблизился к единице, что говорит о сильной зависимости выходной переменной от входных переменных. Близость коэффициента корреляции к единице показывает приближение корреляционной связи к функциональной. Коэффициент детерминации (R²) данной модели, равный 0,997, также близок к единице. Из этого следует, что доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью зависимости, равна 99,7 %. F-критерий Фишера имеет достаточно большое значение (F = 2559,316), чтобы утверждать, что модель является адекватной и может быть использована для принятия решений к осуществлению прогнозов. Рассматриваемая модель является статисти-

чески значимой, т.к. p-уровень составляет 0 %. Это показывает, что модель с вероятностью 0,00 будет являться лишь случайным совпадением для данной выборки.

В табл. 3 приведены коэффициенты регрессии модели. Статистическая значимость (p-уровень) у всех коэффициентов низкая, в пределах тысячных долей процентов, лишь у одного коэффициента она составляет 1,56 %, что также является малым значением. Это показывает, что каждый найденный коэффициент с вероятностью, равной соответствующему ему p-уровню, будет говорить, что найденная зависимость является лишь случайной особенностью данной выборки. Аналогичные результаты отображает t-критерий Стьюдента. У всех коэффициентов он достаточно высок, что говорит о высокой статистической значимости этих коэффициентов. В соответствии с этим оценены коэффициенты β . Данный коэффициент оценивает меру чувствительности одной переменной к другой переменной. Это означает, что наиболее чувствительным для значения продолжительности τ будет влияние t , t^2 , δ и совместное влияние $t-\delta$, причем все факторы дают прямо пропорциональную зависимость. Чувствительность остальных факторов менее существенна, но значительно выше нуля.

Таблица 3

Коэффициенты модели

Эффект	Коэффициент	t	p	β
Свободный член	162,6076	13,8474	0,000000	
t	10,3762	17,8248	0,000000	1,31125
t ²	0,1674	18,5626	0,000000	1,27513
ω	-25,3404	-5,1032	0,000003	-0,27732
ω^2	4,3754	4,3055	0,000057	0,19362
δ	14,3413	28,8819	0,000000	1,56952
δ^2	0,0252	2,4831	0,015613	0,11166
$t \times \omega$	-0,3104	-4,2149	0,000079	-0,13155
$t \times \delta$	0,2495	33,8786	0,000000	1,05735
$\omega \times \delta$	-0,4898	-5,7610	0,000000	-0,15629

Полученная по ходу исследования модель имеет вид:

$$y = b_0 + b_1 \times x_1 + b_2 \times x_2 + b_3 \times x_3 + b_{11} \times x_1^2 + b_{22} \times x_2^2 + b_{33} \times x_3^2 + b_{12} \times x_1 \times x_2 + b_{13} \times x_1 \times x_3 + b_{23} \times x_2 \times x_3 \quad (1)$$

Подставляя в формулу (1) коэффициенты модели из табл. 3, получаем итоговую модель, позволяющую прогнозировать значения зависимой переменной.

$$\tau = 162,6076 + 10,3762 \times t + 0,1674 \times t^2 - 25,3404 \times \omega + 4,3754 \times \omega^2 + 14,3414 \times \delta + 0,0252 \times \delta^2 - 0,3104 \times t \times \omega + 0,2495 \times t \times \delta - 0,4898 \times \omega \times \delta \quad (2)$$

Данные, полученные в ходе расчета, для лучшего восприятия представлены в виде поверхностей отклика (рис. 1–3).

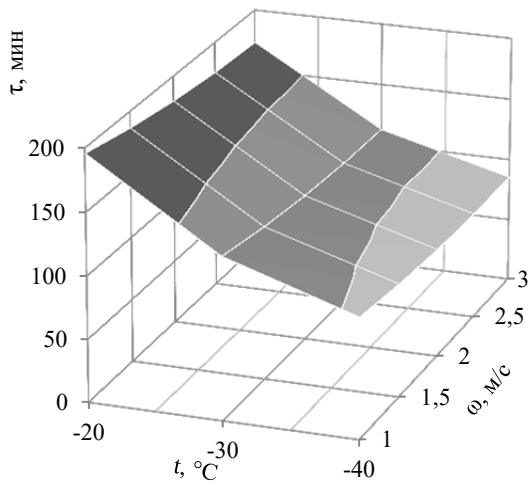


Рис. 1. Зависимость продолжительности замораживания от температуры и скорости движения воздуха в скороморозильной камере

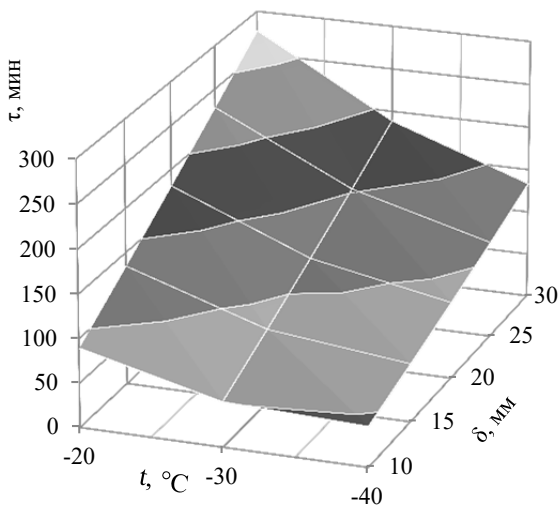


Рис. 2. Зависимость продолжительности замораживания от температуры в скороморозильной камере и толщины слоя продукта

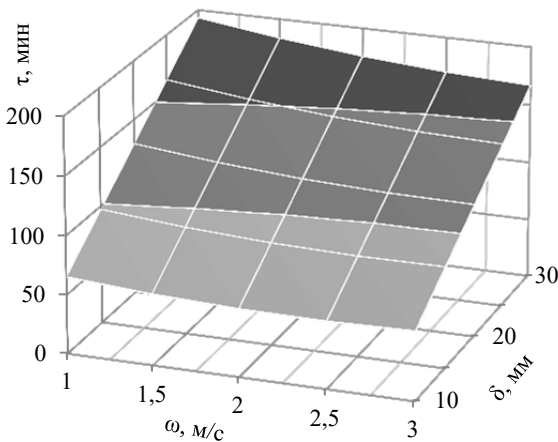


Рис. 3. Зависимость продолжительности замораживания от скорости движения воздуха в скороморозильной камере и толщины слоя продукта

Используя данную модель можно сравнить наблюдаемые значения (полученные в ходе эксперимента) зависимой переменной с предсказанными (полученные с помощью математической модели). Разницу наблюдаемых и предсказанных значений можно оценить с помощью относительной погрешности по формуле:

$$\Delta\tau = \frac{|\tau_{\text{Набл}} - \tau_{\text{Пред}}|}{\tau_{\text{Набл}}} \times 100\% \quad (3)$$

Результаты сравнения первых десяти значений продолжительности замораживания сведены в табл. 4.

Таблица 4

Сравнение наблюдаемых и предсказанных значений

№ п/п	τ, мин Наблюдаемое	τ, мин Моделируемое	Относительная погрешность, %
1.	45,67	48,11	5,33
2.	69,83	70,63	1,14
3.	95	94,41	0,62
4.	121,17	119,45	1,41
5.	148,17	145,76	1,62
6.	42,83	44,66	4,27
7.	65,5	65,96	0,70
8.	89	88,52	0,54
9.	113	112,34	0,58
10.	138	137,42	0,42

Сравнение выявило, что погрешность достаточно мала, менее 5 %, следовательно, модель можно использовать для предсказания значений зависимой переменной.

Ввиду приведенных выше рассуждений, модель, полученная в ходе исследования, может считаться адекватной и быть использована для дальнейшего тестирования.

Выводы

Были выявлены рациональные технологические параметры процесса замораживания комбинированным способом, которые оказывают наибольшее влияние на продолжительность низкотемпературной обработки овощной смеси: температура в скороморозильной камере t , толщина слоя замораживаемого продукта δ и их совместное влияние $t - \delta$. Чувствительность остальных факторов значительно выше нуля, но менее существенна.

С помощью инструментов программы Statistica была получена математическая регрессионная модель, которая позволяет предсказывать продолжительность замораживания продуктов комбинированным способом с высокой точностью. Значения относительной погрешности между экспериментальными данными и предсказанными составили менее 5 %.

Список литературы

1. Анурьева, Е.В. Замораживание плодов и овощей на флюидизационных туннелях / Е.В. Анурьева // Мороженое и замороженные продукты. – 2004. – № 12. – С. 26–28.
2. Шубина, О.Г. Низкокалорийные продукты как составляющие сбалансированного рациона питания современного человека / О. Г. Шубина, А. А. Кочеткова // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2005. – № 1. – С. 9–13.
3. Доценко, В.А. О структуре потребления продуктов питания по пищевой ценности и медико-пищевым признакам / В.А. Доценко, Д.Х. Кулев, Ю.В. Клоков // Пищевая промышленность. – 2016. – № 8. – С. 22–25.
4. Павловская, Л.М. Направления развития производства консервированных продуктов за рубежом / Л.М. Павловская // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013 – № 3 (21). – С. 18–24.
5. Короткий, И.А. Определение теплотехнических свойств компонентов плодовоовощной смеси в процессе замораживания / И.А. Короткий, Г.Ф. Сахабутдинова, М.И. Ибрагимов // Техника и технология пищевых производств, 2016. – Т. 40. – № 1. – С. 81–86.
6. Korotkiy, I.A. Analysis of the energy efficiency of the fast freezing of blackcurrant berries / I.A. Korotkiy // Foods and Raw Materials. – 2014. – No. 2. – pp. 3–14.
7. Григорьева, Р.З. Анализ способов и разработка технологии производства картофельных полуфабрикатов / Р.З. Григорьева, А.Ю. Просеков // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 3. – С. 40–42.
8. Исследование замораживания в производстве полуфабрикатов из картофеля / А.Ю. Просеков, Р.З. Григорьева, С.Ю. Юрьева, В.А. Жданов // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 6. – С. 47.
9. Changes in functional properties of vegetables induced by high pressure treatment / P. Butza, R. Edenharderb, A. Fernándeza, H. Fistera, C. Merkela, B. Tauschera // Food Research International. – 2002. – V. 35. – No. 2–3. – pp. 295–300.
10. Dermesonlouoglou, E. Kinetic modeling of the quality degradation of frozen watermelon tissue: effect if the osmotic dehydration as a pre-treatment / E. Dermesonlouoglou, M. Giannakourou, P. Taoukis // International journal of food science and technology. – 2007. – V. 42. – No. 7. – pp. 790–798.

References

1. Anur'eva E.V. Zamorazhivanie plodov i ovoshchey na flyuidizatsionnykh tunnelyakh [Freezing fruits and vegetables on fluid tunnels]. *Morozhenoe i zamorozhennyye produkty* [Ice cream and frozen food], 2004, no. 12, pp. 26–28.
2. Shubina O.G., Kochetkova A.A. Nizkokaloriynye produkty kak sostavlyayushchie sbalansirovannogo ratsiona pitaniya sovremennogo cheloveka [Low-calorie foods as components of a balanced diet of modern man]. *Pishchevye ingredienty. Syr'e i do-bavki* [Food ingredients. Raw materials and additives], 2005, no. 1, pp. 9–13.
3. Dotsenko V.A., Kulev D.Kh., Klokov Yu.V. O strukture potrebleniya produktov pitaniya po pishchevoy tsennosti i mediko-pishchevym priznakam [On the structure of food consumption by nutritional value and medical and nutritional characteristics]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food processing industry], 2016, no. 8, pp. 22–25.
4. Pavlovskaya L.M. Napravleniya razvitiya proizvodstva konservirovannykh produktov za rubezhom [Directions for the development of the production of canned food abroad]. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii* [Food industry: science and technology], 2013, vol. 21, no. 3, pp. 18 – 24.
5. Korotkiy I.A., Sakhabutdinova G.F., Ibragimov M.I. Opredelenie teplofizicheskikh svoystv komponentov plo-doovoshchnoy smesi v protsesse zamorazhivaniya [Determination of thermophysical properties of components of fruit and vegetable mixtures in freezing]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2016, vol. 40, no. 1, pp. 81–86.
6. Korotkiy I.A. Analysis of the energy efficiency of the fast freezing of blackcurrant berries. *Foods and Raw Materials*, 2014, no. 2, pp. 3–14. DOI: 10.12737/5454.
7. Grigor'eva R.Z., Prosekov A.Yu. Analiz sposobov i razrabotka tekhnologii proizvodstva kartofel'nykh polufabrikatov [Analysis of methods and development of technology for the production of potato semi-finished products]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2008, no. 3, pp. 40–42.
8. Prosekov A.Yu., Grigor'eva R.Z., Yur'eva S.Yu., Zhdanov V.A. Issledovanie zamorazhivaniya v proizvodstve polufabrikatov iz kartofelya [Study of freezing in the production of semi-finished potatoes]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2006, no. 6, pp. 47.
9. Butz P., Edenharderb R., Garciaa A.F., Fistera H., Merkela C., Tauschera B. Changes in functional properties of vegetables induced by high pressure treatment. *Food Research International*, 2002, vol. 35, no. 2–3, pp. 295–300. DOI: 10.1016/S0963-9969(01)00199-5.
10. Dermesonlouoglou E., Giannakourou M., Taoukis P. Kinetic modelling of the quality degradation of frozen watermelon tissue: effect of the osmotic dehydration as a pre-treatment. *International journal of food science and technology*, 2007, vol. 42, no. 7, pp. 790–798. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01280.x.

Дополнительная информация / Additional Information

Короткий, И.А. Анализ параметров, влияющих на продолжительность замораживания овощных полуфабрикатов комбинированным способом / И.А. Короткий, Г.Ф. Сахабутдинова, А.В. Шафрай // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 108–113.

Korotkiy I.A., Sakhabutdinova G.F., Shafrai A.V. Analysis of parameters influencing period of vegetable semi-finished products freezing with combined method. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 108–113 (In Russ.).

© **Короткий Игорь Алексеевич**

д-р техн. наук, профессор, декан заочного факультета, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 73-43-44, e-mail: krot69@mail.ru

© **Сахабутдинова Гульнар Фигатовна**

аспирант, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: 89235202979@yandex.ru

© **Шафрай Антон Валерьевич**

канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: shafraia@mail.ru

© **Igor' A. Korotkiy**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Dean of the Correspondence Faculty, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 73-43-44, e-mail: krot69@mail.ru

© **Gul'nar F. Sakhabutdinova**

Postgraduate Student, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: 89235202979@yandex.ru

© **Anton V. Safrai**

Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer of the Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: shafraia@mail.ru



СПОСОБ ОЧИСТКИ ЗЕРНА АМАРАНТА ОТ ПРИМЕСЕЙ

Н.А. Шмалько^{1,*}, С.О. Смирнов²

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

²ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности»,
107553, Россия, Москва, ул. Б. Черкизовская, 26А

*e-mail: na.shmalko@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 17.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Статья посвящена вопросу разработки способа очистки зерна амаранта от примесей для его подготовки к размолу в муку пищевого назначения. Способ воздушно-ситовой очистки зерна амаранта учитывает крупность и содержание отдельных фракций, отличающихся по размеру, но не по цвету, что ухудшает качество продуктов размола. В целях совершенствования указанного способа зерновую массу амаранта подвергали комплексной поэтапной очистке, включая проведение пневмокласификации и фотосепарирования. Объектом исследования явилась зерновая масса амаранта сортов «Ультра», «Харьковский», «Шунтук», «Лидер», «Валентина», «Факел», «Каракула» посевного качества с отклонениями от базисных кондиций по засоренности (т.е. степенью очистки от примесей не более 98,0 %) для поступления на мукомольное производство. Разделение зерновой массы амаранта на компоненты (зерно, коробочки, плодовые оболочки, семена дикорастущего амаранта (ширицы)) осуществляли на пневмокласификаторе с замкнутым циклом воздуха ЗЦВ по аэродинамическим свойствам, фотосепарирование зерновой массы амаранта производили на промышленном фотосепараторе ОПТИМА компании ООО «СиСорт (CSort TM)». Результаты исследований показывают, что проведение комплексной очистки зерна амаранта от примесей с внедрением фотосепарирования на участке вторичной очистки зерновой массы, калиброванной по размеру, перед проведением обработки ее поверхности позволит повысить качество зерна (при степени очистки более 99,8 %) с посевного до товарного, т.е. пригодного для переработки в муку пищевого назначения.

Ключевые слова. Зерно амаранта, пневмокласификация, фотосепарирование, мука пищевого назначения

METHOD FOR CLEANING AMARANTH SEEDS FROM IMPURITIES

N.A. Shmalko^{1,*}, S.O. Smirnov²

¹Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia

²Research Institute the baking industry,
26A, B. Cherkisovskaya Str., Moscow, 107553, Russia

*e-mail: na.shmalko@yandex.ru

Received: 17.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. The article is devoted to the development of a method for cleaning of amaranth seeds from impurities to prepare them for grinding into food grade flour. The method of air-sieve cleaning amaranth grain takes into account the size and content of individual fractions that differ in size but not in color, which worsens the quality of the grinding products. In order to improve this process the amaranth grain has been subjected to a complex step-by-step cleaning, including pneumo classification and photo separation. The object of the study is the grain mass of "Ultra", "Har'kovskij", "Shuntuk", "Lider", "Valentin", "Fakel", "Karakula" amaranth varieties of seed quality with deviations from the baseline conditions of contamination (i.e., from impurities not more than 98.0%) for admission to flour production. Separation of grain mass of amaranth into the components: grain, boxes, fruit shells, and wild amaranth seeds has been carried out using a pneumatic classifier with a closed H3CB air cycle for aerodynamic properties. Photo separation of amaranth grain has been done using an industrial OPTIMA separator of the "SiSort (CSort TM)" company. The results show that complex cleaning of amaranth seeds from impurities with the introduction of photo separation at the secondary grain mass treatment section, calibrated to size before its surface processing allow us to improve grain quality (with a purification degree more than 99.8%) from inoculums to commercial, i.e. suitable for processing into food flour.

Keywords. Amaranth grain, pneumo classification, photo separation, food flour

Введение

На мукомольных предприятиях оперируют с различными зерновыми смесями и продуктами переработки зерна, имеющими различный видовой и

гранулометрический состав. Все эти смеси представляют собой сыпучие тела, состоящие из целых зерен или частей их и других органических и минеральных включений. Зерновые смеси, поступающие

для переработки в муку, состоят из зерна основной культуры и различных примесей. Примеси, засоряющие зерновые смеси, состоят из: сорной (в том числе минеральной и вредной), зерновой и металломагнитной примеси. Сильная засоренность зерна ухудшает мукомольные и хлебопекарные качества муки, придает хлебу неприятный вкус и темный цвет. Употребление зерновых продуктов питания, которые содержат в себе вредную примесь (куколь, спорынья, горчак и др.) более установленного стандартом качества, приводит к отравлению организма человека и животных. Принципиальная схема технологического процесса переработки зерна на мельничных предприятиях включает участок первичной очистки зерновой смеси при приеме для распределения и хранения, а также участок вторичной очистки зерновой смеси от примесей и мелкого (щуплого) зерна перед проведением обработки поверхности сырья [1].

В России согласно ГОСТ Р ИСО 5526-2015 [2] амарант классифицируют как продовольственную культуру, что обуславливает целесообразность проведения научных исследований с целью определения возможностей его использования в производстве пищевой продукции [3, 4]. Действующий на территории РФ стандарт ГОСТ 28636-90 «Семена малораспространенных кормовых культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия» [5] распространяется на предназначенные для посева семена амаранта аргентинского (щирицы) *Amaranthus argentinica* L.: амаранта белого – *A. albus* L., амаранта индийского – *A. indica* L., амаранта кровавого (багряного, метельчатого) *A. cruentus* L. *Syn. A. paniculatus* L., амаранта мангостанового (трехцветного) – *A. mangostanus* L. *Syn. A. tricolor*.

В документе указаны технические требования по сортовой чистоте семян амаранта аргентинского (щирицы) и по видовой чистоте семян амаранта белого и кровавого, согласно которым посевной материал делят на три категории I, II, III по чистоте в процентах: 98,0; 95,0; 90,0 для амаранта аргентинского (щирицы), амаранта белого; 98,0; 92,0; 90,0 для амаранта кровавого (багряного, метельчатого). Содержание семян сорных растений в семенном материале при влажности 12,0 % в процентах регламентируется не более: 2,0 для амаранта аргентинского (щирицы), амаранта белого, амаранта кровавого (багряного, метельчатого); 1,0 для амаранта индийского, амаранта мангостанового (трехцветного).

Зерно амаранта с отклонениями от базисных кондиций по засоренности до поступления на мукомольное производство должно подвергаться соответствующей очистке и сортированию. Целью данной работы является разработка способа очистки зерна амаранта от примесей для переработки в муку пищевого назначения.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования послужила зерновая масса амаранта сортов «Ультра», «Харьковский», «Шунтук», «Лидер», «Валентина», «Факел», «Ка-

раула» посевного качества для определения состава примеси и способов ее удаления. Зерновую массу амаранта подвергали комплексной поэтапной очистке, включая проведение пневмокласификации и фотосепарирования. Разделение зерновой массы амаранта на компоненты (зерно, коробочки, плодовые оболочки, семена щирицы) осуществляли на пневмокласификаторе с замкнутым циклом воздуха ЗЦВ по аэродинамическим свойствам [6].

Скорость витания компонентов зерна определяли по формуле

$$V_B = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H_d}{\gamma}}, \quad (1)$$

где γ – удельный вес воздуха, кг/м³ (при атмосферном давлении 760 мм вод. ст. и температуре воздуха 20 °С; $\gamma = 1,20$ кг/м³); g – ускорение силы тяжести (9,81 м/с²); H_d – динамическое давление, мм вод. ст. После преобразования формулы при подстановке в нее значений постоянных величин она приобретает следующий вид

$$V_B = 4,04 \cdot \sqrt{H_d}. \quad (2)$$

Средневзвешенную скорость витания компонентов зерновой массы вычисляли по формуле

$$V_{\text{ср.вз}} = \frac{V_1 \cdot P_1 + V_2 \cdot P_2 + \dots + V_n \cdot P_n}{100} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot P_i}{100}, \quad (3)$$

где V_i – скорость воздуха, при которой происходит унос частиц i -той фракции, м/с; P_i – вес частиц i -той фракции, вынесенных в осадочную камеру при скорости V_i , в % к весу навески.

Средневзвешенную скорость витания каждой увлажненной фракции определяли по формуле

$$V_{\text{ср.вз}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot P_i}{V_n \cdot P_n}, \quad (4)$$

где V_i – скорость воздуха при i -той продувке, м/с; P_i – вес продукта, выделившегося в разгрузитель при i -той продувке, г.

Фотосепарирование зерновой массы амаранта было произведено на промышленном оборудовании [7] компании ООО «СиСорт (CSort ТМ)» (Россия: г. Барнаул, г. Краснодар).

Результаты и их обсуждение

В результате проведения экспериментов получены вариационные кривые скоростей витания компонентов зерновой массы (рис. 1) и рассчитаны средневзвешенные скорости их витания (табл. 1). Предварительное фракционирование зерновой массы амаранта по размеру частиц показало, что наибольшее распространение в ней (до 36,0 %) имеют зерновки размером 1,2 мм в диаметре. Вариационные кривые скоростей витания зерна сорта «Ультра», семян щирицы и щуплых зерен накладываются друг на друга, что свидетельствует о сложности разделения данных компонентов зерновой массы, используя только значения их скоростей витания.

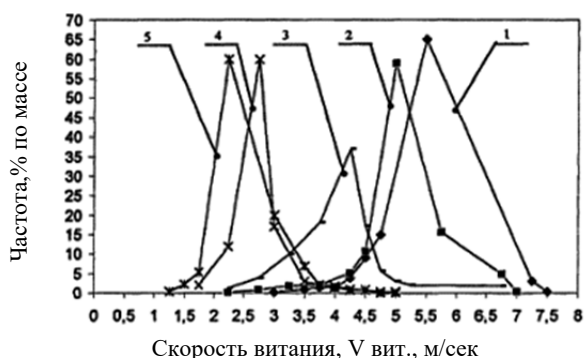


Рис. 1. Вариационные кривые скоростей витания компонентов зерновой массы амаранта [8]:

- 1 – зерно; 2 – семена щирицы; 3 – щуплые зерна;
4 – крупная органическая примесь;
5 – мелкая органическая примесь

Вариационные кривые скоростей витания крупной и мелкой органической примеси в зерновой массе амаранта сливаются между собой, но не с вариационными кривыми зерна, поэтому органическая примесь может быть выделена из зерновой массы амаранта при скорости воздушного потока от 2,2 до 3,0 м/с. При повышении скорости от 3,0 до 4,2 м/с удаляется фракция неполноценного зерна, т.е. пустого или заполненного эндоспермом лишь на четверть.

Вариационная кривая трудноотделяемой фракции семян щирицы накладывается на кривые основного зерна, щуплых зерен и органической примеси. При скорости воздушного потока 4,2 м/с отделяется до 11,0 % семян щирицы при незначительной потере основного зерна, поэтому рекомендуемая скорость воздушного потока при разделении компонентов зерновой массы принята 4,5 м/с.

Таблица 1

Средневзвешенная скорость витания компонентов зерновой массы амаранта

Наименование компонентов	Сорт «Ультра»		Сорт «Харьковский»	
	Влажность, %	Средневзвешенная скорость, м/с	Влажность, %	Средневзвешенная скорость, м/с
Зерно амаранта	10,0	5,5	10,2	5,1
Семена щирицы	10,5	5,0	–	–
Щуплые зерна	9,6	4,2	10,0	3,9
Крупная органическая примесь	12,0	2,7	12,2	2,8
Мелкая органическая примесь	10,3	2,3	10,5	2,0

Определяющим фактором процесса сортирования зерновой массы является влагосодержание компонентов ее состава. Проведен анализ влияния влажности семян щирицы, органической примеси и щуплого зерна амаранта на изменение средней скорости их витания, для чего предварительно произ-

водили калибровку компонентов по ширине и толщине (табл. 2). С увеличением влажности всех компонентов зерновой массы амаранта их средневзвешенные скорости витания повышаются: в наибольшей степени фракции основного зерна, в наименьшей – у коробочек.

Таблица 2

Средневзвешенная скорость витания увлажненных компонентов зерновой массы амаранта

Сорт «Ультра»						Сорт «Харьковский»					
Зерно		Щуплые зерна		Органическая примесь		Зерно		Щуплые зерна		Органическая примесь	
W, %	V, м/с	W, %	V, м/с	W, %	V, м/с	W, %	V, м/с	W, %	V, м/с	W, %	V, м/с
8	5,5	8	4,2	8	2,7	8	5,1	8	3,9	8	2,8
10	5,6	10	4,2	10	2,7	10	5,2	10	4,1	10	2,8
12	5,7	12	4,4	12	2,7	12	5,5	12	4,2	12	2,8
14	5,8	14	4,5	14	2,8	14	5,7	14	4,4	14	2,9
16	6,0	16	4,7	16	2,9	16	5,8	16	4,5	16	3,1
18	6,2	18	4,9	18	3,0	18	6,0	18	4,7	18	3,2
20	6,4	20	5,0	20	3,1	20	6,2	20	4,9	20	3,3
22	6,7	22	5,2	22	3,2	22	6,4	22	5,0	22	3,4
24	7,0	24	5,4	24	3,3	24	6,7	24	5,2	24	3,5
26	7,2	26	5,5	26	3,4	26	7,0	26	5,4	26	3,6
28	7,5	28	5,5	28	3,5	28	7,2	28	5,5	28	3,6
30	7,5	30	5,5	30	3,5	30	7,2	30	5,5	30	3,6

С.О. Смирновым предложена классификация вредной, сорной и зерновой примесей зерновой массы амаранта. К вредной примеси относятся спорынья, головня, угрица, вязель разноцветный, горчак розовый, горчак-софора, мышатник, плевел опьяняющий, гелиотроп опушенноплодный и три-

ходесма инканум (седую), содержащие горькие ядовитые вещества для человека и животных. Характеристика вредных примесей, а также семян и плодов дикорастущих растений, наиболее часто встречающихся в партиях зерна амаранта, приведена в табл. 3.

Характеристика вредной примеси зерновой массы амаранта

Культура и сорняки	Содержание в смеси, %	Скорость витания, м/с	Толщина, мм	Ширина, мм	Длина, мм
Амарант	92,3	от 3,5 до 7,5	0,5 ÷ 1,3	0,6 ÷ 1,7	0,7 ÷ 2,0
Горчак розовый	0,4	от 3,5 до 7,5	0,7 ÷ 1,4	1,4 ÷ 2,5	2,0 ÷ 3,5
Гречишка вьюнковая	0,7	от 5,0 до 8,1	1,0 ÷ 2,0	1,8 ÷ 2,6	1,8 ÷ 2,8
Лебеда	0,5	от 2,0 до 7,0	0,5 ÷ 1,4	0,7 ÷ 1,5	0,9 ÷ 1,6
Пикульник	0,1	от 2,5 до 6,5	0,7 ÷ 1,3	1,2 ÷ 2,0	1,2 ÷ 2,5
Повилика	0,2	от 2,5 до 6,5	0,4 ÷ 1,1	0,6 ÷ 1,1	0,8 ÷ 1,3
Подмаренник цепкий	0,6	от 2,5 до 6,5	0,6 ÷ 1,2	0,6 ÷ 1,8	1,3 ÷ 2,3
Сурепка	1,0	от 6,0 до 10,0	0,9 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,6	0,9 ÷ 1,9
Черноголовка	1,0	от 2,0 до 6,0	0,5 ÷ 0,9	0,8 ÷ 1,4	1,2 ÷ 2,3
Щетинник сизый	0,9	от 4,0 до 7,0	0,5 ÷ 1,2	1,0 ÷ 1,6	1,9 ÷ 2,7
Щирица	2,0	от 3,0 до 7,0	0,5 ÷ 1,1	0,6 ÷ 1,5	0,5 ÷ 1,7
Ярутка	0,3	от 2,5 до 6,0	0,6 ÷ 1,0	1,1 ÷ 1,6	1,3 ÷ 2,3

Сорная примесь, в т.ч. минеральная, содержит частицы почвы, гальки, песка, вносимые в зерновую массу амаранта при уборке урожая, при перевозке сырья в загрязненных транспортных средствах и нарушении санитарных норм хранения на складе. Органическая примесь обусловлена содержанием в зерновой массе растительных остатков амаранта (частиц стебля, стержня, колоса, остей и цветочных пленок), покрытых пылью и зараженными болезнетворными микроорганизмами.

Очистка зерновой массы амаранта от сорной и органической примеси из зерновой массы амаранта должна производиться путем просеивания сыпучей смеси через металлотканое сито с диаметром отверстий 0,67 мм [9]. Проход такого сита содержит частицы сорной и минеральной примесей, в т.ч. семена культурных и дикорастущих растений, не отнесенных к зерновой примеси. Зерна основной культуры с испорченным ядром (эндоспермом), загнившие, заплесневевшие, обуглившиеся, поджаренные вследствие их порчи относят к сорной примеси. Внешним признаком порчи зерна является измененный цвет оболочек, при разрезе которого отмечается испорченный зародыш бурого, буро-коричневого, темно-коричневого или черного цвета.

К зерновой примеси амаранта относят зерна основной культуры, изъеденные вредителями, битые, давленные, проросшие, поврежденные самосогреванием или сушкой, шуплые и недозрелые.

Для разработки способа очистки зерновой массы амаранта от примесей произведен ситовой анализ с целью определения крупности фракций в сыпучей массе для деления зерновок по ширине. Образец исследуемой сыпучей смеси пропускали через набор сит, отверстия которых (в мм) постепенно уменьшаются: 1,60; 1,40; 1,20; 1,00; 0,85; 0,67; 0,56 (размеры отверстий сит указаны в соответствии с требованиями нормативных документов: ТУ 14-4-1374-86 «Сетки тканые для мукомольной промышленности», ТУ 17 РСФСР 62-10849-84 «Ситовые ткани из импортных моноплетей») [10].

Зерновая масса амаранта как объект дисперсионного анализа при делении на фракции по крупности (ширине зерновки) подчиняется нормальному закону распределения (рис. 2), где наибольшая вероятность значений показателя крупности распо-

лагается в области от 0,85 до 1,20 мм. Необходимым условием для фракционного разделения зерновой массы амаранта по крупности является наличие в наборе сит металлотканого сита с отверстиями ячеек размером 1,0 мм, сходом которого является ее большая часть: для фракции крупного зерна – более 40,0 %, мелкого зерна – менее 20,0 %, средней по крупности – от 20,0 % до 40,0 %.



Рис. 2. Полигоны распределения образцов зерновой массы амаранта по ширине зерновки, сгруппированных по сортам: 1 – «Ультра», 2 – «Лидер», 3 – «Шунтук», 4 – «Харьковский», 5 – «Валентина», 6 – «Факел»

Вместе с тем, в числе сорной примеси зерновой массы амаранта должна учитываться фракция «весь проход через сито с отверстиями размером 0,67 мм». К зерновой примеси относят «целые и битые зерна амаранта, прошедшие через сито с отверстиями 0,80 мм» и оставшиеся на сите с размерами ячеек 0,67 мм. В партиях зерновой массы амаранта средней и мелкой по крупности следует учитывать проход через сито с размерами ячеек 0,67 мм, в партиях крупного зерна в составе сорной примеси – через сито с размерами 0,85 мм, поэтому содержание фракции мелкого зерна в таком проходе составляет не более 0,5 %. В составе фракции, относимой к органической примеси, следует учитывать для крупного зерна весь сход сита с размерами отверстий ячеек 1,4 мм, а для зерна средней крупности и мелкого – сход сита с размерами отверстий ячеек 1,2 мм.

Ситовой анализ промышленных партий зерна амаранта показывает, что сход сита с размерами отверстий 0,85 мм составляет от 93,5 до 99,8 %. Проход через сито с размерами ячеек 0,67 мм со-

держит выполненное зерно не более 0,02 %, а фракция 0,85/0,67 мм – 0,38 %, при этом такое малое зерно в количестве от 0,45 до 0,70 % имеет удлиненную форму или является шуплым, недоразвитым «остряком» и является непригодным.

На основании вышеуказанных положений специалистами ВНИИЗ предложена технологическая линия подготовки зерновой массы амаранта к помолу в муку (рис. 3) производительностью до 1000 кг/ч (1500 т/год) с использованием серийно выпускаемого отечественного оборудования. В результате пнев-

мокклассификации зерновой массы амаранта предложено ее разделять на крупную, среднюю и мелкую фракции, полученные сходами на наборе сит с отверстиями размером, мм: 1,2 – крупная; 0,85 – средняя; 0,67 – мелкая. Зерно амаранта считается выровненным, если количество зерен крупной и средней фракции в зерновой массе составляет не менее 80,0 %. Наличие прохода через сито с отверстиями 0,67 мм указывает на содержание в зерновой массе неполноценных (шуплых, недоразвитых) зерен с большим количеством оболочек [8].

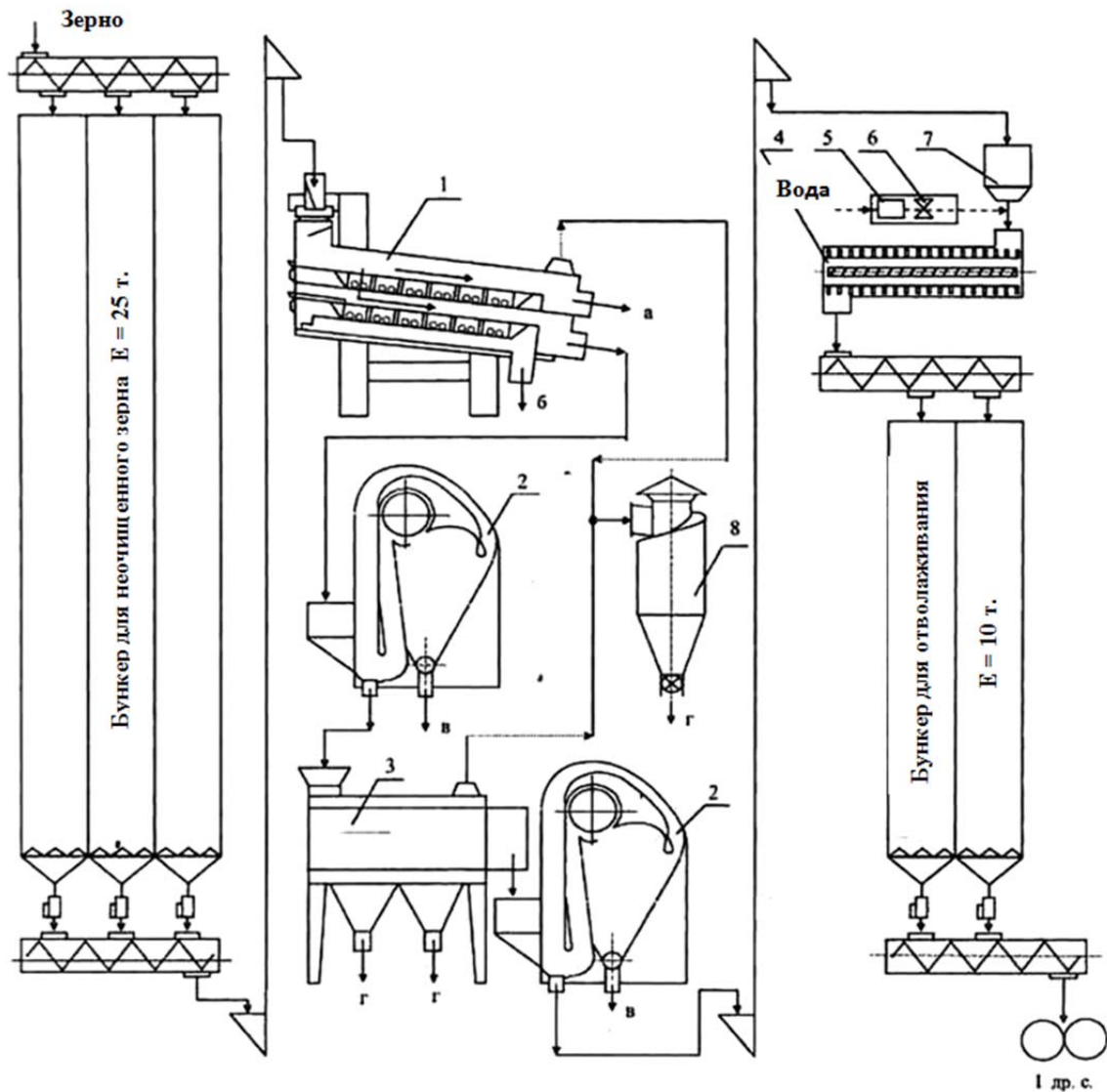


Рис. 3. Технологическая схема подготовки зерна амаранта к помолу в муку:

- 1 – сепаратор вибрационный СПВ-06; 2 – пневмосепарирующее устройство УПС-06; 3 – обоенная машина СИГ-3010; 4 – увлажнительная машина БМК; 5, 7 – расходомеры воды и зерна, соответственно; 6 – регулирующий орган; 3 – циклон-осадитель; а – крупные примеси, б – мелкие примеси, в – аспирационные отходы, г – отходы

Однако предложенный способ сепарирования зерна амаранта допускает только частичное удаление зерновой примеси [6], в т.ч. с испорченным зародышем, делая не пригодной зерновую массу для производства муки пищевого назначения. В таком случае целесообразным является проведение дополнительного сепарирования зерна амаранта по цвету, производимого с помощью фотоэлектронно-

го сепаратора, что доказано ранее на примере фракционирования поврежденного зерна пшеницы [11] и загрязненной гречневой крупы [12].

В 2007 г. в Государственный реестр селекционных достижений РФ был внесен сорт амаранта «Каракула», созданный селекционером В.В. Чумаковой в Ставропольском НИИСХ. Он относится к белосемянной форме, перспективен для использо-

вания в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности [4]. Для придания товарного качества посевному зерну амаранта сорта «Каракула», переданного на апробацию в ФГБОУ ВО «КубГТУ», Н.А. Шмалько предлагает в вышеуказанной технологической схеме подготовки зерна амаранта к помолу (рис. 3) перед проведением обработки поверхности сырья в обочной машине дополнительно устанавливать промышленный фотосепаратор (рис. 4).



Рис. 4. Схема работы промышленного фотосепаратора

Принцип действия сепаратора по цвету следующий: сортируемый продукт подается в загрузочный бункер (1), далее продвигается по вибрлотку (2) и попадает в наклонные лотки (3), в конце которых просматривается CCD камерами (4), смонтированными в передней и задней части лотков. Переданные оптической системой сигналы обрабатываются компьютерной системой контроля, после чего в пневматическую систему (5) поступает команда по отделению негодного продукта от общей массы годного продукта, продолжающего свое движение по основному патрубку (6). Негодный продукт под воздействием сжатого воздуха, выдуваемого соответствующим эжектором, меняет свое направление и попадает в патрубок для отхода, находящийся в передней части аппарата (7). В моделях с автоматической повторной сортировкой, отход или отсортированный годный продукт отправляется в один из лотков фотосепаратора, где он снова подвергается вышеописанному процессу сортировки [7].

Очистка зерна амаранта от примесей на промышленном фотосепараторе PIXEL ООО «СиСорт (CSort TM)» (Россия, г. Барнаул) с производительностью по сырью 450 кг/ч может выполняться в двух режимах: до посевного и товарного качества (рис. 5, 6). Демонстрационный пример [7] показывает, что на этапе очистки зерна амаранта до по-

севного стандарта исходный продукт (рис. 5а) очищается от примесей на 98,9 % (рис. 5б), годный продукт – на 99,81 % при норме остатков отходов: годное/негодное 1:1,5. Масса негодного продукта (рис. 5в) составила 1,19 % от исходного продукта с содержанием сорной примеси 42,31 %.

В режиме очистки зерна амаранта до товарного качества исходным продуктом служил годный продукт, полученный при очистке до посевного стандарта (рис. 6а) с содержанием сорной примеси 99,81 %, годный продукт (3б) – до 99,81 % при содержании черноокрашенных зерен не более 20 шт. в кг. Норма остатков отходов: годное/негодное 1:7. Масса негодного продукта (рис. 6в) составила 0,64 % от исходного продукта с содержанием сорной примеси 13,59 %.

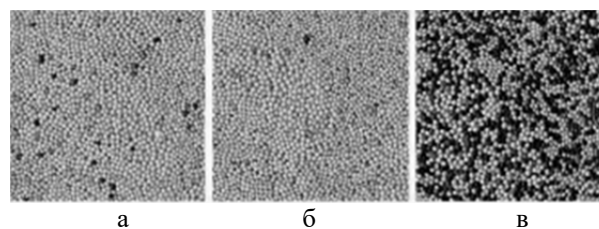


Рис. 5. Режим очистки зерна амаранта до посевного качества

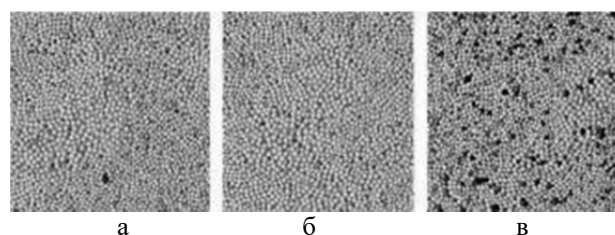


Рис. 6. Режим очистки зерна амаранта до товарного качества

Проведение очистки зерна амаранта сорта «Каракула» с посевным качеством I категории (сход сита с круглыми отверстиями 1,0 мм при предварительной калибровке составил 99,54 %) на фотосепараторе ОПТИМА ООО «СиСорт (CSort TM)» (Россия, г. Краснодар) с производительностью по сырью 450 кг/ч в указанных режимах позволило удалить не более 3,85 % отходов при возврате 17,95 % зерновой массы стандартной для посевного качества чистоты. Полагаем, что предложенный способ очистки зерна амаранта от примесей, предусматривающий проведение фотосепарирования сырья, позволит значительно улучшить товарное качество зерновой массы, предназначенной для переработки в муку пищевого назначения.

Список литературы

1. Технология переработки зерна (мукомольное, крупяное и комбикормовое производство) / Под ред. проф. Я.Н. Куприца. – М.: Колос, 1965. – 504 с.
2. ГОСТ ИСО 5526-2015 Зерновые, бобовые и другие продовольственные зерновые культуры. Номенклатура. – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
3. Амарант – продовольственная культура (происхождение, систематика, морфология, физиология, интродукция, возделывание, химический состав, сушка, хранение, переработка, применение): монография / Р.У. Уажанова, Ю.Ф. Росляков, И.М. Жаркова, Н.А. Шмалько. – Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2016. – 348 с.

4. Журавель, Н.В. Зерновой амарант – перспективная культура / Н.В. Журавель, В.В. Чумакова, В.В. Мартиросян // Достижения науки и техники АПК, 2012. – № 10. – С. 71–72.
5. ГОСТ 28636-90 Семена малораспространенных кормовых культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.
6. Смирнов, С.О. Разработка технологии разделения зерна амаранта на анатомические части и получения из них нативных продуктов: дис. ... канд. техн. наук / С.О. Смирнов. – М., 2006. – 215 с.
7. Принцип работы фотосепаратора. Режим доступа: URL: <http://www.csort.ru/technology/> (на 20.06.2017).
8. Смирнов, С. Технология очистки зерна перед помолом / С. Смирнов // Хлебопродукты. – 2006. – № 2. – С. 50–52.
9. Кольтюгина, О.В. Технологическая модель подготовки амаранта для хранения / О.В. Кольтюгина, И.Ф. Костиков // Ползуновский вестник, 2012. – № 2/2. – С. 144–148.
10. Чеботарев, О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаizzo, Я.Ф. Мартыненко. – М.: ИКЦ «МарТ», Ростов-н/Д: Изд. центр «МарТ», 2004. – 688 с.
11. Фракционирование зерна твердой пшеницы на электронном сепараторе Ф 5.1 / Р. Кандроков, В. Дулаев, А. Агеев, Е. Вакула // Хлебопродукты. – 2011. – № 8. – С. 48–49.
12. Пешков В. Фотосепаратор улучшает качество продукции / В. Пешков // Хлебопродукты. – 2011. – № 6. – С. 28–29.

References

1. Kuprits Ya.N. (ed.) *Tekhnologiya pererabotki zerna (mukomol'noe, krupyanoie i kombikormovoe proizvodstvo)* [Technology of grain processing (flour milling, groats and feed)]. Moscow: Kolos Publ., 1965. 504 p.
2. *GOST ISO 5526-2015. Zernovye, bobovye i drugie proizvodstvennye zernovye kul'tury. Nomenklatura* [State Standard ISO 5526-2015. Cereals, pulses and other food grains. Nomenclature]. Moscow: Standartinform Publ., 2016. 28 p.
3. Uazhanova R.U., Roslyakov Yu.F., Zharkova I.M., Shmal'ko N.A. *Amarant – proizvodstvennaya kul'tura (proiskhozhdenie, sistematika, morfologiya, fiziologiya, introduktsiya, vozdeleyvanie, khimicheskii sostav, sushka, khranenie, pererabotka, primeneniye)* [Amaranth is a food crop (origin, systematics, morphology, physiology, introduction, cultivation, chemical composition, drying, storage, processing, use)]. Krasnodar: KubGTU Publ., 2016. 348 p.
4. Zhuravel' N.V., Chumakova V.V., Martirosyan V.V. Zernovoy amaranat – perspektivnaya kul'tura. [Grain amaranth is a promising culture]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2012, no. 10, pp. 71–72.
5. *GOST 28636-90. Semena malorasprostranennykh kormovykh kul'tur. Sortovye i posevnye kachestva. Tekhnicheskie usloviya.* [State Standard 28636-90. Seeds of little-spread forage crops. Varietal and sowing characteristics. Specifications]. Moscow: Standartinform Publ., 2009. 12 p.
6. Smirnov S.O. *Razrabotka tekhnologii razdeleniya zerna amaranta na anatomicheskie chasti i polucheniya iz nikh nativnykh produktov. Diss. kand. tekhn. nauk.* [Development of technology for separation of grain amaranth on the anatomical parts and of obtaining from them native products. Cand. eng. sci. thesis]. Moscow, 2006. 215 p.
7. *Printsip raboty fotoseparatora* [Working principle of foto separator]. Available at: <http://www.csort.ru/technology/> (accessed 20 June 2017).
8. Smirnov S. *Tekhnologiya ochistki zerna pered pomolom* [Technology of cleaning of grain before milling]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2006, no. 2, pp. 50–52.
9. Kol'tyugina O.V., Kostikov I.F. *Tekhnologicheskaya model' podgotovki amaranta dlya khraneniya* [Technological model of preparation of amaranth storage]. *Polzunovskiy vestnik* [Polzunov Bulletin], 2012, no. 2/2, pp. 144–148.
10. Chebotarev O.N., Shazzo A.Yu., Martynenko Ya.F. *Tekhnologiya muki, krupy i kombikormov* [The technology of flour, cereals and feed]. Moscow: IKTS «MarT» Publ., 2004. 688 p.
11. Kandrokov R., Dulayev V., Ageev A., Vakula E. *Fraktsionirovaniye zerna tverdoy pshenitsy na elektronnom sепaratore F 5.1* [Fractionation of grains of hard wheat on the electronic separator f 5.1]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2011, no. 8, pp. 48–49.
12. Peshkov V. *Fotoseparator uluchshaet kachestvo produktov* [The foto separator improves the product quality]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2011, no. 6, pp. 28–29.

Дополнительная информация / Additional Information

Шмалько, Н.А. Способ очистки семян амаранта от примесей / Н.А. Шмалько, С.О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 114–120.

Shmal'ko N.A., Smirnov S.O. Method for cleaning amaranth seeds from impurities. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 114–120 (In Russ.).

© Шмалько Наталья Анатольевна

канд. техн. наук, доцент института пищевой и перерабатывающей промышленности, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: +7 (861) 255-15-98, e-mail: na.shmal'ko@yandex.ru

© Смирнов Станислав Олегович

заведующий отдела аспирантурой, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, Москва, ул. Б. Черкизовская, д. 26А, тел.: +7 (499) 161-42-74, e-mail: sts_76@bk.ru

© Natal'ya A. Shmal'ko

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Food Technology Institute, Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia, phone: +7 (861) 255-15-98, e-mail: na.shmal'ko@yandex.ru

© Stanislav O. Smirnov

Head of the Department of postgraduate studies, Research Institute the baking industry, 26A, B. Cherkisovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (499) 161-42-74, e-mail: sts_76@bk.ru

УДК 641.56 + 613.292:641.852

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ ПРОБИОТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ: ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Е.Ю. Лобач^{1,*}, Ю.Г. Гурьянов², В.М. Позняковский³, А.Н. Костин¹

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

²ООО «ЮГ»,
659304, Россия, Алтайский край, г. Бийск, ул. Граничная, 29

³ФГАОУ ВО «Южно-Уральский
государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76

*e-mail: lobach_evgenia@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 17.05.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Специализированные продукты питания, в том числе биологически активные добавки к пище (БАД), приобретают все большую востребованность на потребительском рынке, учитывая их значение в коррекции питания и здоровья современного человека. Целью работы является разработка пробиотических кондитерских изделий «Бифидопан» и «Лактопан», обогащенных бифидо- (*bifidobacterium adolescentis*), лактобактериями (*lactobacillus plantarum* и *lactobacillus acidophilus*) и аскорбиновой кислотой соответственно в количестве: бифидогум ($1 \cdot 10^{10}$ КОЕ, г/100г) – 0,5; лактогум ($1 \cdot 10^{10}$ КОЕ, г/100г) и ацидогум ($1 \cdot 10^{10}$ КОЕ, г/100г) – 0,25. Во введении отражена актуальность исследований и разработки БАД. Для реализации поставленной цели использовались общепринятые и специальные методы исследования, определенные техническим регламентом [9]. В статье отражен рецептурный состав, органолептические показатели, показатели пищевой ценности разработанной продукции. Приведены результаты исследований по показателям безопасности конфет, а также разработаны рекомендации по применению. Изучены показатели качества и безопасности: органолептические, физико-химические, санитарно-гигиенические, санитарно-токсикологические, что позволило установить пищевую ценность разработанной продукции: массовая доля аскорбиновой кислоты, мг/100 г – 900; содержание бифидобактерий (*bifidobacterium adolescentis*) (для конфет «Бифидопан») КОЕ/100г, не менее – $5,0 \cdot 10^9$; лактобактерий (*lactobacillus plantarum* и *lactobacillus acidophilus*) (для конфет «Лактопан») КОЕ/100г, не менее – $5,0 \cdot 10^8$; жиры, г/100 г (усредненные данные) – 20,5; углеводы, г/100 г (усредненные данные) – 67,3. Энергетическая ценность – 454 ккал. Указанные показатели, а также анализ участия пробиотиков в регуляции обменных процессов определяют функциональную направленность специализированных кондитерских изделий. Приведены доказательства их эффективности путем включения в рацион детей в качестве комплексной терапии хронического гастроэнтерита и желудочно-кишечных заболеваний. Установлена нормализация микрофлоры кишечника и клинических симптомов заболевания на фоне улучшения самочувствия и общего состояния организма. Показана высокая стабильность биологически активных веществ рецептуры на примере наиболее лабильного компонента – аскорбиновой кислоты, что объясняется использованием падающих технологических параметров производства, обеспечивающих незначительный уровень влажности и аэрации, предотвращающий нежелательные окислительные процессы. Даны рекомендации по нормам потребления разработанной продукции. На основании полученных материалов сделан вывод о возможности использования пробиотических конфет в качестве источника функционально активных бифидо-, лактобактерий и аскорбиновой кислоты. Специализированные продукты апробированы в условиях производства, сертифицированного в рамках требований международных стандартов серии ИСО 9001, 22000 и правил GMP, что обеспечивает стабильность их качественных характеристик и конкурентоспособность.

Ключевые слова. Кондитерские изделия «Бифидопан» и «Лактопан», пробиотический продукт, регламентируемые показатели качества, пищевая ценность, функциональная направленность

SPECIALIZED PRODUCTS OF PROBIOTIC USE: QUALITY AND FUNCTIONALITY

E.Yu. Lobach^{1,*}, Yu.G. Gur'yanov², V.M. Poznyakovskiy³, A.N. Kostin¹

¹Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

²Picsale Yug,
29, Granichnaya Str., Biysk, 659304, Russia

³South Ural State University
(national research university)
76, Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia

*e-mail: lobach_evgenia@mail.ru

Received: 17.05.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. Specialized food products including biologically active additives (BAA) are becoming increasingly in demand in the consumer market taking into account their importance for improving people's nutrition and health. The aim of the research is to develop probiotic confectionery of "Bifidopan" and "Laktopan" enriched with bifidobacteria (*bifidobacterium adolescentis*), lactobacilli (*lactobacillus plantarum* and *lactobacillus acidophilus*) and ascorbic acid in the following amount: bifidogum ($1 \cdot 10^{10}$ CFU, g / 100g) - 0.5; lactogum ($1 \cdot 10^{10}$ CFU, g / 100 g) and acidodum ($1 \cdot 10^{10}$ CFU, g / 100 g) - 0.25. The introduction reflects relevance of our research and the development of dietary supplements. To achieve this goal we used generally accepted and special research methods determined by technical regulations [9]. The article reflects the prescription composition, organoleptic indices, and nutritional value of the developed products. The results of the research on safety indices for candies are given as well as recommendations for doses of their consumption have been developed. We studied organoleptic, physical-chemical, sanitary-hygienic, sanitary and toxicology factors of quality and safety that allowed us to establish nutritional value of the developed products. The mass fraction of ascorbic acid mg / 100 g is 900; bifidobacteria (*bifidobacterium adolescentis*) (for sweets "Bifidopan") CFU / 100g is at least $5.0 \cdot 10^9$; lactic acid bacteria (*lactobacillus plantarum* and *lactobacillus acidophilus*) (for sweets "Laktopan") CFU / 100 g is at least $5.0 \cdot 10^8$; fats g / 100 g (averaged data) is 20.5; carbohydrates g / 100 g (averaged data) is 67.3. The energy value is 454 kcal. These indices as well as the analysis of probiotics participation in the regulation of metabolic processes determine the functional character of specialized confectionery products. Evidence of their effectiveness is provided by including them in the children diet as a comprehensive therapy for chronic gastroenteritis and gastrointestinal diseases. Normalization of intestinal microflora and clinical symptoms of the disease has been established against the background of improving self-awareness and general state of the body. High stability of BAA has been demonstrated by the example of the most labile component - ascorbic acid, which is explained by using gentle production process parameters that provide a slight level of humidity and aeration preventing undesired oxidation processes. Recommendations on the norms of consumption of the developed products are given. Based on the materials obtained, the conclusion on the possibility of using probiotic sweets as a source of functionally active bifido-, lactobacilli and ascorbic acid has been made. Specialized products have been tested under production conditions certified within the requirements of international standards ISO 9001, 22000 series and GMP rules, which ensures the stability of their quality characteristics and competitiveness.

Keywords. "Bifidopan" and "Lactopan" confectionery products, probiotic product, regulated quality indices, nutritional value, functional character

Введение

Разработка специализированных продуктов, в том числе биологически активных добавок к пище (БАД), – один из наиболее доступных и эффективных способов коррекции питания и здоровья современного человека. Этот вектор нутрициологии представляет как теоретическое, так и практическое значение в рамках реализации Концепции государственной политики в области здорового питания населения на период до 2020 года, Постановления Правительства РФ и Указов Президента по развитию пищевой и перерабатывающей промышленности [6–8, 10, 11].

Особую актуальность приобретают вопросы разработки новых видов пробиотической продукции [1–4]. Пробиотики представляют собой живые микроорганизмы или культивированные ими продукты, которые благотворно воздействуют на организм человека, в большей степени путем оздоровления желудочно-кишечного тракта (ЖКТ).

Впервые термин «пробиотик» употреблен Р. Паркером в 1974 г.: так были названы полезные микроорганизмы. В буквальном смысле слова это означает «для жизни», в отличие от термина антибиотик – «против жизни». Концепция оздоровления организма при помощи кисломолочных продуктов впервые была выдвинута почти 100 лет назад выдающимся русским ученым И.И. Мечниковым – микробиологом, лауреатом Нобелевской премии 1908 г. По его мнению, молочнокислые микроорганизмы способны проявлять антагонистические свойства к гнилостной микрофлоре желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), выводить ее из организма, предупреждая всасывание в кровь токсических метаболитов. Эта концепция послужила отправной точкой для практического применения acidophilных лактобацилл, других микроорганизмов с целью коррекции различных нарушений микробиоценоза человека, вызванных чрезмерным применением антибиотиков, ухудшением экологической обстановки.

гической обстановки, неправильным питанием, стрессом и др. [1, 2, 5].

На рис. 1 представлены основные направления

участия пробиотиков в поддержании гомеостаза организма, что, в целом, определяет их функциональную роль.



Рис. 1. Функциональная роль БАД-пробиотиков [5]

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использовались опытные и промышленные образцы новой группы пробиотических конфет, обогащенных бифидобактериями («Бифидопан») и лактобактериями («Лактопан»). Применяли стандартные и специальные методы исследования качества и безопасности специализированных продуктов согласно требованиям технологического регламента ТС 027/2012 по оценке качества и безопасности специализированной продукции [9].

Результаты и их обсуждение

Дана биохимическая и фармакологическая характеристика сырьевых компонентов разрабатываемой продукции, что позволило определить качественный и количественный состав их рецептуры (табл. 1). Все сырье, используемое для производства конфет, соответствует гигиеническим требованиям безопасности и сопровождается документами, подтверждающими заявленные требования.

Основные этапы производства БАД с указанием регулируемых технологических параметров представлены на рис. 2.

С учетом назначения разрабатываемой продукции впервые использована биотехнология микрокапсулирования. Бактерии заключаются в тонкую микрокапсулу, покрытую защитной оболочкой из биополимерных веществ, обеспечивающую устойчивость в кислой среде желудка и препятствующую

другим воздействиям. Ядром микрокапсулы служит каркас из природных волокон, являющийся питательной средой для бактерий. Это сохраняет свойства микроорганизмов на длительный период, включая время транспорта к месту их активной жизнедеятельности.

Таблица 1

Рецептурный состав пробиотических конфет, обогащенных бифидо- и лактобактериями

Наименование компонентов	«Бифидопан», г/ 100 г	«Лактопан», г/ 100 г
Заменитель сухого молока	75,984 (759,84) *	764,26 (76,426) *
Фруктоза кристаллическая	8,0 (80)	8,0 (80)
Бифидогум (1*10 ¹⁰ КОЕ/г)	0,5 (5,0)	
Лактогум (1*10 ¹⁰ КОЕ/гр) / Ацидогум (1*10 ¹⁰ КОЕ/гр)		0,25 (0,025)
Порошок из клубней топинамбура	5,0 (50)	5,0 (50)
Инулин «Фибрулин XL»	4,0 (40)	4,0 (40)
Аскорбиновая кислота	0,9 (9,0)	0,9 (9,0)
Ароматизатор идентичный натуральному: яблоко или малина / (клубника апельсин)	0,5 (5,0)	0,5 (5,0)
Стевиозид	0,1 (1,0)	0,1 (1,0)
Краситель натуральный хлорофилл или кармин 0002	0,024 (0,16)	0,024 (0,16)
Итого масса корпуса конфеты	- (950)	- (950)
Гуммиарабик	0,5 (5,0)	0,5 (5,0)
Мальтит	4,5 (45,0)	4,5 (45,0)
Итого масса конфеты с оболочкой	1000 (100)	1000 (100)

* – в мг/1 конф.

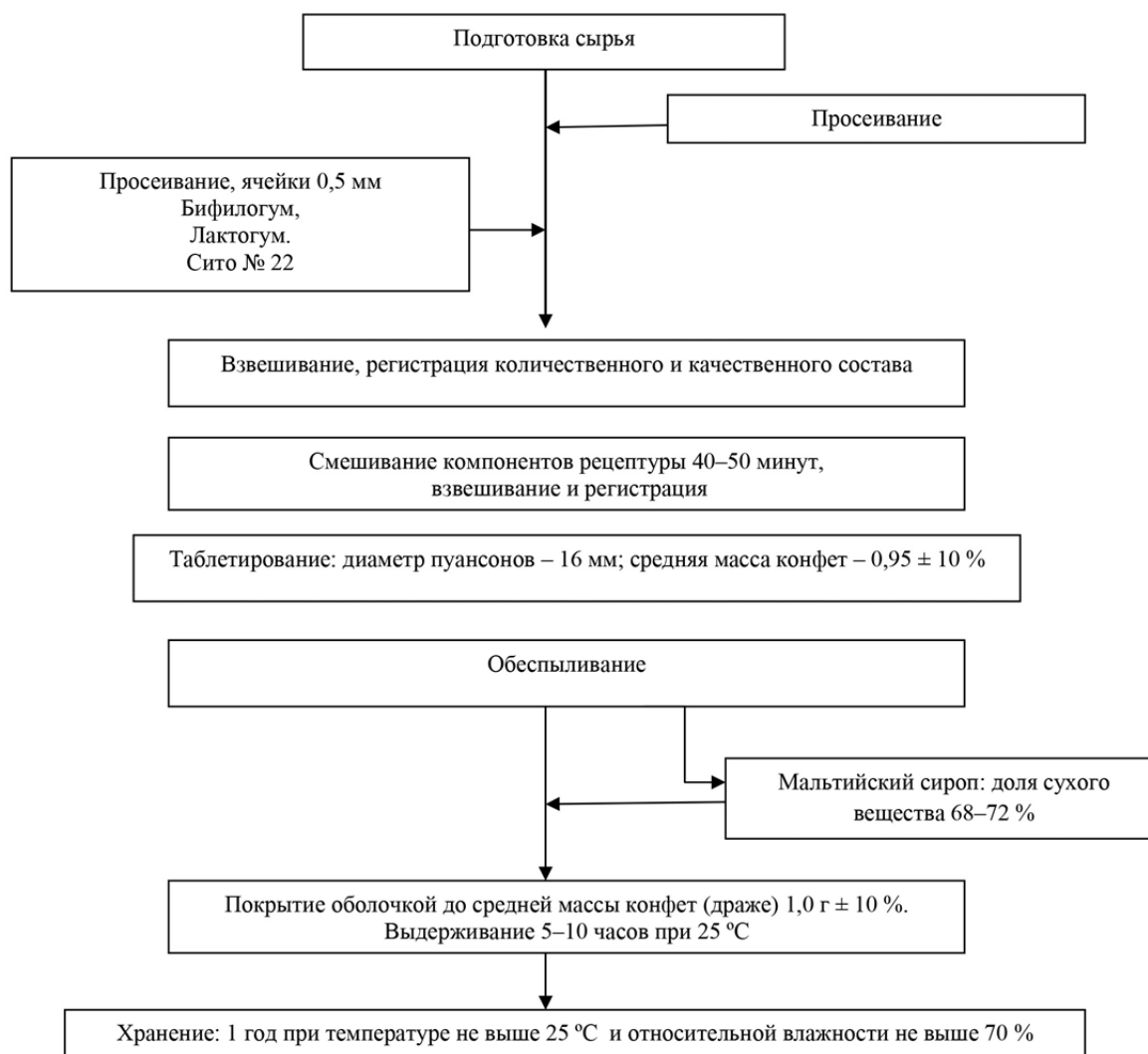


Рис. 2. Технологическая схема производства БАД, обогащенных пробиотиками

Витамины и пребиотические вещества в оптимальной дозировке повышают выживаемость полезной микрофлоры. Фермент папаин, входящий в состав каркаса, обеспечивает полноценное пищеварение в период заселения кишечника бактериями, содействуя их наилучшей приживаемости и активизации.

Следует отметить, что основные технологические операции (смешивание рецептурных компонентов и таблетирование) осуществляются при комнатной температуре, а покрытие конфет оболочкой с последующим выдерживанием – при 25 °С.

Проведены органолептические, физико-химические и микробиологические исследования в процессе производства и хранения с целью установления регламентируемых показателей качества, сроков и режимов реализации.

Продукт хранили на протяжении 15 месяцев при температуре не выше 25 °С и относительной влажности воздуха не выше 70 %. По окончании испытываемого срока определяли форму, внешний вид,

цвет, вкус и аромат, среднюю массу одной конфеты, массовые доли влаги и аскорбиновой кислоты, содержание бифидо- и лактобактерий, количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, колиформы, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, а также дрожжи и плесени. Из токсических элементов – свинец, мышьяк, кадмий, ртуть.

Установлена 100 % сохранность аскорбиновой кислоты – как одного из наиболее лабильных рецептурных компонентов, что объясняется использованием технологии микрокапсулирования, незначительным содержанием влаги (3–5 %) и практическим отсутствием аэрации в процессе изготовления, что исключает воздействия окислительных процессов. Результаты проведенных исследований позволили установить регламентируемые показатели качества разработанной продукции (табл. 2, 3).

Определены критерии физико-химических показателей: средняя масса одной конфеты, г – $1,00 \pm 10\%$; массовая доля влаги, %, не более – 6,5.

Таблица 2

Регламентируемые органолептические показатели пробиотических конфет

Наименование показателя	Содержание (характеристика /значения)
Вкус и аромат	Ясно выраженный, характерный для данного наименования, без постороннего привкуса и запаха
Цвет	Цвет согласно рецептурному составу, с темными вкраплениями
Внешний вид	Поверхность гладкая, блестящая
Форма	Круглая, двояковыпуклая, покрытая оболочкой из мальтита. Корпус таблетированный
Количество изделий, имеющих дефекты по внешнему виду и цвету, % (по массе), не более	2,0

Таблица 3

Показатели пищевой ценности пробиотических конфет

Наименование показателя	Значения
Массовая доля аскорбиновой кислоты, мг/ 100 г	900
Содержание бифидобактерий (<i>bifidobacterium adolescentis</i>) (для конфет «Бифидопан») КОЕ/100 г, не менее	$5,0 \cdot 10^9$
Содержание лактобактерий (<i>lactobacillus plantarum</i> и <i>lactobacillus acidophilus</i>) (для конфет «Лактопан») КОЕ/100 г, не менее	$5,0 \cdot 10^8$
Жиры, г/100 г (усредненные данные)	20,5
Углеводы, г/100 г (усредненные данные)	67,3
Энергетическая ценность, ккал	454

Показано, что бифидобактерии ускоряют переваривание белков, углеводов, жиров. Разрушают грубую растительную клетчатку, участвуют в синтезе и всасывании витаминов группы В, К, фолиевой и никотиновой кислот, повышают активность лизоцина, способствуют синтезу незаменимых аминокислот, уменьшению проницаемости тканевых барьеров для токсических продуктов патогенных организмов. Лактобактерии обладают способностью продуцировать антибактериальные веществ-

ва, которые препятствуют росту и уничтожают болезнетворные микроорганизмы. Бифидо- и лактобактерии активно участвуют в процессах пищеварения и всасывания, стимулируют перистальтику кишечника. Аскорбиновая кислота, обладая антиоксидантными свойствами, усиливает направленные функциональные свойства эубиотиков [12–19].

Проведены исследования по показателям безопасности разработанной продукции по окончании 15 месяцев хранения (табл. 4, 5).

Таблица 4

Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов

Наименование показателя	Значение показателя	
	Допустимый уровень	Фактическое содержание
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), КОЕ/ г, не более	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$
Масса продукта (г), в которой не допускается:	БГКП (колиформы)	0,1
	Патогенные, в том числе сальмонеллы	25
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50	23
Плесени, КОЕ/г, не более	50	28

Таблица 5

Содержание токсических элементов

Исследуемые показатели	Содержание мг/кг (для радионуклидов – Бк/кг)	
	Допустимый уровень	Фактическое содержание
Токсичные элементы	Свинец	1,0
	Мышьяк	1,0
	Кадмий	0,1
	Ртуть	0,01
		следы

Полученные материалы свидетельствуют о санитарно-гигиеническом и санитарно-токсикологическом благополучии продукции по истече-

нии 15 месяцев хранения при указанных выше условиях, что позволило определить сроки реализации – 1 год при необходимом «запасе прочности» – 3 мес.

Разработаны рекомендации по применению пробиотических конфет с учетом уровня их употребления и норм физиологических потребностей в пищевых веществах для отдельных групп населения.

Определены рекомендуемые нормы потребления для детей от 3 до 11 лет – 2–3 конфеты в день; от 11 до 14 лет – 3–4 конфеты в день; от 14 до 18 лет и взрослых – 3–5 конфет в день, что составляет 30–50 % от суточной нормы потребления витамина С, бифидо- и лактобактерий (табл. 6).

Рекомендуемая норма потребления драже, шт./сутки

Наименование обогащающего компонента	Возрастная группа	Нормы потребности, КОЕ	30-50 % от нормы, КОЕ	Содер. в 1 конфете КОЕ	Кол. конфет, шт.	Диапазон применения, КОЕ
Бифидобактерии	от 3 до 7 лет	$5 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^8 - 2,5 \cdot 10^8$	$5,0 \cdot 10^7$	2-3	$1,0 - 1,5 \cdot 10^8$
	от 7 до 11 лет				2-3	$1,0 - 1,5 \cdot 10^8$
	от 11 до 14 лет				3-4	$1,5 - 2,0 \cdot 10^8$
	от 14 до 18 лет				3-5	$1,5 - 2,5 \cdot 10^8$
	взрослые				3-5	$1,5 - 2,5 \cdot 10^8$
Лактобактерии	от 3 до 7 лет	$5 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^7 - 2,5 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^6$	2-3	$1,0 - 1,5 \cdot 10^7$
	от 7 до 11 лет				2-3	$1,0 - 1,5 \cdot 10^7$
	от 11 до 14 лет				3-4	$1,5 - 2,0 \cdot 10^7$
	от 14 до 18 лет				3-5	$1,5 - 2,5 \cdot 10^7$
	взрослые				3-5	$1,5 - 2,5 \cdot 10^7$

Установлена эффективность пробиотических продуктов на примере ацидо- и бифидобактерии в комплексной терапии хронического гастроэнтерита у детей. У 83 % больных, получивших препараты БАД, достигнут клинический эффект по сравнению с группой контроля ($P \leq 0,05$). Наблюдалось улучшение аппетита, ликвидация диспепсических симптомов (тошнота, метеоризм, рвота), исчезновение патологических примесей в стуле, его регулярность. Отмечена нормализация клинических показателей и восстановление полезной микрофлоры. Содержание лактозонегативных энтеробактерий снизилось до нормы у 95 % пациентов, общее количество кишечной палочки с нормальной ферментативной активностью у 89 %, со сниженной – уменьшилось у 18 % больных детей.

Аналогичные результаты получены при использовании пробиотических препаратов в комплексной терапии с желудочно-кишечными заболеваниями: улучшилось самочувствие, общее состояние и аппетит, исчезли боли в животе, спазмы кишечника,

ощущение дискомфорта, явление метеоризма, нормализовались характер стула и микрофлоры кишечника.

Сделано заключение, что испытанный БАД способствует получению полной ремиссии заболевания, благоприятно действуют на коррекцию микробиоценоза кишечника и является перспективным в этапной терапии детей с заболеванием желудочно-кишечного тракта [1].

Полученные материалы являются доказательством эффективности и функциональной направленности специализированных продуктов обогащенных пробиотиками.

Разработана и утверждена техническая документация, продукция производится на предприятиях компании «ЮГ» (г. Бийск) в рамках требований международных стандартов серии ИСО 9001, 22000 и правил GMP, что обеспечивает стабильность качества и соответствие заявленных показателей безопасности требованиям нормативных документов.

Список литературы

1. Австриевских, А.Н. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения: монография / А.Н. Австриевских, А.А. Вековцев, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 416 с.
2. Вековцев, А.А. Разработка, оценка потребительских свойств и эффективности пищевых продуктов и пробиотического назначения: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15: защищена 26.12.03 / Вековцев Андрей Алексеевич. – Кемерово, 2003. – 257 с.
3. Гурьянов, Ю.Г. Инновационные продукты здорового питания на основе местного сырья / Ю.Г. Гурьянов, В.М. Позняковский. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2013. – 191 с.
4. Здоровье России: атлас / Под ред. Л.А. Бокерия, 8-е изд. – М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2012. – 408 с.
5. Позняковский, В.М. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки / В.М. Позняковский, О.В. Чугунова, М.Ю. Тамова. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 143 с.
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.10.10 года №559-р «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года».
7. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.04.12 года №559-р «Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации до 2020 года».
8. Спиричев, В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология. / В.Б. Спиричев, Л.Н. Шатнюк, В.М. Позняковский; под общ. ред. В.Б. Спиричева. – 2-е изд. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 548 с.
9. Технический регламент ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического, лечебного и диетического профилактического питания».
10. 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: Изд. объедин. «Российские университеты»: «АСТШ: Кузбассвузиздат», 2006. – с. 5–10.
11. Указ Президента Российской Федерации В.В. Путина «О совершенствовании государственной политики в сфере здравоохранения» (2011 г.)

12. History, present situation, and prospects of probiotic research conducted in the G.N. Gabrichevsky Institute for Epidemiology and Microbiology / V.A. Aleshkin, A.M. Amerhanova, V.V. Pospelova, S.S. Afanasiev, B.A. Shenderov // *Microbial ecology in Health and Disease*. – 2008. – P. 113–115.
13. Chen, C.C. Probiotics and prebiotics: role in clinical disease states / C.C. Chen, W.A. Walker // *Adv Pediatr*. 2005. – P. 77–113.
14. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Updating the concept of prebiotics / G.R. Gibson, H.M. Probert, J.A.E. Van Loo, M.B. Roberfroid // *Nutr Res Rev*. – 2004. – № 17. – P. 259–275.
15. Lourens, R.M. Human Breast Milk: Current Concepts of Immunology and Infectious Diseases / R. Lourens, A. Pane // *Current Problems Pediatric and Adolescent Health Care*. – 2007. – Vol. 37, №1. – P. 27–36.
16. Martin, C. Probiotics: Role in Pathophysiology and Prevention in Necrotizing Enterocolitis / C. Martin, W. Walker // *Probiotics and NEC*. – 2008. – № 32. – P. 127–137.
17. Principles and methods of microencapsulation of probiotic microorganisms / A. Mortazavian, S.N. Razavi, M.R. Ehsani, S. Sohravandi // *Iranian J. of Biotechnology*. – 2007. – Vol. 5, № 1. – P. 3–22.
18. Tannock, G. The search for disease-associated compositional shifts in bowel bacterial communities of humans / G. Tannock // *Trends in Microbiology*. – 2005. – Vol. 16, № 10. – P. 488–495.
19. Tannock, G. What immunologists should know about bacterial communities of the human bowel / G. Tannock // *Seminars in Immunology*. – 2007. – Vol. 19, № 2. – P. 94–105.

References

1. Avstrieviskikh 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. Vekovtsev A.A. *Razrabotka, otsenka potrebitel'skikh svoystv i effektivnosti pishchevykh produktov i probioticheskogo naznacheniya. Diss. cand. tekhn. nauk* [Development, estimation of consumer properties and efficiency of food products and probiotic purpose Cand. eng. sci. thesis]. Kemerovo, 2003. 257 p.
3. Guryanov Yu.G., Poznyakovskiy V. M. *Innovatsionnye produkty zdorovogo pitaniia na osnove mestnogo syr'ia* [Innovative health food products using local raw materials]. Kemerovo, Kuzbassvuzizdat Publ., 2013. 191 p.
4. Bokeriy L.A. *Zdorovyie Rossii: Atlas* [Health Russia: Atlas], Moscow, Scientific Center for Cardiovascular Surgery A.N. Bakuleva RAMS, 2012, 408 p.
5. 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.
6. *Rasporiazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 25.10.10 goda. № 1873 – r «Osnovy gosudarstvennoi 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»]. Ros. gaz. [Russian newspaper], 2010, 3 November, no. 5328, p. 19.
7. *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.
8. Spirichev V.B., Shatniuk L.N., Poznyakovskiy V.M. *Obogashchenie pishchevykh produktov vitaminami i mineral'nymi veshchestvami. Nauka i tekhnologiya* [Enrichment of foodstuff vitamins and mineral substances. Science and technology]. Novosibirsk: Sib. Univ. Publ., 2005. 548 p.
9. *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.
10. 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 priority pitaniya, pishchevoy promyshlennosti i torgovli"* [Collection of scientific works «Modern priorities power, food industry and trade»]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat Publ., 2006, pp. 5–10.
11. *Ukaz Prezidenta RF ot 7 maya 2012 g. N 598 «O sovershenstvovanii gosudarstvennoy politiki v sfere zdavookhraneniya»* [Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2012 No. 598 «On the improvement of public health policy»].
12. Aleshkin V.A., Amerhanova A.M., Pospelova V.V., Afanasiev S.S., Shenderov B.A. History, present situation, and prospects of probiotic research conducted in the G.N. Gabrichevsky research institute for epidemiology and microbiology. *Microbial Ecology In Health And Disease*, 2008, vol. 20, no. 2, pp. 113–115.
13. Chen C.C., Walker W.A. Probiotics and prebiotics: role in clinical disease states. *Adv Pediatr*, 2005, vol. 52, pp. 77–113. DOI: 10.1016/j.yapd.2005.03.001.
14. Gibson G.R., Probert H.M., Loo J.V., Rastall R.A. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutr Res Rev*, 2004, vol. 17, no. 2, pp. 259–275. DOI: 10.1079/NRR200479.
15. Lawrence R.M., Pane C.A. Human Breast Milk: Current Concepts of Immunology and Infectious Diseases. *Current Problems Pediatric and Adolescent Health Care*, 2007, vol. 37, no. 1, pp. 7–36. DOI: 10.1016/j.cppeds.2006.10.002.
16. Martin C.R., Walker W.A. Probiotics: Role in Pathophysiology and Prevention in Necrotizing Enterocolitis. *Seminars in Perinatology*, 2008, vol. 32, no. 2, pp. 127–137. DOI: 10.1053/j.semperi.2008.01.006.
17. Mortazavian A., Razavi S.N., Ehsani M.R., Sohravandi S. Principles and methods of microencapsulation of probiotic microorganisms. *Iranian J. of Biotechnology*, 2007, vol. 5, no. 1, pp. 3–22.
18. Tannock G.W. The search for disease-associated compositional shifts in bowel bacterial communities of humans. *Trends in Microbiology*, 2008, vol. 16, no.10, pp. 488–495. DOI: 10.1016/j.tim.2008.07.005.
19. Tannock G.W. What immunologists should know about bacterial communities of the human bowel. *Seminars in Immunology*, 2007, vol. 19, no. 2, pp. 94–105. DOI: 10.1016/j.smim.2006.09.001.

Дополнительная информация / Additional Information

Специализированные продукты пробиотического назначения: показатели качества и функциональной направленности / Е.Ю. Лобач, Ю.Г. Гурьянов, В.М. Позняковский, А.Н. Костин // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 121–128.

Lobach E.Yu., Gur'yanov Yu.G., Poznyakovskiy V.M., Kostin A.N. Specialized products of probiotic use: quality and functionality. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 121–128 (In Russ.).

© **Лобач Евгения Юрьевна**

канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры маркетинга, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-61, e-mail: lobach_evgenia@mail.ru

© **Гурьянов Юрий Герасимович**

канд. техн. наук, генеральный директор компании «ЮГ», 659304, Россия, Алтайский край, г Бийск, ул. Граничная, д. 29

© **Позняковский Валерий Михайлович**

д-р биол. наук, профессор, руководитель научно-образовательного центра здорового питания и промышленных технологий, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», 454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: pvm1947@bk.ru

© **Костин Александр Николаевич**

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

© **Evgeniya Yu. Lobach**

Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer of the Department of Marketing, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: lobach_evgenia@mail.ru

© **Yuriy G. Gur'yanov**

Cand.Sci.(Eng.), Director General, Picsale Yug, 29, Granichnaya Str., Biysk, 659304, Russia

© **Valeriy M. Poznyakovskiy**

Dr.Sci.(Biol.), Professor, Head of Scientific Educational Center of healthy nutrition and industrial technologies, South Ural State University (national research university), 76, Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia, e-mail: pvm1947@bk.ru

© **Aleksandr N. Kostin**

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



УДК 537.523/ 579.678

ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ НА ПРОДУКТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

С.В. Гомбоева^{1,*}, И.И. Бадмаева¹, Б.Б. Балданов²,
Ц.В. Ранжуров², Э.О. Николаев²

¹ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления»,
670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40в

²Институт физического материаловедения СО РАН,
670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6

*e-mail: s.gomboeva@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 13.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Цель данной работы заключается в исследовании воздействия низкотемпературной (холодной) аргоновой плазмы на инактивацию микроорганизмов и возможности использования плазменной обработки продуктов растительного происхождения для увеличения сроков хранения. Для генерации низкотемпературной (холодной) аргоновой плазмы разработан источник неравновесной плазмы на основе плазменных струй слаботокового искрового разряда при атмосферном давлении в виде экспериментальной установки. Были проведены серии опытов для подбора оптимальных параметров инактивации микроорганизмов. Результаты исследования показали стерилизующую способность низкотемпературной плазмы для разных видов микроорганизмов. Так уменьшение количества бактерий наблюдается для *E. coli* при экспозиции в пределах 60 с, для *B. Subtilis*, *Aspergillus oryzae* и *Saccharomyces cerevisiae* – 300 с. Обработка продуктов растительного происхождения плазмой показала их сохранность при хранении без создания определенного микроклимата (низкие температуры) до 10-и суток у клубне- и корнеплодов и до 2-х суток – у листовой зелени с обеспечением микробиологической безопасности. Данные результаты позволяют сделать вывод об эффективности способа обработки продуктов растительного происхождения низкотемпературной плазмой для увеличения сроков их хранения.

Ключевые слова. Аргоновая плазма, плазменные струи, микроорганизмы, пищевые продукты, сроки хранения

EFFECTS OF LOW-TEMPERATURE PLASMA ON PLANT PRODUCTS

S.V. Gomboeva^{1,*}, I.I. Badmaeva¹, B.B. Baldanov², Ts.V. Ranzhurov², E.O. Nikolaev²

¹East-Siberian State University of Technology and Management,
40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia

²Institute of Physical Material Science
of the Siberian Branch of the RAS
6, Sakhyanovoy Str., Ulan-Ude, 670047, Russia

*e-mail: s.gomboeva@mail.ru

Received: 13.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. The aim of this research is to study the effect of low temperature (cold) argon plasma on inactivation of microorganisms and the potential use of plasma treatment of plant products with the purpose to increase storage time. Non-equilibrium plasma source based on plasma jets in a low-current spark discharge at atmospheric pressure has been developed as an experimental setup to generate low temperature (cold) argon plasma. Series of experiments have been conducted to select optimum parameters for inactivation of microorganisms. The results show a sterilizing ability of low-temperature plasma for different types of microorganisms. The reduction of the number of bacteria is observed for *E. coli* exposed within 60 seconds, and for *B. subtilis*, *Aspergillus oryzae* and *Saccharomyces cerevisiae* exposed within 300 sec. Products of plant origin processed with plasma demonstrate their integrity during storage without creating a specific climate (low temperature) up to 10 days for tuber and root crops and up to 2 days for leafy greens ensuring microbiological safety. These results allow us to conclude that the method of plant product processing with low-temperature plasma is effective for storage time increasing.

Keywords. Argon plasma, microorganisms, low-current spark, microorganisms, food products, storage time

Введение

Разработка эффективных методов инактивации патогенов и химических токсикантов в газах, жид-

кости и на поверхностях являются одной из важнейших проблем в медицине, промышленности и сфере защиты окружающей среды. Как правило, для

стерилизации используют сухой и влажной жар, фильтрацию, обработку радиацией и химическими биоцидами. Однако эти методы являются низкопроизводительными и дорогими, а также не всегда экологически безопасны. Другая проблема связана с повреждающим действием биопленок на промышленные материалы. Микроорганизмы, составляющие биопленки, как известно являются очень устойчивыми к обычным агентам стерилизации [1].

Особое место среди плазменных методов занимают исследования разрядов генерирующих низкотемпературную (холодную) неравновесную плазму при атмосферном давлении [2–5]. В качестве источников низкотемпературной неравновесной плазмы атмосферного давления рассматриваются различные типы газовых разрядов, среди которых можно отметить скользящий, коронный, барьерный и импульсные разряды атмосферного давления. Несмотря на широкий круг работ [6, 7], посвященных исследованиям различных характеристик разрядов, и доказанную высокую эффективность использования разрядов в биомедицинских целях в лабораторном масштабе, обработка холодной плазмой при атмосферном давлении с целью уничтожения микроорганизмов в настоящее время еще не получила широкого применения. Это связано, во-первых, с тем, что источники холодной плазмы представляют собой технически сложное оборудование с низкой экономической эффективностью, и во-вторых, для обработки биологических объектов используются разряды атмосферного давления при высоком напряжении (10–40 кВ), что требует обеспечения высокого уровня безопасности.

Цель данной работы: исследование воздействия низкотемпературной (холодной) аргоновой плазмы, генерируемой слабوتочными высоковольтными разрядами, на инактивацию микроорганизмов и изучение возможности использования плазменной обработки продуктов растительного происхождения для увеличения сроков хранения.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись продукты растительного происхождения – клубнеплоды (картофель), корнеплоды (морковь) и листовые овощи (петрушка).

Для генерации низкотемпературной (холодной) аргоновой плазмы на основе слаботочных высоковольтных разрядов использовался способ, базируемый на получении плазменных струй слаботочного искрового разряда атмосферного давления, формируемых в потоке аргона [8, 9].

Для оценки чувствительности микроорганизмов к холодной аргоновой плазме, генерируемой плазменными струями слаботочного искрового разряда, использовали методику, основанную на измерении диаметров зон поражения засеянного газона. Для этого засеивали газон тест-микроорганизма: 100 мкл рабочей суспензии вносили на чашку Петри с агаризованной средой ГРМ и тщательно растирали шпателем. Чашки с засеянным газоном помещали в газоразрядную камеру под плазменные струи. Плазменной струей подвергали чашки Петри с засеянными

микроорганизмами и затем выращивали в термостате при температуре 37 °С в течение 24 часов для бактериальных культур и 28 °С в течение 48 часов для дрожжей и мицелиальных грибов [10].

Время обработки опытных образцов овощей варьировалось от 1 до 5 минут (образец 1 – 1 мин, образец 2 – 3 мин, образец 3 – 5 минут для каждого пищевого продукта), ток разряда от 200 мкА до 1 мА, расстояние от сопла генератора до поверхности образцов равнялось 5 мм.

Гигиеническая экспертиза микробиологической флоры исследуемых объектов проводилась по показателям содержания мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и плесневых грибов (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции») по общепринятой методике.

Результаты и их обсуждение

Для генерации низкотемпературной (холодной) аргоновой плазмы разработан источник неравновесной плазмы на основе плазменных струй слаботочного искрового разряда [10–12] при атмосферном давлении в виде экспериментальной установки. На рис. 1 представлена фотография генератора холодной аргоновой плазмы на основе плазменных струй слаботочного искрового разряда.

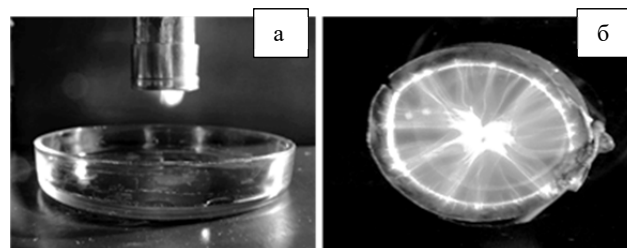


Рис. 1. Генератор холодной аргоновой плазмы на основе плазменных струй:

а – инактивация микроорганизмов в чашке Петри, б – вид разряда с торца

Время обработки чашек плазменными струями слаботочного искрового разряда варьировалось от 5 с до 5 мин. Расстояние от источника плазмы до поверхности, на которой росли микроорганизмы, составляло от 0,5 до 3 см.

Бактерицидные свойства плазменных струй слаботочного искрового разряда исследовались по воздействию на вегетативную форму штаммов *Escherichia coli*. Культура *Escherichia coli* была выращена на агаризованной богатой среде в виде газона. Опытные купоны с *Escherichia coli* подвергали воздействию плазменных струй.

Таблица 1

Режимы плазмы на воздействие *E. coli*.

Сила тока (I), мА	100	100	150	150	200
Поток газа (G_{Ar}), м ³ /ч	200	300	500	600	600
Расстояние объекта от источника плазмы (L), см	1	1	0,5	0,5	0,5
Время воздействия (t), сек	5	10	15	30	60
Зона стерильности	-	-	-	-	+

Для подбора оптимальных параметров инактивации микроорганизмов были проведены серии опытов. В табл. 1 показаны режимы воздействия при разных параметрах для *E. coli*. Полная гибель клеток грамотрицательных бактерий *E. coli* зарегистрирована через 180 с обработки на расстоянии 1 см (сила тока – 200 мкА, поток газа – 600 м³/ч).

На рис. 2 видно, что зона стерильности *Escherichia coli* составляет 3,4 см.

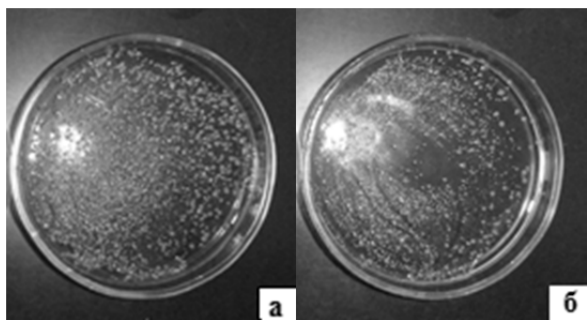


Рис. 2. *Escherichia coli*: а – контроль; б – опыт

Таблица 2

Режимы плазмы на воздействие *B. subtilis*

Сила тока (I), mA	0,5	1	1	1,5	1,5
Поток газа (G _{Ar}), м ³ /ч	600	650	700	750	750
Расстояние объекта от источника плазмы (L), см	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Время воздействия (t), с	30	30	120	120	300
Зона стерильности	-	-	-	-	+

Для грамположительных бактерий *Bacillus subtilis* инактивация низкотемпературной плазмой в отличие от *E. coli* увеличивается во времени – 300 с, уменьшении расстояния воздействия – 0,5 см, так как *B. subtilis* оказались более устойчивы к аргонной плазме (сила тока составляет 1,5 мкА, а поток газа – 750 м³/ч). В табл. 2 также представлены серии опытов для получения оптимальных параметров воздействия для *B. subtilis*.

На рис. 3 представлена зона стерильности *Bacillus subtilis*. – 2,8 мм.

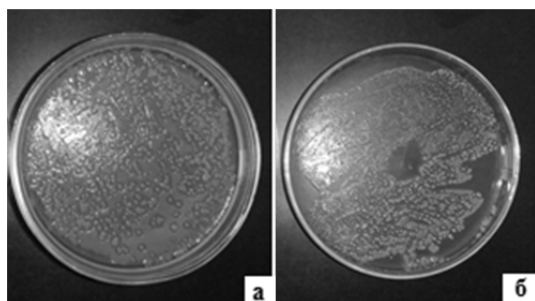


Рис. 3. *Bacillus subtilis*: а – контроль; б – опыт

Для грибов *Aspergillus Oryzae* и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* время воздействия составляет 360 с (сила тока – 1,5 мкА, поток газа – 750 м³/ч) на одинаковом расстоянии 1 см. В табл. 3 и 4 представлены серии опытов для получения оп-

тимальных параметров воздействия для *Aspergillus Oryzae* и *Saccharomyces cerevisiae* соответственно.

Таблица 3

Режимы плазмы на воздействие *Saccharomyces cerevisiae*

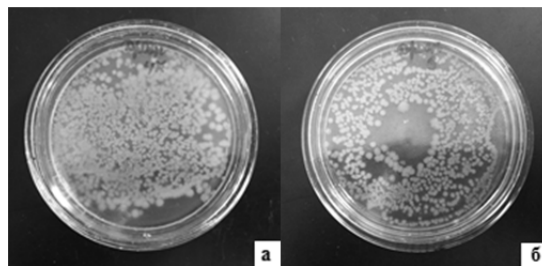
Сила тока (I), mA	0,5	1	1	1,5	1,5
Поток газа (G _{Ar}), м ³ /ч	600	650	700	750	750
Расстояние объекта от источника плазмы (L), см	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Время воздействия (t), с	30	30	120	120	300
Зона стерильности	-	-	-	-	+

Таблица 4

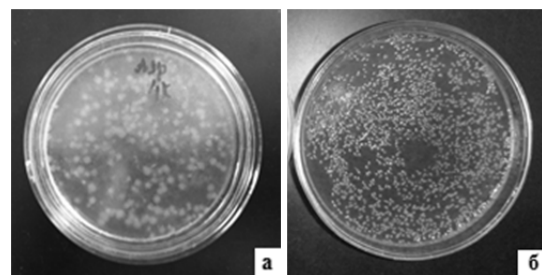
Режимы плазмы на воздействие *Aspergillus Oryzae*

Сила тока (I), mA	0,5	1	1	1,5	1,5
Поток газа (G _{Ar}), м ³ /ч	600	650	700	750	750
Расстояние объекта от источника плазмы (L), см	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Время воздействия (t), с	30	30	120	120	300
Зона стерильности	-	-	-	-	+

На рис. 4 видно, что зона стерильности у *Aspergillus Oryzae* – 4 см, у *Saccharomyces cerevisiae* – 3,1 см.



Saccharomyces cerevisiae: а – контроль; б – опыт



Aspergillus Oryzae: а – контроль; б – опыт

Рис. 4. *Saccharomyces cerevisiae* и *Aspergillus Oryzae*

Исследования показали, что уменьшение количества бактерий наблюдается для *E. coli* при экспозиции в пределах 60 с, для *B. Subtilis*, *Aspergillus oryzae* и *Saccharomyces cerevisiae* – 300 с.

В сельскохозяйственной и пищевой промышленности немаловажную роль играет сохранение урожая и пищевых продуктов растительного происхождения, в которых протекают разнообразные процессы, вызывающие изменения качества при хранении.

Овощи, в отличие от других продуктов питания, могут сохранять свои свойства достаточно дли-

тельное время при соблюдении определенных условий. Нормируемые потери в этом случае составляют до 10 %. Однако в действительности возможны отклонения температуры и влажности при хранении, а также закладка овощей с механическими повреждениями. Все это способствует увеличению микрофлоры, и как следствие – сокращение сроков хранения продуктов.

Одним из решений данной проблемы возможна предварительная обработка овощей низкотемпературной плазмой для уменьшения микробной обсемененности, способствующей порче продуктов в процессе хранения.

Обработка плазмой проводилась по площади среза у картофеля и моркови и по полной поверхности листа у петрушки. Признаки порчи фиксировали на протяжении нескольких дней хранения при температуре 20–25 °С в условиях повышенной влажности.

Экспертизу порчи органолептических показателей (внешний вид, цвет, запах) моркови и картофеля проводили визуально.

Контрольный образец картофеля начал проявлять признаки порчи на второй день появлением потемнения поверхности среза. На третьи сутки клубень начал подсыхать вследствие потери влаги. Образцы 1–3, обработанные плазмой, в течение 9 дней сохранили внешний вид без изменений, на 11 день наблюдалось незначительное потемнение и увядание клубня.

Микробиологические исследования проводились по определению общего микробного числа (ОМЧ), значение которого в контрольном образце сохранилось в пределах допустимого только в течение одних суток. К исходу вторых суток срез клубня покрылся пушистым налетом, что свидетельствует о развитии плесневых грибов. ОМЧ на третьи и пятые сутки подтверждает значительный и стабильный рост микроорганизмов, превышающий нормируемые показатели, поэтому дальнейшие исследования контрольного образца не проводили.

Образцы, обработанные плазмой, имели низкое значение ОМЧ в течение 5 суток. Микробиологическая безопасность картофеля образца 2 сохранилась до 7 суток, а образца 3 до 9 суток. На 11-е сутки у всех образцов наблюдается высокое содержание ОМЧ (рис. 5).

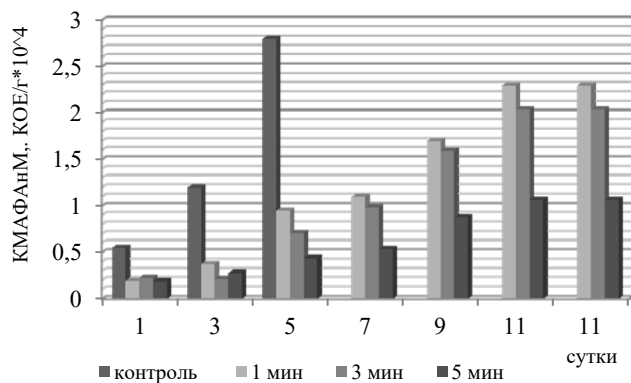


Рис. 5. Влияние режимов обработки низкотемпературной плазмой на количество микроорганизмов картофеля

Особенностями моркови, влияющими на сохранность, являются тонкие покровные ткани, низкая водоудерживающая способность, вследствие чего морковь при хранении легко увядает и поражается микроорганизмами. Наряду с этим тканям корнеплодов моркови присуща высокая воздухопроницаемость.

Результаты наблюдения показали, что контроль моркови начал портиться на 10 день (наблюдалось почернение и высыхание), а на 15 день появилась плесень. Образцы 1 и 2 сохраняли хороший внешний вид и на 15 день, тогда как в образце 3 на 14-е сутки наблюдалось почернение.

Количество микроорганизмов в контрольном и обработанных образцах моркови в течение 3 суток практически не изменялось, увеличение наблюдалось только по истечению трех суток. После 10 дней хранения рост микроорганизмов в контрольном образце превышал допустимых значений, в образце 3 – после 14 суток, тогда как в образцах 1 и 2 ОМЧ на 15-е сутки находилось пределах нормы (рис. 6).

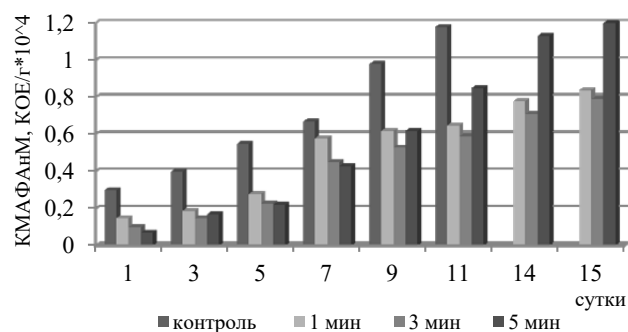


Рис. 6. Влияние режимов обработки низкотемпературной плазмой на количество микроорганизмов моркови

Из полученных результатов можно предложить обработку моркови низкотемпературной плазмой в течение 2 или 3 мин.

Обработка плазмой листьев петрушки позволило сохранить ее в первоначальном виде более длительное время, чем контроль (рис. 7).

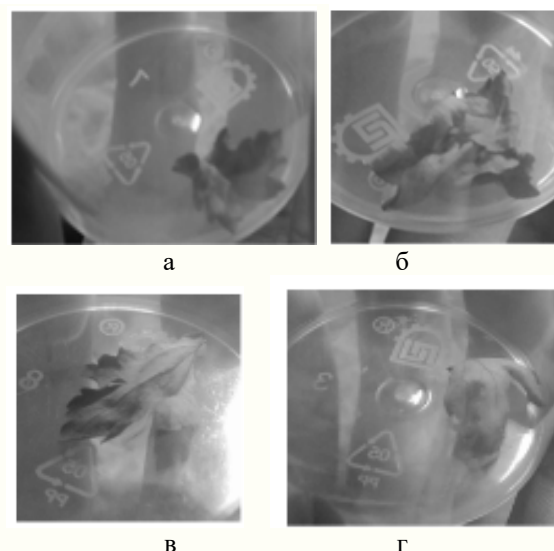


Рис. 7. Обработка листа петрушки низкотемпературной плазмой: а – образец 1; б – образец 2; в – образец 3; г – контроль

Из рис. 7 видно, что лист петрушки, обработанный в течение 5 минут, после 2 суток практически не изменил внешний вид, тогда как другие образцы повяли, а контроль еще и пожелтел, но при этом все образцы сохранили свойственный петрушке аромат.

Количество бактерий в листьях петрушки, обработанных плазмой, на 2 день составило в 3 раза меньше, чем в контроле, и в 1,2 раза меньше нормируемого показателя (ТР ТС 021/2011).

После уборки картофеля и овощей в них не прекращаются процессы жизнедеятельности и биохимические изменения, от направленности и интенсивности прохождения которых зависит лежкость продукции. Ферментативное потемнение является

одним из самых ограничивающих факторов на срок хранения овощей из-за изменения цвета. Естественная убыль массы овощей в большей степени зависит от потери воды, чем от убыли сухих веществ. Потери воды обусловлены интенсивностью прохождения как биохимических (дыхание), так и физических процессов (испарение влаги). При потере растительными клетками влаги резко снижается устойчивость их к различным микроорганизмам.

Результаты исследования показали стерилизующую способность низкотемпературной плазмы для разных видов микроорганизмов и возможность использования ее как эффективного способа обработки продуктов растительного происхождения для увеличения сроков их хранения.

Список литературы

1. Plasma medicine: an introductory review / M.G. Kong, A.V. Kroesen, G. Morfill [et al.] // *New Journal of Physics*. – 2009. – V. 11. – P. 115012.
2. Atmospheric-pressure plasma sources: Prospective tools for plasma medicine / K.D. Weltmann, E. Kindell, T. Woedtke [et al.] // *Pure Appl. Chem*. – 2010. – V. 82. – no. 6. – P. 1223–1237. DOI: 10.1351/PAC-CON-09-10-35.
3. Lu, X. On atmospheric-pressure non-equilibrium plasma jets and plasma bullets / X. Lu, M. Laroussi, V. Puech // *Plasma Sources Sci. and Technol*. – 2012. – V. 21. – no. 3. – P. 034005.
4. DC atmospheric pressure glow microdischarges in the current range from microamps up to amperes / V.I. Arkhipenko, A.A. Kirillov, Ya.A. Safronau [et al.] // *Eur. Phys. J. D*. – 2010. – V. 60. – 455 p.
5. Применение плазменной струи тлеющего разряда атмосферного давления на постоянном токе для инактивации *Staphylococcus Aureus* / А.А. Кириллов, А.В. Павлова, Е.А. Сафронов [и др.] // *Прикладная физика*, 2013. – № 5. – С. 52–55.
6. Morent R., De Geyter N. *Biomedical Engineering - Frontiers and Challenges*. Chapter 2. Inactivation of Bacteria by Non-Thermal Plasmas / *In Tech*, 2011. 374 p.
7. Machala Z., Hensel K., Akishev Yu. *Plasma for Bio-Decontamination, Medicine and Food Security* / NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology. 2012. XVII, 479 p.
8. Балданов, Б.Б. О повышении предельного тока тлеющего разряда атмосферного давления в потоке аргона / Б.Б. Балданов, Ц.В. Ранжуров // *ЖТФ*. – 2014. – Т. 84. – Вып. 4. – С. 152–154.
9. Инактивация микроорганизмов в холодной аргоновой плазме атмосферного давления / Б.Б. Балданов, Ц.В. Ранжуров [и др.] // *Вестник ВСГУТУ*. 2015. Т. 55. № 4. С. 56–60.
10. Балданов, Б.Б. Два типа токовых пульсаций слаботокового искрового разряда в неоднородном электрическом поле / Б.Б. Балданов // *ЖТФ*. – 2011. – Т. 81. – Вып. 4. – С. 135.
11. Нетрусов, А.И. *Практикум по микробиологии* / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук. – М.: Академия, 2005. – 608 с.
12. Воздействие низкотемпературной аргоновой плазмы слаботоковых высоковольтных разрядов на микроорганизмы / А.П. Семенов, Б.Б. Балданов [и др.] // *Прикладная физика*. – 2014. – № 3. – С. 47–49.

References

1. Kong M.G., Kroesen G., Morfill G., Nosenko T., Shimizu T., Dijk J. van, Zimmermann J.L. Plasma medicine: an introductory review. *New Journal of Physics*, 2009, vol. 11, p. 115012.
2. Weltmann K.D., Kindel E., Woedtke T., Hänel M., Stieber M., Brandenburg R. Atmospheric-pressure plasma sources: Prospective tools for plasma medicine. *Pure Appl. Chem*, 2010, vol. 82, no. 6. pp. 1223–1237. DOI: 10.1351/PAC-CON-09-10-35.
3. Lu X., Laroussi M., Puech V. On atmospheric-pressure non-equilibrium plasma jets and plasma bullets. *Plasma Sources Sci. and Technol*, 2012, vol. 21, no. 3, pp. 034005.
4. Arkhipenko V.I., Kirillov A.A., Safronau Ya.A., Simonchik L.V. DC atmospheric pressure glow microdischarges in the current range from microamps up to amperes. *Eur. Phys. J. D*, 2010, vol. 60, no. 3, pp. 455–463. DOI: 10.1140/epjd/e2010-00266-5.
5. Kirillov A.A., Paulava A.V., Safronau Y.A., Simonchik L.V., Dudchik N.V. Primenenie plazmennoy strui tleyushchego razryada atmosfernogo davleniya na postoyannom toke dlya inaktivatsii staphylococcus aureus [DC atmospheric pressure glow discharge plasma jet application for Staphylococcus aureus inactivation]. *Prikladnaya fizika* [Plasma Physics Reports], 2013, no. 5, pp. 52–55.
6. Morent R., De Geyter N. *Inactivation of Bacteria by Non-Thermal Plasmas Chapter 2*. InTech. Publ., 2011. 374 p. DOI: 10.5772/18610.
7. Machala Z., Hensel K., Akishev Yu. *Plasma for Bio-Decontamination, Medicine and Food Security*. NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology, 2012, 479 p.
8. Baldanov B.B., Ranzhurov T.V. O povyshenii predelnogo toka tleyushchego razryada atmosfernogo davleniya v potoke argona [On the increase in the limiting current of an atmospheric-pressure glow discharge in an argon flow]. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki* [The Russian Journal of Applied Physics], 2014, vol. 84. no. 4, pp. 152–154.

9. Baldanov B.B., Ranzhurov Ts.V., Norboev Ch.N., Gomboeva S.V., Abidueva L.R. Inaktivatsiya mikroorganizmov v kholodnoy argonovoy plazme atmosfernogo davleniya [Inactivation of microorganisms in cold argon plasma at atmospheric pressure]. *Vestnik VSGUTU* [ESSUTM Bulletin], 2015, vol. 55, no. 4, pp. 56–60.

10. Baldanov B.B. Dva tipa tokovykh pul'satsiy slabotochnogo iskrovogo razryada v neodnorodnom elektricheskom pole [Two types of current pulsations of a low-current spark discharge in an inhomogeneous electric field]. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki* [Journal technical physics], 2011, vol. 81, no. 4, pp. 135–137.

11. Netrusov A.I., Egorova M.A., Zakharchuk L.M. *Praktikum po mikrobiologii* [Manual of Microbiology]. Moscow: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya» Publ., 2005. 608 p.

12. Semenov A.P., Baldanov B.B., Ranzhurov Ts.V., Norboev Ch.N., Namsaraev B.B., Dambaev V.B., Gomboeva S.V., Abidueva L.R. Vozdeystvie nizkoterperaturnoy argonnoy plazmy slabotochnykh vysokovol'tnykh razryadov na mikroorganizmy [Influence of the low-temperature argon plasma of low-current high-voltage discharges on microorganisms]. *Prikladnaya fizika* [Applied Physics], 2014, no. 3. pp. 47–49.

Дополнительная информация / Additional Information

Воздействия низкотемпературной плазмы на продукты растительного происхождения / С.В. Гомбоева, И.И. Бадмаева, Б.Б. Балданов, Ц.В. Ранжуров, Э.О. Николаев // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 129–134.

Gomboeva S.V., Badmaeva I.I., Baldanov B.B., Ranzhurov Ts.V., Nikolaev E.O. Effects of low-temperature plasma on plant products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no.3 2, pp. 129–134 (In Russ.).

© Гомбоева Саяна Владимировна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В, тел.: +7 (3012) 41-71-46, e-mail: s.gomboeva@mail.ru

© Бадмаева Ирина Ильинична

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В, тел.: +7 (3012) 41-72-10, e-mail: bii75@mail.ru

© Балданов Баир Батович

канд. техн. наук, старший научный сотрудник Института физического материаловедения СО РАН, 670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, тел.: +7 (3012) 43-32-24, e-mail: baibat@mail.ru

© Ранжуров Цыремпил Валерьевич

младший научный сотрудник Института физического материаловедения СО РАН, 670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, тел.: +7 (3012) 43-32-24, e-mail: baibat@mail.ru

© Николаев Эрдэм Олегович

аспирант Института физического материаловедения СО РАН, 670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, тел.: +7 (3012) 43-32-24, e-mail: frejocker@gmail.com

© Sayana V. Gomboeva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biotechnology, East-Siberian State University of Technologies and Management, 40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: +7 (3012) 41-72-46, e-mail: s.gomboeva@mail.ru

© Irina I. Badmaeva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology Food Products, East-Siberian State University of Technologies and Management, 40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: +7 (3012) 41-72-10, e-mail: bii75@mail.ru

© Bair B. Baldanov

Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of Institute of Physical Material Science of the Siberian Branch of the RAS, 6, Sakhyanovoy Str., Ulan-Ude, 670047, Russia, phone: +7 (3012) 43-32-24, e-mail: baibat@mail.ru

© Tsyrempil V. Ranzhurov

Junior Researcher of Institute of Physical Material Science of the Siberian Branch of the RAS, 6, Sakhyanovoy Str., Ulan-Ude, 670047, Russia, phone: +7 (3012) 43-32-24, e-mail: baibat@mail.ru

© Erdem O. Nikolaev

Postgraduate Student of Institute of Physical Material Science of the Siberian Branch of the RAS, 6, Sakhyanovoy Str., Ulan-Ude, 670047, Russia, phone: +7 (3012) 43-32-24, e-mail: frejocker@gmail.com



УДК 004:664

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ВНУТРЕННЕГО АУДИТА ПИЩЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Д.В. Россиева¹, Е.О. Ермолаева^{1,*}, Н.Б. Трофимова¹, И.Е. Трофимов²

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

²ООО "Пиксейл",
650000, Россия, г. Кемерово, пр. Советский, 12

*e-mail: eeo38191@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 20.06.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Внутренний аудит на пищевом предприятии призван обеспечить контроль технологических и организационно-управленческих процессов системы менеджмента, действующей на предприятии, и позволяет выявлять и своевременно устранять несоответствия. При проведении внутренних проверок создается большой массив данных о работе производства, включая наблюдения, сведения о выявляемых замечаниях, результаты анализа причин несоответствий, корректирующие и предупреждающие действия. При современном уровне развития информационных технологий организации могут оптимизировать процесс сбора, учета и анализа данных. Предлагаемый программный продукт предназначен для обеспечения прохождения аудита внутри организации, использующего систематизированный подход к оценке и повышению эффективности процессов за счет использования статистических методов и компьютерных технологий. Для разработки программы проанализированы требования стандартов на системы менеджмента и аудит, применены классификация несоответствий и статистические данные по устранению замечаний на предприятии. На основании полученных данных разработана программа в среде Microsoft Visual Studio 2010 по обработке данных и формированию автоматических отчетов за выбранный период. Результатом работы стала разработка рекомендаций по оптимизации процесса «Аудит интегрированной системы менеджмента» на примере кондитерского производства. Разработаны формы для учета несоответствий, содержащие данные о самом несоответствии, его классификации по степени значимости в плане обеспечения безопасности выпускаемой продукции, планируемых корректирующих действиях, а также формы оповещения о сроках выполнения мероприятий по устранению замечаний. Автоматизирован подпроцесс «Анализ данных по аудиту». Для апробации программного продукта сформирован и проранжирован перечень несоответствий по результатам внешних и внутренних аудитов за 2016 год.

Ключевые слова. Аудит, контроль, учет несоответствий, автоматизация процесса, информационные технологии, программное обеспечение

DEVELOPMENT OF SOFTWARE PRODUCT TO SUPPORT THE PROCESS OF INTERNAL AUDIT OF A FOOD COMPANY

D.V. Rossieva¹, E.O. Ermolaeva^{1,*}, N.B. Trofimova¹, I.E. Trofimov²

¹Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

²Picsale LLC,
12, Sovetskiy Str., Kemerovo, 650000, Russia

*e-mail: eeo38191@mail.ru

Received: 20.06.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. In the process of organizing food production, there is a constant need to control the quality and safety of products, control technological and organizational and managerial processes. The solution of this task is the internal audit of the integrated management system that operates at the enterprise, which allows identifying and timely eliminating inconsistencies. When carrying out internal checks, a large amount of data is generated about the operation of the enterprise, including positive and negative observations, information on identified observations, analysis of causes of inconsistencies, corrective and preventive actions. With the current level of information technology development, organizations can optimize the process of data collecting, accounting and analyzing. The proposed software product is designed to ensure the passage of audit within the organization, using a systematic approach to evaluate and improve the efficiency of processes through the use of computer technology and statistical methods. To develop the program the requirements of the standards for management systems and audit have been analyzed; classification of inconsistencies and statistical data on the elimination of comments at the enterprise has been applied. Based on the obtained data a program has been developed in the Microsoft Visual Studio 2010 for data processing and generating automated reports for the selected period. The result of the research is the development of recommendations "Audit of an integrated management system" for optimizing the process by the example of

confectionery production. Forms for accounting inconsistencies, containing data on inconsistencies, its classification in terms of significance, in terms of ensuring the safety of manufactured products, planned corrective actions, as well as the form of notification of deadlines for remedial measures have been developed. The "Analysis of audit data" sub-process has been automated. To appraise the software product a list of inconsistencies based on the results of external and internal audits for 2016 has been designed and ranked.

Keywords. Audit, control, accounting of inconsistencies, process automation, information technologies, software

Введение

Повышение безопасности и качества пищевой продукции расценивается в настоящее время как необходимое условие ее конкурентоспособности на внешнем и внутреннем рынках. Современные пищевые предприятия, внедряющие системы менеджмента для обеспечения гарантии качества и безопасности выпускаемой продукции, сталкиваются с рядом определенных трудностей [1]. Часть из них связана с процессами внутренних проверок производства, способствующих формированию объективного взгляда на происходящее «изнутри», обеспечению прозрачности, прослеживаемости всех действий и их результатов. Это особенно значимо на этапе внедрения и становления системы управления, когда выявляется и устраняется большое количество несоответствий по различным элементам стандартов. Для обработки такого значительного массива данных необходимо использование дополнительных программных средств, что стало возможным, учитывая текущий уровень развития технологий в компьютерной сфере. Немаловажным требованием является адаптированность информационной системы для работы в процессе внутреннего аудита под нужды конкретного предприятия [2].

Разработка программного обеспечения, позволяющего автоматизировать учет и анализ выявленных при внутренних проверках несоответствий, может иметь важность для оценки стабильности производства пищевой продукции заданного уровня качества, в том числе кондитерских изделий. Предлагаемая программа сочетает в себе преимущества использования информационных технологий и статистических методов.

Объекты и методы исследования

Целью работы являлась разработка базы данных (БД) «Учет и анализ несоответствий внутреннего аудита интегрированной системы менеджмента», которая должна давать пользователю возможность вносить в нее данные об аудитах и несоответствиях, просматривать содержимое БД в виде единой таблицы, получать выборку данных по запросу, определяемому с помощью фильтра, а также давать возможность выгружать данные в документ MS Excel для дальнейшего анализа и возможности отслеживать динамику количества несоответствий и уведомлений по тем или иным элементам системы управления ООО «Управляющая компания «Кондитер».

Были сформулированы задачи программы:

- просмотр, добавление данных;
- поиск данных;
- экспорт данных в документ MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Перед созданием собственной базы данных были рассмотрены аналогичные программы, осуществляющие учет несоответствий, а именно: автоматизированная информационная система «Несоответствия», информационная система «СМК – Внутренний аудит» и 1С:Предприятие. Данные продукты позволяют обеспечить автоматизацию учета замечаний, выявленных при аудитах и формирования отчетов по ним, но ни один из них не обладает возможностью интеграции в уже существующее информационное пространство предприятия, а также перечисленные продукты имеют достаточно высокую стоимость. По этим причинам было решено разрабатывать собственную систему, у которой отсутствовали бы перечисленные не-достатки.

Программа разрабатывалась на языке программирования C# платформы Visual Studio 2012. Исходя из специфики данных [3, 4, 5–7], для хранения данных использовалась система управления базами данных Microsoft SQL Server 2012. Схема данных, включая связи между информационными блоками, представлена на рис. 1.

База данных была предварительно приведена к третьей нормальной форме. В ней представлены таблицы-справочники – YearDocument, Department, GOSTList и dGOST, хранящие данные о годах и подразделениях проверки, стандартах и содержащихся в них пунктах. Для хранения ключевых данных о проверках используется таблица Verifications, для комментариев проверяющего – таблица Comments, а также автономная таблица dMembers, предназначенная для хранения данных о пользователях, вносящих данные в базу данных.

В основе разработанной информационной системы лежат принципы объектно-ориентированного программирования, а взаимодействие происходит над и между объектами, включающими в себя структуры данных, а также индивидуально определенные наборы методов (функций).

Разработанный продукт – программа, обладающая следующими функциональными возможностями.

1. Определение подразделений и внутренних аудиторов, выявивших несоответствия.
2. Добавление и корректировка выявленных несоответствий.
3. Фильтрация несоответствий по различным признакам.
4. Экспорт и импорт данных в документы Microsoft Excel.

Информационная система для проведения внутреннего аудита разделяет всех пользователей ООО «Управляющая компания «Кондитер» на 3 группы: руководители, внутренние аудиторы и проверяемые.

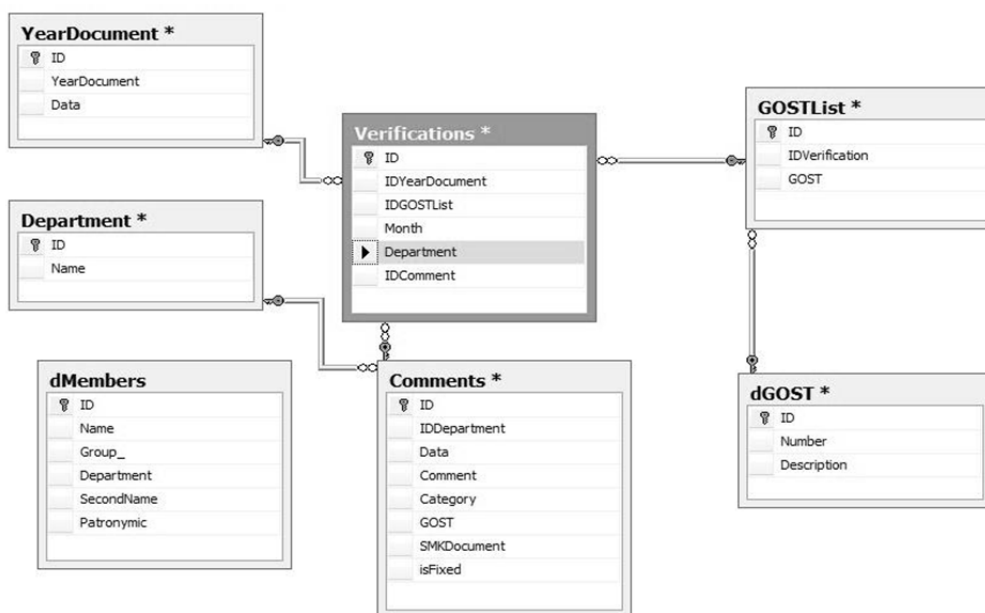


Рис. 1. Схема данных программы «Учет и анализ несоответствий внутреннего аудита интегрированной системы менеджмента»

После прохождения авторизации в системе пользователю в зависимости от его категории становятся доступными определенные функциональные возможности:

- управление справочниками сотрудников и пунктов ГОСТ – руководители;
- добавление замечаний – аудиторы;
- ведение планов проверок – руководители;
- поиск и сортировку – все группы пользователей;

– печать отчетов – все группы пользователей.

Интерфейс разработанного приложения включает в себя несколько окон.

1. Форма «новое подразделение для проверки» (рис. 2);
2. Форма «ввести несоответствие» (рис. 3);
3. Форма «редактировать несоответствие» (рис. 4);
4. Форма «просмотреть несоответствия» (с предусмотренной возможностью делать выборки по заранее заданным параметрам из числа введенных).

The screenshot shows a window titled "Новое подразделение для проверки" (New department for audit). It contains the following fields and controls:

- Проверяемое подразделение**: A dropdown menu.
- Проверяемые пункты стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2008**: A text input field with a "+" button.
- Дата начала проверки**: A date picker showing "2 июня 2013 г."
- Дата окончания проверки**: A date picker showing "2 июня 2013 г."
- Ф.И.О. аудитора**: A dropdown menu.
- Перечень документации на соответствие которой проводится аудит**: A large empty text area.
- Добавить**: A button at the bottom center.

Рис. 2. Форма добавления подразделения для проверки

Формы для работы с несоответствиями заполняются во время аудита аудитором с привлечением представителей проверяемых подразделений и содержат следующую информацию:

- замечание;
- категория несоответствия;
- эксперт, выявивший несоответствие;
- сфера деятельности (процесс);
- стандарт;
- пункты стандарта;

– корректирующее действие.

Для оптимизации работы службы качества и безопасности пищевой продукции с выявленными во время внутренних проверок замечаниями и в соответствии с документированной процедурой «Внутренний аудит» ООО «Управляющая компания «Кондитер» в базе данных записи обязательно ранжируются по значимости на значительные несоответствия, малозначительные несоответствия, уведомления.

Рис. 3. Форма добавления несоответствия

Рис. 4. Форма редактирования несоответствий

Перечень стандартов, по которым проводятся внутренние проверки, а также данные о пунктах этих стандартов для классификации выявленных несоответствий уже содержатся в базе данных, в таблицах GOSTlist и dGOST соответственно. Категории выявленных замечаний в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 19011-2012 подразделяют на три категории: критические (значительные), некритические (малозначительные) и замечания (уведомления).

В программном продукте имеется возможность делать выборки данных и выводить их в удобном формате Microsoft Excel. Для пользователей уровня «руководители» реализована возможность формирования как отчетов по заданным характеристикам, так и результатов запросов по следующим параметрам за любой период времени:

- ключевое слово/предложение в замечании;
- ключевое слово/предложение в корректирующем действии;
- фильтр по стандарту;
- фильтр по пунктам стандартам;
- фильтр по категориям несоответствий;
- фильтр по проверяемым подразделениям и аудиторам.

Формирование отчетов происходит полностью автоматически, исключая возможность влияния человеческого фактора, таким образом достигается реализация одного из принципов менеджмента качества – «Принятие решений, основываясь на свидетельствах» [5-9].

Для апробации программного продукта сформирован и проранжирован перечень несоответ-

ствий по результатам внешних и внутренних аудитов за 2016 год. В ходе анализа установлено, что время на обработку данных по годовому аудиту ИСМ ООО «Управляющая компания «Кондитер» сократилось в 7,5 раз за счет автоматизирования составления отчетов. Кроме того, отмечена наглядность данных и удобство использования программного продукта.

На данном этапе разработанный программный продукт позволяет решать задачи, поставленные перед рабочей группой по внедрению интегрированной системы менеджмента, по классификации и систематизации выявляемых несоответствий, и способствует более глубокому и детальному анализу ИСМ со стороны руководства. В дальнейшем планируется доработка базы данных и расширение ее функциональных возможностей, направленное на возможность фиксации разработки и выполнения коррекций и корректирующих действий с целью дальнейшей автоматизации процессов системы менеджмента.

Выводы

Таким образом, разработаны рекомендации по оптимизации процесса «Аудит интегрированной системы менеджмента» на примере кондитерского производства. Разработаны формы для учета несоответствий, содержащие данные о самом несоответствии, его классификации по степени значимости в плане обеспечения безопасности выпускаемой продукции, планируемых корректирующих действий. Автоматизирован подпроцесс «Анализ данных по аудиту».

С применением данных об организации процесса «Внутренний аудит» в среде Microsoft Visual Studio 2010 на языке программирования Visual C# разработан программный продукт, адаптированный для применения в операционных системах Microsoft Windows XP/Vista/7/8/10 «Учет и анализ несоответствий внутреннего аудита ИСМ». Подана заявка на регистрацию программы в ФИПС (Федеральный институт промышленной собственности) г. Москва – Заявка № 2017611860, заявление 07.03.2017 г.

Список литературы

1. Ермолаева, Е.О. Идентификация и устранение рисков в жизненном цикле продуктов питания: монография / Е.О. Ермолаева; КемТИПП. – Кемерово : КемТИПП, 2015. – 110 с.
2. Обоснование рецептуры функционального напитка на основе местного растительного сырья / Е.Ю. Титоренко, Л.А. Яковлева, Е.О. Ермолаева, Ю.Г. Гурьянов, В.М. Позняковский // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания, 2017. – № 1(15). – С. 41–48.
3. Сурков, И.В. Управление качеством на предприятиях пищевой, перерабатывающей промышленности, торговли и общественного питания / И.В. Сурков, В.М. Кантере, Е.О. Ермолаева, В.М. Позняковский. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 336 с.
4. Key processes management in development and implementation of management systems at food enterprises / I.V. Surkov, E.O. Ermolaeva, A.Y. Prosekov, G.A. Gorelikova, V.M. Poznyakovskiy // Life Sci J. – 2014. – Vol. 11 (12). – P. 300–304.
5. Evaluation and Preventing Measures of Technological Risks of Food Production / I. V. Surkov, E.O. Ermolaeva, A.Y. Prosekov, G.A. Gorelikova, V.M. Poznyakovskiy // Modern Applied Science. – 2015. – Vol. 9. – No. 4. – P. 45–52.
6. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Требования». Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.09.2015 N 1391-ст.
7. Amatullo, M. Designing Business and Management / M. Amatullo // Design issues. – 2017. – Vol. 33. – No. 1. – P. 93–94.
8. Afonso, A.P. Evaluation of the uses of Web interfaces The Investigation of the Web site of the secretary of a school of higher education / A.P. Afonso, J.R. Lima, M.P. Cota // Sistemas e tecnologias de informacao. – 2011. – Vol. 1. – P. 66–71.
9. Proctor, R.W. Designing Web Sites and Interfaces to Optimize Successful User Interactions: Symposium Overview human interface and the management of information: interacting with information, PT 2, Lecture Notes in Computer Science. – 2011. – Vol. 6772. – P. 62–65.

References

1. Ermolaeva E.O. *Identifikatsiya i ustranenie riskov v zhiznennom tsikle produktov pitaniya* [Identification and elimination of risks in the life cycle of food products]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2015. 110 p.
2. Titorenko E.Yu., Yakovleva L.A., Ermolaeva E.O., Gur'yanov Yu.G., Poznyakovskiy V.M. *Obosnovanie retseptury funktsional'nogo napitka na osnove mestnogo rastitel'nogo syr'ya* [Justification of a compounding of functional drink on the basis of local vegetable raw materials]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of food and processing industry of agrarian and industrial complex – products of healthy food], 2017, vol. 15, no. 1, pp. 41–48.
3. Surkov I.V., Kantere V.M., Ermolaeva E.O., Poznyakovskiy V.M. *Upravlenie kachestvom na predpriyatiyakh pishchevoy, pererabatyvayushchey promyshlennosti, trgovli i obshchestvennogo pitaniya* [Management by quality on the enterprises of food, processing industry, trade and public food consumption]. Moscow: Infra-M Publ., 2014. 336 p.
4. Surkov I.V., Ermolaeva E.O., Prosekov A.Yu., Gorelikova G.A., Poznyakovskiy V.M. Key processes management in development and implementation of management systems at food enterprises. *Life Sci J*, 2014, vol. 11 (12), pp. 300–304.
5. Surkov I.V., Ermolaeva E.O., Prosekov A.Yu., Gorelikova G.A., Poznyakovskiy V.M. Evaluation and Preventing Measures of Technological Risks of Food Production. *Modern Applied Science*, 2015, vol. 9, no. 4, pp. 45–52.
6. *GOST R ISO 9001-2015. «Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya»*. [State Standard ISO 9001-2015. «The national standard of the Russian Federation. Quality management systems. Requirements»]. Moscow: Standartinform Publ., 2015.

7. Amatullo M. Designing Business and Management edited by Sabine Junginger and Jürgen Faust. *Design issues*. 2017, vol. 33, no. 1, pp. 93–94.
8. Afonso A.P., Lima J.R., Cota M.P. Evaluation of the uses of Web interfaces The Investigation of the Web site of the secretary of a school of higher education. *Sistemas e tecnologias de informacao*, 2011, vol. 1, pp. 66–71.
9. Proctor R.W., Kim-Phuong L.Vu Designing Web Sites and Interfaces to Optimize Successful User Interactions: Symposium Overview. *Human interface and the management of information: interacting with information*, 2011, vol. 6772, pp. 62–65.

Дополнительная информация / Additional Information

Разработка программного продукта для обеспечения процесса внутреннего аудита пищевого предприятия / Д.В. Россиева, Е.О. Ермолаева, Н.Б. Трофимова, И.Е. Трофимов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 135–141.

Rossieva D.V., Ermolaeva E.O., Trofimova N.B., Trofimov I.E. Development of software product to support the process of internal audit of a food company. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 135–141 (In Russ.).

© Россиева Дарья Владимировна

аспирант кафедры товароведения и управление качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: majorliga@mail.ru

© Ермолаева Евгения Олеговна

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры товароведения и управление качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: tovar-kemtipp@mail.ru

© Трофимова Наталья Борисовна

канд. техн. наук, доцент кафедры товароведения и управление качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: tovar-kemtipp@mail.ru

© Трофимов Иван Евгеньевич

исполнительный директор, ООО «Пиксейл», 650000, Россия, г. Кемерово, пр. Советский, 12, тел.: +7 (903) 907-66-49, e-mail: trofimov@lidlab.biz

© Darja V. Rossieva

Postgraduate Student of the Department of Commodity and Quality Management, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: majorliga@mail.ru

© Evgenia O. Ermolaeva

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Commodity and Quality Management, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: tovar-kemtipp@mail.ru

© Natalya B. Trofimova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Commodity and Quality Management, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: tovar-kemtipp@mail.ru

© Ivan E. Trofimov

Executive Director, Picsale LLC, 12, Sovetskiy Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone:+7 (903) 907-6649, e-mail: trofimov@lidlab.biz



УДК 637.5:311(517)

АНАЛИЗ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ МЯСА ОВЕЦ МОНГОЛЬСКОЙ ПОРОДЫ

Лхагвадолгор Даваасурэн, И.В. Хамаганова*

ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления»,
670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40в

*e-mail: xiv2609@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 20.06.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. В статье показано социально-экономическое значение главного продукта питания населения Монголии – мяса разных видов скота. Особую ценность и безопасность имеет мясо пяти видов пастбищных животных: верблюдов, лошадей, крупного рогатого скота, коз, овец. Несмотря на стойкую тенденцию к увеличению поголовья овец и коз, промышленной переработке подвергается около 1/10 части производимого мяса. Учитывая, что значительная часть населения страны отдает предпочтение продуктам здорового питания, имеется острая необходимость производства высококачественных мясopодуkтов гарантированной безопасности. Приведены результаты исследований потребительских предпочтений жителей г. Дархан-Уул (второго по величине города Монголии) – рубленых полуфабрикатов из мяса овец монгольской породы – люля-кебаб, отличающихся уникальной рецептурой, технологией составления фарша и приготовления. Для определения весомости показателей качества использован метод попарного сопоставления. Для расчета весомости показателей люля-кебаб были определены основные показатели потребительских предпочтений: внешний вид, вкус, запах, консистенция, полезность, безопасность, цена. По результатам опроса членов экспертной группы был рассчитан комплекс показателей. Оценка весовых коэффициентов качественных показателей продукта показала, что для потребителей наиболее значимыми показателями являются его безопасность (весовой коэффициент 0,254), полезность (весовой коэффициент 0,194) и вкус (весовой коэффициент 0,159), что указывает на необходимость учитывать данные характеристики при разработке инновационного продукта – люля-кебаб из мяса овец монгольской породы. При этом необходимо увязать высокую пищевую ценность мяса монгольских пастбищных животных с его пользой для здоровья.

Ключевые слова. Мясо овец, рубленые полуфабрикаты, качество, потребительские предпочтения, эксперт, коэффициент, метод попарного сопоставления

ANALYSIS OF CONSUMER PREFERENCE TO CHOPPED SEMI-FINISHED GOODS FROM SHEEP MEAT OF MONGOLIAN BREED

Lkhagvadolgor Davaasuren, I.V. Khamaganova*

East-Siberian State University of Technology and Management,
40V, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia

*e-mail: xiv2609@mail.ru

Received: 20.06.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. The article shows the socio-economic importance of meat of different types of livestock as the staple food product for the population of Mongolia. Meat of five species of pasture animals has special value and safety. They are camels, horses, cattle, goats, and sheep. Despite a persistent tendency to increase the number of sheep and goats, about 1/10 of meat is processed. Considering the fact that a significant part of the country's population prefers healthy food products, there is an urgent need to produce high-quality meat products of guaranteed safety. The results of the research on consumer preferences of the residents of Darkhan-Uul city (the second largest city of Mongolia) to chopped semifinished goods from Mongolian sheep meat - lyulya-kebab - characterized by unique recipe, technology of mincing and cooking are given. To determine the value of the quality indices the pairwise comparison method is used. To calculate the value of the lyulya-kebab indices the main indices of consumer preferences have been determined. They are appearance, taste, smell, consistency, utility, safety, and price. Based on the results of the survey of the members of the expert group a set of indices has been estimated. The assessment of the value coefficients of the product's quality indices shows that the most significant indices for consumers are food safety (value coefficient of 0.254), healthiness (value coefficient of 0.194) and taste (value coefficient of 0.159), which indicates the need to take into account these characteristics when developing an innovative food product - lyulya-kebab from Mongolian sheep meat. At the same time, it is necessary to link high nutritional value of meat of Mongolian pasture animals with its health benefits.

Keywords. Sheep meat, chopped semifinished goods, quality, consumer preferences, expert, factor, method of pairwise comparison

Введение

Монголия – единственное в современном мире государство, в котором пастбищное животноводство по-прежнему остается основным видом сельского хозяйства (поголовье скота достигло 60 млн [8]). Для населения страны характерно высокое потребление мяса – в среднем около 300 г/день на одного человека [3]. В Законе о продовольствии (1999 г.) мясо признано стратегическим продуктом.

В Монголии разводят пять видов пастбищных животных: верблюдов, лошадей, коров, овец и коз (ведущей отраслью животноводства является овцеводство). Согласно исследованиям [9], общий объем производства мяса распределяется следующим образом (%): баранина – 33, козлятина – 30, говядина – 20, конина – 16. Несмотря на преобладание в поголовье скота овец и коз, являющихся основными источниками мяса, еще не получила должного развития переработка мяса овец монгольской породы. Это обусловлено ограниченностью сведений о пищевой и биологической ценности, функционально-технологических свойствах монгольской баранины, а также неотработанностью технологий производства продуктов из нее [1, 5], не всегда рациональным использованием пищевых продуктов убой [10]. При реализации баранины в торговле и сети общественного питания в неразделанном виде, в тушах, в неупакованном виде возникают такие вопросы, как снижение потребительских свойств, существенные потери массы, повышение энергозатрат и др.

Промышленной переработке – производству колбасных изделий, мясных консервов и других мясопродуктов, подвергается только около 10 % общего производства мяса [6], тем не менее, для предприятий отрасли первостепенной проблемой является обеспечение качества и безопасности готовой продукции, имеется необходимость использования современных инструментов управления инновационными технологиями.

О высоком уровне качественных показателей баранины свидетельствуют результаты многочисленных исследований российских и монгольских ученых. Предлагается достаточно разнообразный ассортимент мясных продуктов как из баранины, так и в комбинации ее с другими видами мяса. Авторы полагают, что одними из перспективных видов мясопродуктов являются готовые и полуготовые кулинарные изделия. Разработке технологии рубленых полуфабрикатов из мяса овец монгольской породы предшествовали определение и оценка значимости потребительских предпочтений.

Объекты и методы исследования

Объем выборки респондентов был определен на основе метода доверительных интервалов и составил 130 человек (при точности измерения, равной $\pm 2\%$). Были опрошены жители г. Дархан-Уул, зашедшие в отобранные для опроса торговые точки для совершения покупки мясопродуктов.

Из известных методов определения весомости показателей качества был выбран метод попарного

сопоставления, основанный на парном сравнении, последовательном сопоставлении и определении наиболее важного показателя [4].

Для определения весомости показателей рубленых полуфабрикатов были выделены 7 основных показателей потребительских предпочтений: внешний вид, вкус, запах, консистенция, полезность, безопасность, цена, которые представлены в анкете (рис. 1).

Показатель	Внешний вид	Вкус	Запах	Консистенция	Полезность	Безопасность	Цена	K_{ij}	F_{ij}
	1	2	3	4	5	6	7		
Внешний вид	1								
Вкус	2								
Запах	3								
Консистенция	4								
Полезность	5								
Безопасность	6								
Цена	7								

Рис. 1. Макет анкеты для оценки потребительских предпочтений

В состав экспертной группы были включены 15 респондентов, отдающих предпочтение именно мясным рубленым полуфабрикатам.

По результатам опроса были рассчитаны следующие показатели: K_{ij} – количество предпочтений i -ым экспертом j -го показателя качества; F_{ij} – частота предпочтения i -ым экспертом j -го показателя качества, определяемая как

$$F_{ij} = \frac{K_{ij}}{C}, \quad (1)$$

где C – общее число суждений одного эксперта, связанное с количеством показателей качества (m).

Общее число суждений одного эксперта, связанное с количеством показателей качества рассчитывали по формуле

$$C = \frac{m \cdot (m - 1)}{2}. \quad (2)$$

Весовые коэффициенты (g_i) показателей качества рассчитывали по формуле

$$g_i = \sum_{j=1}^n \frac{F_{ij}}{n}. \quad (3)$$

Для оценки согласованности мнений экспертов был рассчитан коэффициент конкордации (W)

$$W = \frac{12 \cdot s}{n^2 \cdot (m^3 - m)}, \quad (4)$$

где s – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого показателя качества от среднего арифметического ранга; n – количество экспертов; m – количество показателей качества.

Для качественной оценки степени согласованности мнений экспертов использована вербально-числовая шкала Харрингтона: $0 < w < 0,2$ согласованность очень низкая; $0,2 < w < 0,37$ согласованность низкая; $0,37 < w < 0,64$ согласованность средняя; $0,64 < w < 0,8$ согласованность высокая; $0,8 < w < 1,0$ согласованность очень высокая.

Для определения содержания массовой доли жира использован гравиметрический метод с использованием экстракционного аппарата Сокслета (ГОСТ 23042-86).

Исследования проведены в Монгольском государственном научно-технологическом университете (филиал) (Монголия, г. Дархан-Уул) и в Восточно-Сибирском государственном университете технологий и управления (Россия, г. Улан-Удэ).

Результаты и их обсуждение

Проведенные ранее социологические исследования [2] показали, что больше половины (57,5 %) респондентов – жителей г. Дархан-Уул (второго по величине города Монголии) из обширного ассортимента мясных продуктов предпочитают полуфабрикаты, в частности рубленые (рис. 2).

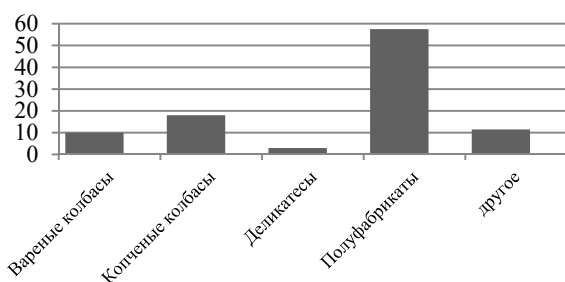


Рис. 2. Предпочтения потребителей мясных продуктов

В линейке рубленых полуфабрикатов и кулинарных блюд из различных видов мяса, а также смешанного фарша особое место занимают люля-кебаб, отличающиеся уникальной рецептурой, технологией составления фарша и приготовления.

При выборе данного объекта исследований решающим фактором послужил тот факт, что для приготовления фарша рекомендуется использовать жирное мясо, животный жир. Так классический рецепт люля-кебаб из баранины подразумевает жирную баранину, бараний жир, лук, черный перец и соль.

Проведенными нами исследованиями установлено, что мясо овец монгольской породы характеризуется высоким содержанием жира – $20,5 \pm 0,3$ % (по данным [11], 23,41 %). В качестве контроля выбрана рецептура люля-кебаб, основное сырье которого представлено говядиной (26 %), бараниной (23 %) и жиром-сырцом баранины (14 %).

Учитывая, что большинство респондентов (43 %) предпочитают видеть в продуктах улучшенные вкусо-ароматические характеристики, 26 % предпочитают более привлекательный внешний вид, цвет и вид на разрезе, в комплекс показателей качества люля-кебаб из мяса крупного и мелкого рогатого скота монгольского экотипа были включены внешний вид, вкус, запах, консистенция. Также были определены такие показатели, как полезность, безопасность и цена.

В табл. 1 приведены результаты обработки опроса экспертов: количество (K_{ij}) и частота потребительских предпочтений (F_{ij}) i -ым экспертом j -го показателя качества.

Таблица 1

Потребительские предпочтения экспертов

Показатель	Член экспертной комиссии														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Количество предпочтений (K_{ij})														
Внешний вид	4	2	1	4	1	3	2	3	3	2	4	1	1	4	2
Вкус	2	2	5	5	2	4	6	2	2	1	4	3	4	3	5
Запах	1	0	2	2	3	2	2	0	0	1	1	0	1	1	5
Консистенция	5	5	0	3	4	1	0	3	4	4	1	3	2	1	1
Полезность	4	3	3	0	3	5	3	5	6	6	5	5	4	5	4
Безопасность	5	6	6	6	4	6	5	6	5	5	5	5	7	5	4
Цена	0	3	4	1	4	0	3	2	1	2	1	4	2	2	0
	Частота предпочтений (F_{ij})														
Внешний вид	0,191	0,095	0,048	0,191	0,048	0,143	0,095	0,143	0,143	0,095	0,191	0,048	0,048	0,191	0,095
Вкус	0,095	0,095	0,238	0,238	0,095	0,191	0,286	0,095	0,095	0,048	0,191	0,143	0,191	0,143	0,238
Запах	0,048	0	0,095	0,095	0,143	0,095	0,095	0	0	0,048	0,048	0	0,048	0,048	0,238
Консистенция	0,238	0,238	0	0,143	0,191	0,048	0	0,143	0,191	0,191	0,048	0,143	0,095	0,048	0,048
Полезность	0,191	0,143	0,143	0	0,143	0,238	0,143	0,238	0,286	0,286	0,238	0,238	0,191	0,238	0,191
Безопасность	0,238	0,286	0,286	0,286	0,191	0,286	0,238	0,286	0,238	0,238	0,238	0,238	0,333	0,238	0,191
Цена	0	0,143	0,191	0,048	0,191	0	0,143	0,095	0,048	0,095	0,048	0,191	0,095	0,095	0

Оценка весовых коэффициентов качественных показателей продукта представлена на рис. 3.

Как видно из рисунка, для потребителей наиболее значимым показателем является безопасность продукта. Нужно отметить, что в стране уделяется большое внимание санитарно-ветеринарному контролю животного сырья, внедрению международных стандартов и систем обеспечения безопасности сы-

рья и готовой продукции. Нельзя не отметить одно из главных достоинств баранины, а именно ее гипоаллергенность. Баранина характеризуется невысоким содержанием холестерина в жире (60–75 мг%). В целом, мясо монгольских пастбищных животных является экологически чистым сырьем.

Не менее важным показателем является полезность продукта. В Монголии в последние годы уде-

ляется большое внимание проблемам питания населения (в 2015 г. Монголия входила в десятку стран мира с самым неправильным питанием [8]). Отрадно отметить все более возрастающую популяризацию у населения здорового питания, поэтому ученым и производителям необходимо увязать высокую пищевую ценность отечественного мяса с его пользой для здоровья.

↑	безопасность	0,254
	полезность	0,194
	вкус	0,159
	внешний вид	0,118
	консистенция	0,118
	цена	0,092
	запах	0,067

Рис. 3. Весовые коэффициенты качественных показателей продукта

Как отмечено экспертами, продукт должен быть вкусным, иметь хорошие органолептические характеристики.

Следует обратить внимание, что цена продукта (вероятно, при условии приобретения качественного, безопасного и полезного продукта) не является столь значимым показателем.

Полученные результаты оценки весовых коэффициентов качественных показателей рубленого полуфабриката из мяса пастбищных животных, несомненно, будут учитываться при создании функциональных продуктов на мясной основе. Внимания заслуживают такие направления, как снижение содержания компонентов, выступающих как негативные, и дополнительное обогащение функциональными ингредиентами.

О степени согласованности мнений экспертов свидетельствуют результаты расчета коэффициента конкордации с использованием данных, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Данные для расчета коэффициента конкордации

Показатель	Количество предпочтений (K_{ij}) экспертов															Сумма рангов	Отклонение от среднего арифметического	Квадрат отклонений от среднего арифметического
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Внешний вид	4	2	1	4	1	3	2	3	3	2	4	1	1	4	2	37	- 8	64
Вкус	2	2	5	5	2	4	6	2	2	1	4	3	4	3	5	50	5	25
Запах	1	0	2	2	3	2	2	0	0	1	1	0	1	1	5	21	- 24	576
Консистенция	5	5	0	3	4	1	0	3	4	4	1	3	2	1	1	37	- 7	49
Полезность	4	3	3	0	3	5	3	5	6	6	5	5	4	5	4	61	16	256
Безопасность	5	6	6	6	4	6	5	6	5	5	5	5	7	5	4	80	35	1225
Цена	0	3	4	1	4	0	3	2	1	2	1	4	2	2	0	29	- 16	256

Как показывают расчеты коэффициента конкордации, составившего 0,389, согласованность мнений экспертов можно считать средней.

Резюмируя изложенное, нужно отметить, что в Монголии в настоящее время активно рассматриваются вопросы внедрения прогрессивных технологий в практику животноводства, а также внедрение разработок инновационных технологий продуктов из мяса монгольских пастбищных животных, в частности овец и коз, поголовье которых имеет стойкую тенденцию к увеличению. Актуальность этих вопросов подчеркивается тем фактом, что в последние годы международная торговля живыми животными и мясом охватывает все страны мира: Монголия граничит с Китаем на востоке, западе и юге и с Россией – на севере (в настоящее время активно внедряется Программа создания экономического коридора между тремя странами). Мясо является главным продовольственным экспортным продуктом среди всех сельхозпродуктов.

Выводы

На сегодня перед специалистами мясоперерабатывающей промышленности и России, и Монголии стоят такие актуальные задачи, как улучшение и стабилизация качества готовой продукции в условиях нестабильного состава и свойств поступающе-

го на переработку основного сырья, производство мясопродуктов здорового питания.

В 2017 г. Монголия стала мировым лидером по росту экономики [7], и экономический подъем будет способствовать дальнейшему интенсивному развитию пастбищного животноводства; при этом возникнет необходимость переработки ценного монгольского мяса как для населения страны, так и для экспорта (в том числе в Россию). Многочисленными исследованиями последних лет показано, что в регионе имеется острая необходимость производства качественных мясопродуктов гарантированной безопасности. Бесспорно, нужно увеличивать в рационе продукты функционального питания, способных оказывать определенное регулирующее действие на организм в целом или на его определенные системы и органы или их функции. Следует отметить, что при разработке мясных продуктов нового поколения необходимо использовать результаты социологических, научно-исследовательских исследований российских и монгольских ученых. Так, разработки совместных исследований монгольских ученых и сотрудников Восточно-Сибирского государственного университета технологий управления – котлеты «Амтатай», крупно-кусковой полуфабрикат для запекания из мяса овец монгольского экотипа, нашли практиче-

скую реализацию на предприятии Монголии – ООО «Субо» [1].

Таким образом, в результате маркетинговых исследований потребительских предпочтений рублевых полуфабрикатов установлено, что для потребителя наибольшую значимость имеют безопас-

ность, вкус и полезность, что указывает на необходимость учитывать данные характеристики при разработке инновационного продукта – люля-кебаб из мяса овец монгольской породы, технология которых может быть внедрена на мясоперерабатывающих предприятиях наших стран.

Список литературы

1. Гончиг, Ганболор. Биологическая ценность мяса овец монгольского экотипа / Ганболор Гончиг, Н.В. Колесникова, М.Б. Данилов // Мясная индустрия. – 2011. – № 2. – С. 14–15.
2. Лхагвадолгор, Даваасурэн. Маркетинговые исследования покупательских предпочтений по отношению к мясным продуктам / Лхагвадолгор Даваасурэн, И.В. Хамаганова // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. – 2016. – № 5 (62). – С. 43–48.
3. Тармаева, И.Ю. Оценка обеспеченности селеном населения Монголии / И.Ю. Тармаева, Э. Эрдэнэцогт, Н.А. Голубкина // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85. – № 5. – С. 68–76.
4. Хамханова, Д.Н. Основы квалиметрии. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. – 142 с.
5. Цэрэндорж, Амарсайхан. Ветеринарно-санитарная экспертиза экспортного мяса Монголии и установление его видовой принадлежности на основе ДНК диагностики: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2011. – 26 с.
6. Цэрэндорж, Амарсайхан. Производство мяса в Монголии и перспективы его экспорта / Цэрэндорж Амарсайхан, С. Лхагвасурэн // Ветеринарная медицина. – 2011. – № 2. – С. 62–64.
7. Ян, А. Экономический подъем. Резкие позитивные изменения в экономике Монголии / А. Ян // Информ-полис. – 2017, 5 июля. – № 27 (1292).
8. Новости Монголии сейчас. Режим доступа: <http://news.mongolnow.com> (02.06.2017).
9. Mongolian Organic Meat Research Center, «The meat industry value chain situation», 2014.
10. National Food Security Programme, Brief for High Level Donors Consultative Meeting, 08-09 October 2009, Ulaanbaatar. – Ulaanbaatar, 2009.
11. USDA national nutrient database. Available at: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>. (accessed 2 June 2017).

References

1. Gonchig Ganbolor, Kolesnikova N.V., Danilov M.B. Biologicheskaya tsennost' myasa ovets mongol'skogo ekotipa [Biological value of sheep meat of Mongolian ecotype]. *Myasnaya industriya* [Meat Industry], 2011, no. 2, pp. 14–15.
2. Lkhagvadolgor Davaasuren, Khamaganova I.V. Marketingovyie issledovaniya pokupatel'skikh predpochteniy po otnosheniyu k myasnym produktam [Marketing research of consumer preferences toward meat products]. *Vestnik VSGUTU* [ESSUTM Bulletin], 2016, vol. 62, no. 5, pp. 43–48.
3. Tarmaeva I.Yu., Erdenetsogt E., Golubkina N.A. Otsenka obespechennosti selenom naseleniya Mongolii [Evaluation of selenium consumption by Mongolia residents]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Problems], 2016, vol. 85, no. 5, pp. 68–76.
4. Khamkhanova D.N. *Osnovy kvalimetrii* [The basics of qualimetry]. Ulan-Ude: VSGTU Publ., 2003. 142 p.
5. Tserendorzh Amarsaykhan *Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza eksportnogo myasa Mongolii i ustanovlenie ego vidovoy prinadlezhnosti na osnove DNK diagnostiki. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Veterinary and sanitary examination of Mongolia's export meat and establishment of its species identity on the basis of DNK diagnostics. Cand. biol. sci. thesis]. Moscow, 2011. 26 p.
6. Amarsaikhan Ts., Amartuvshin B., Lhagvasuren S. Proizvodstvo myasa v Mongolii i perspektivy ego eksporta [Production of meat in mongolia and its export possibility]. *Veterinarnaya meditsina* [Veterinary medicine], 2011, no. 2, pp. 62–64.
7. Yan A. Ekonomicheskiy pod'em. Rezkie pozitivnye izmeneniya v ekonomike Mongolii [Economic growth. Sharp positive changes in the Mongolian economy]. *Inform-polis* [Inform-polis], 2017, vol. 1292, no. 27.
8. *Novosti Mongolii seychas* [News of Mongolia now]. Available at: <http://news.mongolnow.com>. (accessed 2 June 2017).
9. *Mongolian Organic Meat Research Center «The meat industry value chain situation»*, 2014.
10. *National Food Security Programme*, Brief for High Level Donors Consultative Meeting. Ulaanbaatar, 2009.
11. *USDA national nutrient database*. Available at: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>. (accessed 2 June 2017).

Дополнительная информация / Additional Information

Даваасурэн, Лхагвадолгор Разработка программного продукта для обеспечения процесса внутреннего аудита пищевого предприятия / Лхагвадолгор Даваасурэн, И.В. Хамаганова // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 141–146.

Davaasuren Lkhagvadolgor, Khamaganova I.V. Analysis of consumer preference to chopped semi-finished goods from sheep meat of mongolian breed. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 141–146 (In Russ.).

© Лхагвадолгор Даваасурэн

аспирант кафедры технологии продуктов общественного питания, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский технологический университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В, строение 3, тел.: +7 (3012) 41-72-10, e-mail: ms.lkhagvadolgor@mail.ru

© Lkhagvadolgor Davaasuren

Postgraduate Student of the Department of Technology of Public Catering Products, East Siberian State University of Technologies and Management, 40V, building 3, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: +7 (3012) 41-72-18, e-mail: ms.lkhagvadolgor@mail.ru

© **Хамаганова Инга Вячеславовна**

д-р техн. наук, доцент, заведующая кафедрой технологии продуктов общественного питания, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский технологический университет технологий и управления», 670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В, строение 3, тел.: +7 (3012) 41-72-10, e-mail: xiv2609@mail.ru

© **Inga V. Khamaganova**

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Technology of Public Catering Products, East Siberian State University of Technologies and Management, 40V, building 3, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, 670013, Russia, phone: +7 (3012) 41-72-18, e-mail: xiv2609@mail.ru



УДК 642.5 (571.17)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА КЕМЕРОВО В ОТНОШЕНИИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

А.В. Ожерельева*, М.С. Куракин

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

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

Дата поступления в редакцию: 07.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Сфера предприятий индустрии питания в России на сегодняшний день представлена широким спектром организаций с разным уровнем качества и ассортиментом продукции, а также разнообразием предлагаемых услуг. Общественное питание является одним из перспективных направлений потребительского рынка. В условиях высокой конкуренции для обеспечения успешной работы предприятия индустрии питания необходимо понимать, что именно нужно потребителям, какие свойства продукции, реализуемой предприятиями общественного питания, имеют первостепенное значение. Целью работы является выявление ключевых потребительских свойств продукции общественного питания, вырабатываемой предприятиями общественного питания разных типов (на примере населения г. Кемерово). Объектами исследования являлись потребительские свойства продукции общественного питания коммерческого (рестораны, кафе, предприятия быстрого питания и т.д.) и социального (столовые при учебных, лечебно-профилактических заведениях и т.д.) секторов предприятий индустрии питания. Исследование потребительских предпочтений проводилось методом анкетирования, опрос населения г. Кемерово осуществлялся на улицах города путем личного интервью продолжительностью 10–15 мин. С помощью метода анкетирования выявлены 23 основополагающих потребительских свойства продукции общественного питания. Также установлено, что 60 % населения в течение года регулярно посещали предприятия индустрии питания. По итогам опроса выявлено, что продукция, заказанная потребителем (гостем) на предприятии индустрии питания коммерческого сектора, должна обладать в первую очередь следующими свойствами: красивое оформление, вкус и общий уровень качества. А к продукции, выбранной на предприятиях общественного питания социальной сферы, предъявляются следующие требования: вкус, доступная цена и степень свежести.

Ключевые слова. Потребительские свойства, продукция общественного питания, потребительские предпочтения, услуга в общественном питании

THE STUDY OF PREFERENCES OF INHABITANTS OF THE CITY OF KEMEROVO AS FAR AS CONSUMER PROPERTIES OF PRODUCTS OF PUBLIC CATERING IS CONCERNED

A.V. Ozherel'eva*, M.S. Kurakin

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

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

Received: 07.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. The scope of the enterprises of the food service industry in Russia today is represented by a wide range of organizations with different levels of quality and product range, as well as the variety of services offered. Catering is one of the promising business of the consumer market. Under conditions of strong competition it is necessary to realize your customers' needs, and what properties of products sold by the enterprises of public catering are of paramount importance to ensure the successful operation of the enterprises of the food service industry. The aim of our research is identification of key consumer properties of products produced by public catering enterprises of different types (by the example of the inhabitants of the city of Kemerovo). The objects of study are consumer characteristics of products of commercial catering (restaurants, cafes, fast-food restaurants, etc.) and those of social sectors (cafeterias in educational institutions and hospitals etc.). The study of consumer preferences was conducted using questionnaires. The survey of inhabitants of Kemerovo was carried out in the streets of the city by personal interview lasting 10-15 min. Using the method of the survey 23 basic consumer properties of products have been identified. It has been established that during the year 60% of the inhabitants regularly visit enterprises of the food service industry. According to the results of the survey it has been revealed that the products ordered by a customer (a guest) at the enterprise of the food service industry in the commercial sector should have, in the first place, the following features: beautiful design, flavour and overall quality. Products selected at the foodservice enterprise of the social sphere should be tasty and fresh and have reasonable prices.

Keywords. Consumer characteristics, the products of public catering, consumer preferences, service in public catering

Введение

Рынок общественного питания в России на сегодняшний день представлен широким спектром предприятий, охватывающих различные потребительские аудитории: по полу, возрасту, тематике и так далее. Общественное питание является одним из перспективных направлений потребительского рынка [1, 2].

Наблюдается динамика развития отдельных сегментов отечественного общепита: формирование тренда по демократизации российского ресторанного рынка. С 2013 по 2015 года доля столовых, стрит- и фаст-фуд ресторанов в общем обороте рынка общественного питания неуклонно растет. Если в 2013 году она составляла 33,5 %, то в 2015 году данный показатель составил 37,6 % [3, 4]. Наряду с демократизацией рынка происходит и непрерывное увеличение доли сетевых ресторанных проектов. К такому выводу пришло агентство РБК.research в мае 2016 года, проведя всероссийское исследование и опрос более 500 сетевых проектов (включающий рестораны, кафе, бары, fast-food, кофейни, уличные киоски (street food) и суши магазины). Исследование показало, что по итогам года количество сетевых заведений, открытых в России, выросло на 3,3 % [5, 6].

Необходимо четко отметить, что успешность предприятий индустрии питания в условиях высокой конкуренции зависит от степени заинтересованности потребителей в продукции предприятия. В связи с этим следует проводить систематические исследования для выявления потребительских предпочтений по разным критериям: качеству продукции, ассортименту, уровню обслуживания и другим с целью привлечения контингента посетителей. Важно знать ответ на вопрос: «Какие потребительские свойства продукции общественного питания первостепенны для потребителей?».

Целью данного исследования является выявление ключевых потребительских свойств продукции общественного питания, вырабатываемой предприятиями индустрии питания социального и коммерческого секторов.

Объекты и методы исследования

Для исследования потребительских свойств продукции общественного питания коллективом авторов проведен опрос населения г. Кемерово. Общее количество респондентов составило 468 человек. Выборка сформирована на основе квотного априорного отбора. Применялись жесткие требования к выборке по сочетанию признаков: полу (2 градации) и возрасту респондентов (5 градаций). Использование данного метода формирования выборки позволит распространить полученные результаты на все население г. Кемерово.

При анализе результатов для оценки взаимосвязей между двумя группами ответов применялся критерий Хи-квадрат (критерий согласия Пирсона).

Результаты и их обсуждение

Для установления ключевых потребительских свойств продукции общественного питания необ-

ходимо знать, насколько часто население посещает предприятия индустрии питания. В первой части анкеты респондентам предлагалось ответить на вопрос о частоте посещения предприятий индустрии питания коммерческого (рестораны, кафе, fast-food, кофейни) и социального секторов (столовые при учебных, лечебно-профилактических заведениях и т.п.).

Результаты опроса представлены в табл. 1.

Таблица 1

Частота посещения предприятий общественного питания

Частота посещения	Варианты ответов, % от общего числа опрошенных	
	Коммерческого сектора	Социального сектора
1-2 раза в неделю и чаще	10,5	29,3
1-2 раза в месяц	18,6	11,8
1-2 раза в квартал	9,0	7,5
1-2 раза в год	21,2	12,0
В течение года не посещал (а)	40,8	39,5

Как видно из табл. 1, 60 % респондентов в течение года регулярно посещали предприятия индустрии питания. Предприятия социальной сферы 23,9 % населения г. Кемерово посещают 1–2 раза в неделю и чаще, а предприятия коммерческого сектора 21,2 % посещают 1–2 раза в год и 18,8 % 1–2 раза в месяц.

Дополнительно с помощью критерия Хи-квадрат установлено, что мужчины статистически достоверней ($p=0,95$) чаще женщин посещают предприятия индустрии питания коммерческого сектора, а именно: 1–2 раза в неделю и чаще 15,4 % мужчин, 6,7 % женщин. Аналогичная ситуация и с предприятиями социальной сферы: 1–2 раза в неделю и чаще 34,3 % мужчин, 25,5 % женщин.

Кроме этого выявлена статистически достоверная ($p=0,95$) зависимость между частотой посещения предприятий общественного питания и возрастом респондентов. Так предприятия коммерческого сектора чаще посещают респонденты в возрастных группах 18–29 лет (37,3 % 1–2 раза в месяц) и 30–39 лет (22,8 % 1–2 раза в месяц). Предприятия же социальной сферы чаще посещают опрошенные в возрастных группах 30–39 лет (34,7 % 1–2 раза в неделю и чаще), 40–49 лет (21,9 % 1–2 раза в неделю) и 50–59 лет (23,7 % 1–2 раза в неделю и чаще).

Следующим вопросом («По Вашему мнению «потребительские свойства» продукции общественного питания – это...») выяснялась осведомленность респондентов о потребительских свойствах продукции общественного питания. Ответы, полученные на открытый вопрос, были сгруппированы. Всего в результате исследования было выделено 23 потребительских свойства продукции общественного питания, названных респондентами. Основные результаты представлены на рис. 1.



Рис. 1. Потребительские свойства продукции общественного питания

Таким образом, можно отметить распределение свойств по ассоциациям, вызываемым словосочетанием «потребительские свойства продукции общественного питания» – органолептические свойства (23,3 %), далее качество (21,2 %) и цена (19 %). Кроме того 4 % респондентов назвали свойства, не попавшие в перечень сгруппированных: низкое содержание жира, высокое содержание белков, натуральность, витаминизированность.

Кроме этого, в работе выдвигалась гипотеза о том, есть ли для потребителей различия в свойствах, которыми должна обладать продукция, заказанная в ресторане/кафе, и выбранная в столовой?

Для проверки гипотезы респондентам было предложено ответить на следующие вопросы «Продукция, которую я заказываю в ресторане/кафе должна быть...» и «Продукция, которую я выбираю в столовой должна быть...». Распределение ответов по наиболее часто встречаемым вариантам можно увидеть на рис. 2.

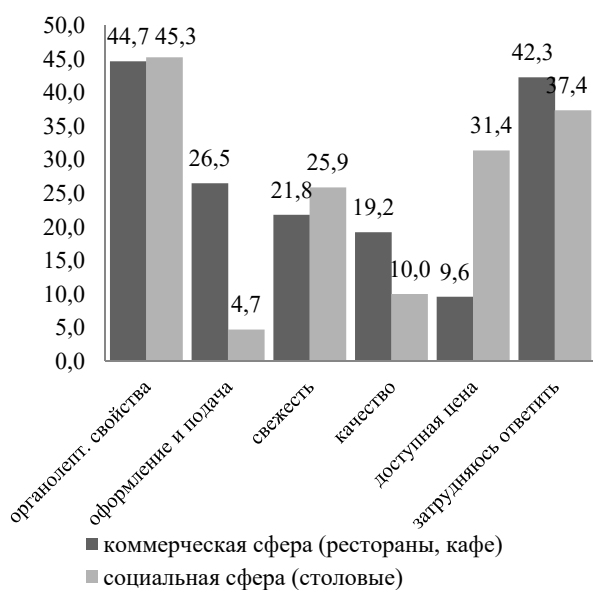


Рис. 2. Наиболее важные свойства продукции общественного питания коммерческой и социальной сферы

Итак, видно, что для большинства респондентов наиболее важными являются органолептические свойства, а именно, вкус продукции (44,7 % – коммерческий сектор; 45,3 % – социальный сектор). Для посетителей предприятий индустрии питания коммерческого сектора вторым по значимости является красивое оформление и подача блюд (26,5 %), далее свежесть блюда (21,8 %) и качество (19,2 %).

Для посетителей предприятий социальной сферы на втором месте по частоте встречаемости ответа доступная цена (31,4 %), далее свежесть (21,8 %).

Следующим этапом работы было выявление наиболее важных для потребителей (гостей) услуг, оказываемых предприятиями общественного питания. Для этого был задан вопрос: «Какие виды услуг, оказываемых предприятиями общественного питания, для Вас важны?». Данный вопрос предусматривал выбор нескольких вариантов из перечня видов услуг. Результаты представлены на рис. 3.



Рис. 3. Важные виды услуг для потребителей, оказываемых предприятиями общественного питания

По результатам обработки ответов выявлено, что для большинства опрошенного населения самым главным являются услуги питания (95,5 %). На втором месте услуги по обслуживанию мероприятий (30,6 %), на третьем месте услуги по организации доставки (28,2 %), далее услуги по организации музыкально-развлекательного обслуживания (22,4 %), наличие игровых комнат (17,7 %), информационно-консультативные услуги в вопросах питания (10,5 %) и дополнительно указали свой вариант (1,7 %). В качестве своего варианта ответа названы наличие wi-fi и возможность самовывоза заказа.

Кроме того, выявлено, что наличие игровых комнат более важно для женщин (22,1 % из опрошенных женщин), чем для мужчин (11,9 % из опрошенных мужчин).

Следующим ключевым моментом было сравнение затрат населения на посещение предприятий питания коммерческого и социального секторов. Полученные ответы были сгруппированы, результаты представлены на рис. 4 и 5.

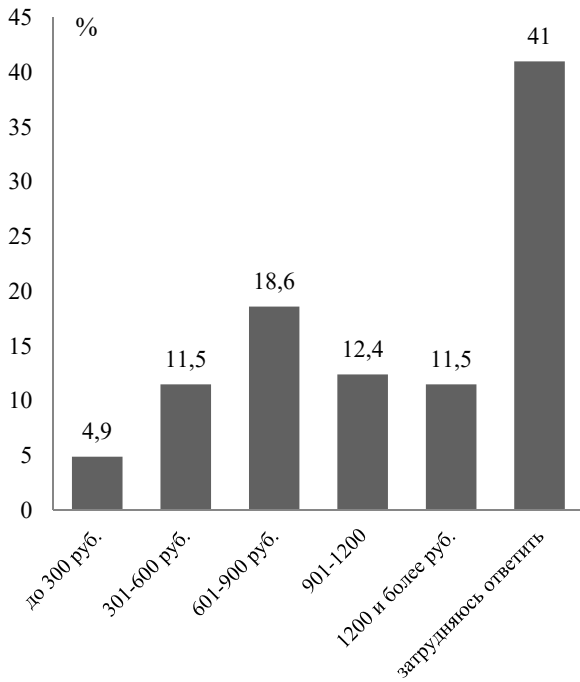


Рис. 4. Затраты при посещении предприятий коммерческого сектора

Итак, из рис. 4 видно, что на первом месте по затратам 601–900 руб. (18,6 %), далее 901–1200 руб. (12,4 %). Одинаковая доля респондентов, тратящих 301–600 руб., 1200 и более руб. (11,5 %). Затруднились вспомнить свои расходы на посещение предприятий питания коммерческого сектора 41,0 % опрошенных. То есть можно отметить, что 54,0 % опрошенного населения посещают предприятия индустрии питания коммерческого сектора со средним чеком от 300 до 1200 руб.

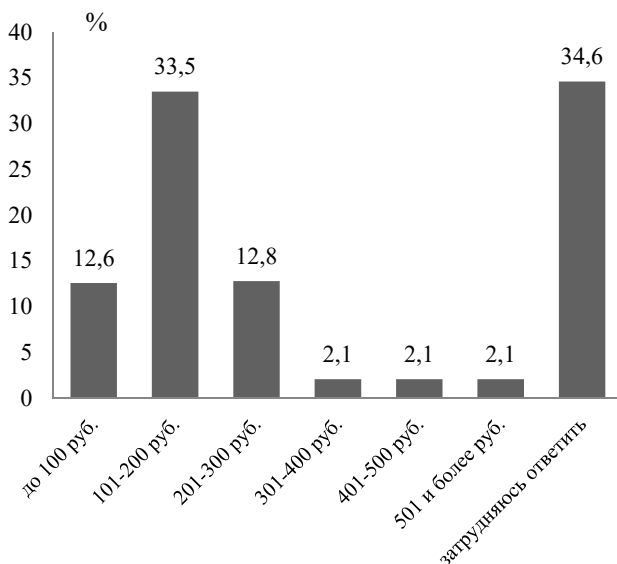


Рис. 5. Затраты на посещение предприятий социальной сферы

Из рис. 5 видно, что большинство респондентов тратят при посещении столовой 101–200 руб. (33,5 %), на втором месте 201–300 руб. (12,8 %) и до 100 руб. (12,6 %). Затруднились вспомнить свои рас-

ходы на посещение предприятий питания социального сектора 34,6 % опрошенных. Итак, видно, что 58,9 % опрошенного населения посещают предприятия общественного питания социального сегмента со средним чеком в диапазоне 100–300 руб.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать выводы.

1. В течение года 60 % населения г. Кемерово посещали предприятия индустрии питания, что дает часть данных для теоретического расчета емкости рынка предприятий по оказанию услуги питания для населения областного центра в современных социально-экономических условиях. Также установлено, что мужчины чаще женщин посещают предприятия индустрии питания коммерческого сектора. Данное обстоятельство в известной мере определяет целевой сегмент по полу, поэтому считаем целесообразным использовать его предприятиям разных типов при планировании и практическом осуществлении мероприятий по разработке нового меню, для проведения рекламных мероприятий, а также мероприятий по стимулированию продаж.

2. Выявлены 23 разных потребительских свойства продукции общественного питания. Ориентируясь на них технологи предприятий социальной и коммерческой сферы могут создавать рецептуры и, как следствие, готовую продукцию с заданными потребительскими свойствами, действительно необходимыми и востребованными со стороны конечного потребителя, что позволит предприятию, в конечном счете, привлечь большее число гостей, увеличить товарооборот и прибыль.

3. Показаны различия между наиболее значимыми свойствами продукции общественного питания предприятий коммерческого и социального сектора. В связи с этим рекомендовано при приготовлении продукции в ресторане, кафе и т.п. предприятиях больше уделять внимание следующим свойствам: вкус предлагаемой продукции, оформление и подача блюд, а также общий уровень качества продукции. Предприятиям социальной сферы (например, столовые) целесообразно обратить дополнительное внимание на вкус блюд, степень свежести продукции заведения и ценовую доступность.

4. Установлен средний уровень затрат населения при посещении предприятий социальной и коммерческой сферы. С учетом этих данных предприятия индустрии питания могут скорректировать при наличии соответствующей возможности средний чек, что сделает возможным повысить число гостей заведения. Эмпирическим путем установлено, что для предприятий коммерческого сектора средний чек рекомендуется устанавливать в диапазоне 601–900 руб. или меньше, для предприятий социальной сферы 101–200 руб. или меньше.

5. Отмечены наиболее важные услуги, предоставляемые предприятиями общественного питания. Так, помимо самой услуги питания, к наиболее востребованным со стороны взрослого населения г. Кемерово следует отнести: обслуживание разных мероприятий (свадьбы, дни рождения и т.п.), услуги по организации доставки предлагаемой продук-

ции, музыкальное сопровождение/обслуживание (например, живая музыка, приглашенные вокальные исполнители), наличие игровых комнат для детей и информационно-консультативные услуги по вопросам питания. Наличие данного спектра услуг позволит, прежде всего, удовлетворять дополнительные потребности у гостей предприятий коммерческого сектора, тем самым быть востребованными у большего числа посетителей.

Таким образом, полученные в данной работе результаты позволяют ориентироваться в предпочтениях потребителей продукции при посещении предприятий индустрии питания разных типов, что в свою очередь в условиях высокой конкуренции позволит обеспечить высокую степень востребованности предлагаемой продукции и, как следствие, успешную работу предприятия общественного питания.

Список литературы

1. Маюрникова, Л.А. Анализ и перспективы развития рынка общественного питания в региональных условиях / Л.А. Маюрникова, Т.В. Крапива, Н.И. Давыденко // *Техника и технология пищевых производств.* – 2015. – № 1. – С. 141–147.
2. Ахмадеева, О.А. Тенденции развития рынка общественного питания в России / О.А. Ахмадеева, А.И. Идрисова // *Молодой ученый.* – 2016. – № 8. – С. 483–486.
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 13.06.2017).
4. Тренды рынка общепита – 2017 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.horeca-magazine.ru/article/4661> (дата обращения: 13.06.2017).
5. Российский сетевой рынок общественного питания 2016 – Специальная версия [Электронный ресурс]. – URL: <http://research.rbc.ru> (дата обращения: 13.06.2017).
6. Что ожидает российский общепит в 2017: тенденции и мнения специалистов [Электронный ресурс]. – URL: <http://alterainvest.ru/news/article-74961> (дата обращения: 13.06.2017).

References

1. Mayurnikova L.A., Krapiva T.V., Davydenko N.I. Analiz i perspektivy razvitiya rynka obshchestvennogo pitaniya v regional'nykh usloviyakh [Analysis and prospects of catering market in regions]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, no. 1, pp. 141–147.
2. Akhmadeeva O.A., Idrisova A.I. Tendentsii razvitiya rynka obshchestvennogo pitaniya v Rossii [Tendencies of development of market of public catering in Russia]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2016, vol. 112, no. 8, pp. 483–486.
3. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki* [Federal state statistics service]. Available at: <http://www.gks.ru>. (accessed 13 June 2017).
4. *Trendy rynka obshchepita – 2017* [Trends of the catering market - 2017]. Available at: <http://www.horeca-magazine.ru/article/4661>. (accessed 13 June 2017).
5. *Rossiyskiy setevoy rynek obshchestvennogo pitaniya 2016* [The Russian network market for catering 2016]. Available at: <http://research.rbc.ru>. (accessed 13 June 2017).
6. *Chto ozhidaet rossiyskiy obshchepit v 2017: tendentsii i mneniya spetsialistov* [What awaits the Russian catering in 2017: trends and opinions of specialists]. Available at: <http://alterainvest.ru/news/article-74961>. (accessed 13 June 2017).

Дополнительная информация / Additional Information

Ожерельева, А.В. Исследование предпочтений населения города Кемерово в отношении потребительских свойств продукции общественного питания / А.В. Ожерельева, М.С. Куракин // *Техника и технология пищевых производств.* – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 147–151.

Ozherel'eva A.V., Kurakin M.S. The study of preferences of inhabitants of the city of Kemerovo as far as consumer properties of products of public catering is concerned. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 147–151 (In Russ.).

© Ожерельева Анастасия Викторовна

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: anastasiyao@mail.ru

© Куракин Михаил Сергеевич

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: op.kemtipp@rambler.ru

© Anastasiya V. Ozherel'eva

Postgraduate Student of the Department of Catering Technology and Organization, Kemerovo Institute of Food Science and Technology, 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: anastasiyao@mail.ru

© Mikhail S. Kurakin

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Catering Technology and Organization, Kemerovo Institute of Food Science and Technology, 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: op.kemtipp@rambler.ru



УДК [637.146:66.081.6]:519.6

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ МЕМБРАННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ
В АППАРАТАХ С ОТВОДОМ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО СЛОЯ**

Б.А. Лобасенко, Е.К. Сазонова*, П.А. Мусаев, С.Г. Пачкин

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

*e-mail: ketsn.kem@gmail.com

Дата поступления в редакцию: 16.07.2017

Дата принятия в печать: 04.09.2017

Аннотация. Предложена математическая модель мембранного концентрирования с использованием теории автоматического управления (передаточных функциях). Модель может быть использована для описания мембранных процессов в аппаратах с отводом поляризационного слоя различных конструкций. Модель учитывает технологические, конструктивные и режимные параметры как самого мембранного аппарата, так и отводящего устройства. Приведена информационная схема описанной модели, состоящая из двух условных элементов – мембранного модуля и отводящего устройства, что представляет собой базовую конструкцию мембранных аппаратов с отводом поляризационного слоя. Кроме того, в состав информационной схемы входят информационные связи. Дополнительно для связи между мембранным модулем и отводящим устройством в схему введены промежуточные параметры, являющиеся выходными для мембранного модуля и входными для отводящего устройства. Описана методика расчета передаточной функции системы. Проведена сравнительная оценка данных, полученных с использованием предложенной модели, с экспериментальными результатами исследования опытно-промышленной конструкции мембранного аппарата. Расхождение показателей концентрации сухих веществ в отводимом слое, полученных теоретическим путем по предложенной математической модели, и экспериментальных данных во всем диапазоне изменения технологических параметров процесса не превышает 10 %. По результатам оценки сделаны выводы, что предложенная математическая модель описывает объект моделирования адекватно и обладает достаточной прогностической способностью для применения при расчете промышленных установок. Данные экспериментальных исследований опытно-промышленной конструкции обработаны и представлены в виде уравнения регрессии, связывающего концентрацию отводимого поляризационного слоя от технологических параметров, получены их рациональные значения.

Ключевые слова. Мембраны, моделирование, поляризационный слой, передаточные функции

**MATHEMATICAL MODELING AND EXPERIMENTAL STUDIES
OF MEMBRANE CONCENTRATION IN APPARATUSES
WITH THE WITHDRAWAL OF THE POLARIZATION LAYER**

B.A. Lobasenko, E.K. Sazonova*, P.A. Musaev, S.G. Pachkin

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

*e-mail: ketsn.kem@gmail.com

Received: 16.07.2017

Accepted: 04.09.2017

Abstract. A mathematical model of membrane concentration using the Automation Control theory is *proposed*. The model can be used for describing membrane processes in different kinds of apparatuses that withdraw polarization layer. The model considers technical, constructive and conditional parameters of the membrane apparatus itself and those of the withdraw device. The information scheme of the described model is presented, consisting of two conventional elements - the membrane module and the withdrawal device, which is a basic representation of apparatuses that withdraw polarization layer. Also, the information schema contains information relations. In addition, to connect the membrane module and the withdrawal device, the scheme has been modified with intermediate parameters which are output for the membrane module and input for the withdraw device. A technique for calculating the transfer function of a system is described. Comparative evaluation of the values obtained using the given model and the experimental values of the industrial pilot membrane apparatus have been done. The difference between experimental data and observational studies with different parameters of the process does not exceed 10%. Based on the evaluation results, it has been concluded that the proposed mathematical model describes the modeling object adequately and has sufficient predictive power to be used in the calculation of industrial installations. Based on the results of experimental studies of the industrial pilot plant, the

regression equation has been obtained. The regression equation connects the concentration of the withdrawn polarization layer with technological parameters, whose rational values have been obtained.

Keywords. Membrane, modeling, polarization layer, transfer functions

Введение

Мембранные процессы получили достаточно широкое распространение в различных отраслях промышленности [1–7]. При этом актуальной задачей является совершенствование существующего оборудования и разработка нового. Мембранное оборудование с отводом поляризационного слоя является одним из перспективных направлений мембранной техники. Отвод поляризационного слоя позволяет сократить время, необходимое для переработки раствора, а одновременная очистка внутренней поверхности мембраны без остановки процесса мембранного разделения, применяемая в последних разработанных конструкциях аппаратов, позволяет сократить время вспомогательных операций на производстве и уменьшить финансовые затраты. Таким образом, использование мембранных аппаратов с отводом поляризационного слоя позволяет получать продукты высокого качества при сокращении их себестоимости по сравнению с использованием классических методов переработки.

Один из важнейших аспектов модернизации промышленного оборудования – максимальное сокращение времени между разработкой конструкции и промышленным внедрением готового технического решения. При этом необходимо, чтобы подбор необходимых параметров работы оборудования, конструктивных особенностей и ожидаемых результатов модернизации был максимально экономичен и проходил в сжатые сроки.

Для реализации описанных потребностей используется математическое моделирование. Достаточно широкое распространение получило моделирование с использованием теории автоматического управления (передаточных функций), в частности, при описании мембранных процессов [7]. Однако при всем многообразии математических моделей нет единого подхода при описании этих процессов,

происходящих в аппаратах, отличающихся различным конструктивным решением. В связи с этим достаточно актуальной задачей является разработка унифицированной модели, которая при необходимости могла быть использована с минимальными трудозатратами при описании мембранных процессов в различных конструкциях аппаратов.

Предложенная в данной статье модель соответствует описанным требованиям, является универсальной для различных конструкций мембранных аппаратов и использует типовой аппарат кибернетического моделирования, что делает возможным ее широкое применение при проектировании промышленного оборудования.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются конструкции мембранных аппаратов с отводом поляризационного слоя. Предметом исследования является установление закономерностей процесса концентрирования с использованием математического моделирования на основе передаточных функций.

При разработке математической модели предпочтительно, чтобы она была универсальной и учитывала бы многообразие возможных конструкций. Поэтому ее целесообразно представлять в виде отдельных элементов, которые влияют на производительность процесса и качество получаемой продукции. В мембранных процессах это будут собственно мембрана (стандартные мембранные модули), производящие отвод фильтрата и являющиеся общим элементом всех аппаратов, а также способы и устройства, оказывающие существенное влияние на производительность и являющиеся частным элементом конструкций. Структурная схема аппаратов с отводом поляризационного слоя в общем виде представляет собой мембранный модуль и отводящее устройство (рис. 1) [8, 9].

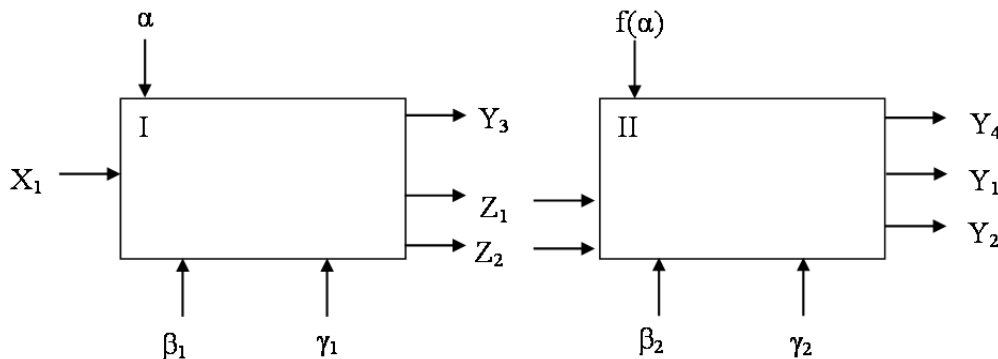


Рис. 1. Структурная схема мембранного аппарата с отводом поляризационного слоя:

элементы системы: I – мембранный блок; II – отводящее устройство; *входные параметры системы:* X_1 – концентрация сухих веществ в исходном растворе ($C_{вх}$); *возмущающие воздействия системы:* α – технологические параметры работы; $f(\alpha)$ – закономерности изменения технологических параметров (изменяются в зависимости от конкретного параметра и протекания процесса в аппарате); β_1 – конструктивные параметры мембранного блока; β_2 – конструктивные параметры отводящего устройства; γ_1 – режимные параметры работы мембранного модуля, γ_2 – режимные параметры работы отводящего устройства; *входные параметры отводящего устройства:* Z_1 – концентрация сухих веществ в концентрате (C_k); Z_2 – расход концентрата (F_k); *выходные параметры системы:* Y_1 – концентрация сухих веществ в отведенном поляризационном слое ($C_{пс}$); Y_2 – расход отводимого поляризационного слоя ($F_{пс}$); Y_3 – расход фильтрата (F_f), Y_4 – расход обедненного потока ($F_{об.п}$)

Подобная схема применима для мембранных аппаратов вне зависимости от метода отвода поляризационного слоя, используемого типа мембраны и перерабатываемого сырья, что позволяет применять ее в различных областях промышленности и для различных конструктивных решений.

Для простоты построения общего вида передаточной функции приведенной информационной схемы необходимо разделить ее на более мелкие части, состоящие из возмущающего воздействия, входного и выходного параметров (пример на рис. 2). Для построения передаточной функции такого элемента необходимо произвести воздействие по входному параметру и возмущающему воздействию.

После обработки всех частей системы полученные передаточные функции должны быть последовательно собраны воедино, в соответствии с их взаимосвязями, отраженными на информационной схеме (рис. 1). В результате будет получена передаточная функция всей исследуемой системы, отражающая влияние возмущающих воздействий и входных параметров системы на ее выходные параметры.

На основе полученной модели для конкретного оборудования могут быть рассчитаны оптимальные параметры работы, позволяющие получить продукт с необходимыми характеристиками при минимальной себестоимости.

Начнем построение передаточных функций с разделения схемы на основные части (мембранный модуль и отводящее устройство). В каждой части определим изучаемые возмущающие воздействия и выходные параметры. После чего для всех возможных пар определенных воздействий и параметров составим передаточные функции.

Например, для построения передаточной функ-

ции по мембранному модулю по каналам воздействия технологических параметров и параметру Z_1 необходимо нанести воздействие на систему по каналам X_1 и α (рис. 2).

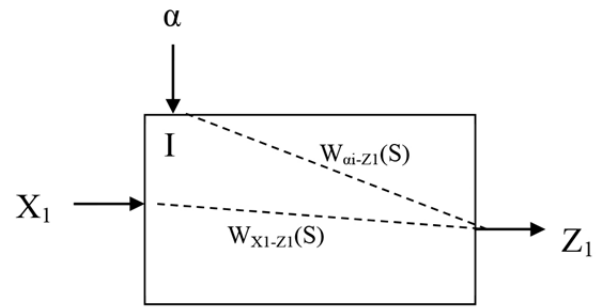


Рис. 2. Схема нанесения двух воздействий на систему (технологический параметр и концентрация сухих веществ в исходном растворе)

В результате получим передаточную функцию в общем виде (1):

$$W_{\alpha-Z_1}(S) = (Z_1(S) - X_1(S) * W_{X_1-Z_1}(S)) / \alpha(S). \quad (1)$$

Подобным образом строятся передаточные функции каждого исследуемого канала воздействия и каждого выходного параметра. Далее построенные функции объединяются для описания передаточной функции всей системы в целом, что позволяет математически описать воздействие всех анализируемых возмущающих воздействий и входных параметров на выходы системы.

Например, построим передаточную функцию в общем виде через параметр Z_1 для выходного параметра Y_1 по каналу воздействия технологических параметров (рис. 3).

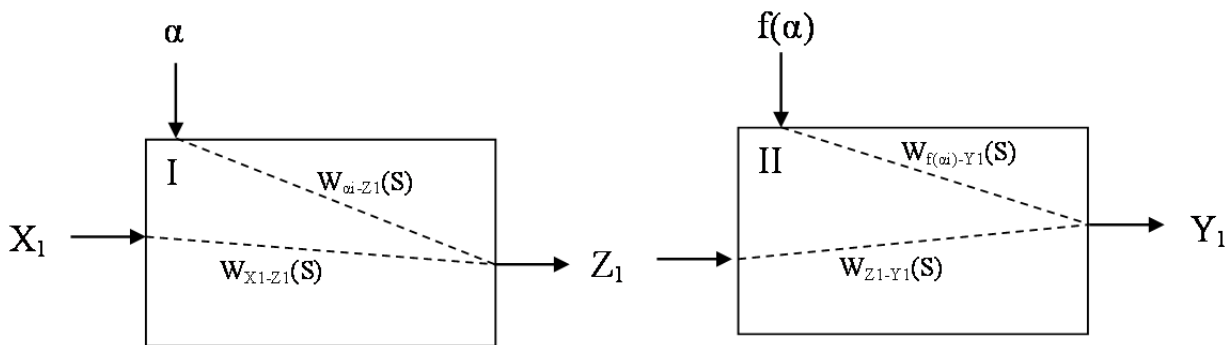


Рис. 3. Схема нанесения последовательных воздействий на систему

Для построения передаточной функции в общем виде по схеме (рис. 4) выразим Z_1 через (1). В результате получим (2)

$$W_{Y_1}(S) = X_1(S) * W_{X_1-Z_1}(S) * W_{Z_1-Y_1}(S) + \alpha(S) * W_{\alpha-Z_1}(S) * W_{Z_1-Y_1}(S) + f(\alpha)(S) * W_{f(\alpha)-Y_1}(S). \quad (2)$$

Аналогично получены передаточные функции всех выходных параметров по каналам воздействия всех учтенных параметров. Общий вид передаточ-

ной функции по каналам воздействия технологических параметров можно записать в следующем виде (3).

$$W_{Y_i}(S) = X_1(S) * W_{X_1-Z_1}(S) * W_{Z_1-Y_i}(S) * W_{X_1-Z_2}(S) * W_{Z_2-Y_i}(S) + \sum_{n=1}^n \alpha(S) * W_{\alpha-Z_1}(S) * W_{Z_1-Y_i}(S) * W_{\alpha-Z_2}(S) * W_{Z_2-Y_i}(S) + \sum_{n=1}^n f(\alpha)(S) * W_{f(\alpha)-Y_i}(S). \quad (3)$$

Аналогично построим общие виды передаточных функций по каналам воздействия конструктивных (4) и режимных (5) параметров, из формулы (3–5) может быть построена передаточная функция всей системы в общем виде (6)

$$W_{Yi}(S) = X_1(S) * W_{X_1-Z_1}(S) * W_{Z_1-Yi}(S) * W_{X_1-Z_2}(S) * \\ * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{mi=1} \beta_{1i}(S) * W_{\beta_{1i}-Z_1}(S) * \quad (4)$$

$$* W_{Z_1-Yi}(S) * W_{\beta_{1i}-Z_2}(S) * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{mi=1} \beta_{2i}(S) * W_{\beta_{2i}-Yi}(S);$$

$$W_{Yi}(S) = X_1(S) * W_{X_1-Z_1}(S) * W_{Z_1-Yi}(S) * W_{X_1-Z_2}(S) * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{li=1} \gamma_{1i}(S) * W_{\gamma_{1i}-Z_1}(S) * \quad (5)$$

$$* W_{Z_1-Yi}(S) * W_{\gamma_{1i}-Z_2}(S) * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{li=1} \gamma_{2i}(S) * W_{\gamma_{2i}-Yi}(S);$$

$$W_{Yi}(S) = X_1(S) * W_{X_1-Z_1}(S) * W_{Z_1-Yi}(S) * \\ * W_{X_1-Z_2}(S) * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{ni=1} \alpha_i(S) * \\ * W_{\alpha_i-Z_1}(S) * W_{Z_1-Yi}(S) * W_{\alpha_i-Z_2}(S) * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{ni=1} f(\alpha_i)(S) * W_{f(\alpha_i)-Yi}(S) + \sum_{mi=1} \beta_{1i}(S) * W_{\beta_{1i}-Z_1}(S) * W_{Z_1-Yi}(S) * W_{\beta_{1i}-Z_2}(S) * \\ * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{mi=1} \beta_{2i}(S) * W_{\beta_{2i}-Yi}(S) + \sum_{li=1} \gamma_{1i}(S) * W_{\gamma_{1i}-Z_1}(S) * W_{Z_1-Yi}(S) * W_{\gamma_{1i}-Z_2}(S) * \\ * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{li=1} \gamma_{2i}(S) * W_{\gamma_{2i}-Yi}(S).$$

$$* W_{\alpha_i-Z_1}(S) * W_{Z_1-Yi}(S) * W_{\alpha_i-Z_2}(S) * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{ni=1} f(\alpha_i)(S) * W_{f(\alpha_i)-Yi}(S) + \sum_{mi=1} \beta_{1i}(S) * W_{\beta_{1i}-Z_1}(S) * W_{Z_1-Yi}(S) * W_{\beta_{1i}-Z_2}(S) * \\ * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{mi=1} \beta_{2i}(S) * W_{\beta_{2i}-Yi}(S) + \sum_{li=1} \gamma_{1i}(S) * W_{\gamma_{1i}-Z_1}(S) * W_{Z_1-Yi}(S) * W_{\gamma_{1i}-Z_2}(S) * \\ * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{li=1} \gamma_{2i}(S) * W_{\gamma_{2i}-Yi}(S). \quad (6)$$

$$* W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{mi=1} \beta_{2i}(S) * W_{\beta_{2i}-Yi}(S) + \sum_{li=1} \gamma_{1i}(S) * W_{\gamma_{1i}-Z_1}(S) * W_{Z_1-Yi}(S) * W_{\gamma_{1i}-Z_2}(S) * \\ * W_{Z_2-Yi}(S) + \sum_{li=1} \gamma_{2i}(S) * W_{\gamma_{2i}-Yi}(S).$$

Далее для получения частного вида передаточной функции конкретной исследуемой системы необходимо на основе экспериментальных исследований построить передаточные функции по всем анализируемым каналам и найти закономерности изменения технологических параметров $f(\alpha)$, описывающие каким образом изменяются технологические параметры при протекании процесса в отводящем устройстве по сравнению с заданными в мембранном модуле параметрами.

Предложенная математическая модель на основе кибернетического моделирования может быть применена к любым конструкциям мембранных аппаратов, общая схема функционирования которых соответствует приведенной информационной схеме (рис. 1).

Для получения частного случая предложенной модели для конкретного аппарата необходимо построить все учитываемые передаточные функции W , найти закономерности изменения технологических параметров $f(\alpha_i)$. Закономерности $f(\alpha)$ отражают изменение технологического параметра при протекании процесса в отводящем устройстве от

этого же параметра в мембранном модуле. Например, давление среды в мембранном модуле и отводящем устройстве будет отличаться, однако воздействовать на давление в отводящем устройстве без изменений давления в мембранном модуле невозможно в связи с конструкцией аппаратов с отводом поляризационного слоя. В то же время давление среды в отводящем устройстве неразрывно связано с давлением в мембранном модуле. Однако конкретные закономерности изменения технологических параметров могут быть построены только для каждого конкретного исследуемого аппарата отдельно. При незначительном различии величины технологического параметра в мембранном модуле и отводящем устройстве закономерностями $f(\alpha)$ можно пренебречь и использовать для расчетов единые значения параметров α как для мембранного модуля, так и для отводящего устройства. Воздействия, влияние которых на систему незначительно либо не поддается экспериментальному исследованию, могут быть приравнены к нулю и, тем самым, удалены из расчета.

Использование операционного исчисления

Операционное исчисление широко применяется в различных отраслях науки и техники благодаря универсальности, простоте использования и сокращению затрат времени на математическую обработку. С его помощью можно простые дифференциальные и интегральные уравнения свести к алгебраическим. После получения решения алгебраического уравнения его восстанавливают по изображению.

Установим связь между ПФ $W(S)$ звена (системы) и типовыми выходными характеристиками – переходной $h(t)$ функциями.

Операционный метод (метод операционного исчисления) позволяет описывать и анализировать системы в форме передаточных функций. [2] В основе метода лежит преобразование Лапласа (7) [9].

$$W(S) = L\{x(t)\} = S \cdot \int_0^{\infty} h(t) \cdot e^{-St} dt \quad (7)$$

Известно, что концентрация поляризационного слоя циклически изменяется от продолжительности. В этом случае параметры определяются графически по формулам (8–10)

$$k = h(\infty) \quad , \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{\ln(a_1/a_2)}{t_2 - t_1} \quad , \quad (9)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{t_2 - t_1} \quad . \quad (10)$$

С учетом этого (11)

$$\begin{aligned}
 W(S) &= S \cdot \int_0^{\infty} h(t) \cdot e^{-S \cdot t} dt = S \cdot \int_0^{\infty} h(t) \cdot e^{-S \cdot t} dt = S \cdot dt = \\
 &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(k \cdot S \int_0^n \left(1 - (\cos \omega \cdot t + m \cdot \sin \omega \cdot t) \cdot e^{-\alpha \cdot t} \right) \cdot e^{-S \cdot t} dt \right) = \\
 &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left[k \cdot S \cdot \int_0^n \left(1 - (\cos \omega \cdot t + m \cdot \sin \omega \cdot t) \cdot e^{-\alpha \cdot t} \right) \cdot e^{-S \cdot t} dt \right] = \\
 &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left[k \cdot S \cdot \int_0^n \left(e^{-S \cdot t} - \cos \omega \cdot t \cdot e^{(-\alpha - S) \cdot t} - m \cdot \sin \omega \cdot t \cdot e^{(-\alpha - S) \cdot t} \right) dt \right] = \\
 &= k \cdot S \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\int_0^n e^{-S \cdot t} dt \right) - k \cdot S \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\int_0^n \cos \omega \cdot t \cdot e^{(-\alpha - S) \cdot t} dt \right) - \\
 &\quad - k \cdot m \cdot S \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\int_0^n \sin \omega \cdot t \cdot e^{(-\alpha - S) \cdot t} dt \right) = k \cdot S \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{S} \cdot e^{-S \cdot t} \right) - \\
 &\quad - k \cdot S \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{-\alpha - S}{(-\alpha - S)^2 + \omega^2} \cdot e^{-(\alpha + S) \cdot t} \cdot \cos(\omega \cdot t) + \frac{\omega}{(-\alpha - S)^2 + \omega^2} \cdot e^{-(\alpha + S) \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t) \right) - \\
 &\quad - k \cdot m \cdot S \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{-\omega}{(-\alpha - S)^2 + \omega^2} \cdot e^{-(\alpha + S) \cdot t} \cdot \cos(\omega \cdot t) - \frac{-\alpha - S}{(-\alpha - S)^2 + \omega^2} \cdot e^{-(\alpha + S) \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t) \right) = \\
 &= k \cdot S \cdot \frac{1}{S} + k \cdot S \cdot \frac{\alpha + S}{(-\alpha - S)^2 + \omega^2} - k \cdot m \cdot S \cdot \frac{\omega}{(-\alpha - S)^2 + \omega^2} = \\
 &= \frac{k \cdot \left((-\alpha - S)^2 + \omega^2 \right) + k \cdot S \cdot (\alpha + S) - k \cdot m \cdot S \cdot \omega}{(-\alpha - S)^2 + \omega^2} = \\
 &= \frac{k \cdot \left((-\alpha - S)^2 + \omega^2 \right) + k \cdot S \cdot (\alpha + S) - k \cdot m \cdot S \cdot \omega}{\alpha^2 - 2 \cdot \alpha \cdot S + S^2 + \omega^2} = \\
 &= \frac{-k \cdot \left(\alpha^2 + 2 \cdot \alpha \cdot S + S^2 + \omega^2 \right) + k \cdot S \cdot (\alpha + S) - k \cdot m \cdot S \cdot \omega}{\alpha^2 - 2 \cdot \alpha \cdot S + S^2 + \omega^2} = \\
 &= \frac{-k \cdot S^2 - 2 \cdot \alpha \cdot S \cdot k + k \cdot \left(\alpha^2 + \omega^2 \right) + k \cdot S^2 + k \cdot S \cdot \alpha + k \cdot m \cdot S \cdot \omega}{\alpha^2 - 2 \cdot \alpha \cdot S + S^2 + \omega^2} = \\
 &= \frac{-2 \cdot \alpha \cdot S \cdot k + k \cdot \left(\alpha^2 + \omega^2 \right) + k \cdot S \cdot \alpha + k \cdot m \cdot S \cdot \omega}{\alpha^2 - 2 \cdot \alpha \cdot S + S^2 + \omega^2} = \frac{-\alpha \cdot S \cdot k + k \cdot \left(\alpha^2 + \omega^2 \right) + k \cdot m \cdot S \cdot \omega}{\alpha^2 - 2 \cdot \alpha \cdot S + S^2 + \omega^2} = \\
 &= \frac{(-\alpha \cdot k + k \cdot m \cdot \omega) \cdot S + k \cdot \left(\alpha^2 + \omega^2 \right)}{\alpha^2 + 2 \cdot \alpha \cdot S + S^2 + \omega^2} = \frac{k \cdot \left(\alpha^2 + \omega^2 \right)}{S^2 + 2 \cdot \alpha \cdot S + \alpha^2 + \omega^2}.
 \end{aligned} \tag{11}$$

Параметры переходной функции определяются графически. Передаточная функция данного звена имеет вид (12).

$$W(S) = \frac{k \cdot \left(\alpha^2 + \omega^2 \right)}{S^2 + 2 \cdot \alpha \cdot S + \alpha^2 + \omega^2}, \tag{12}$$

где α – параметр затухания; k – коэффициент усиления объекта; ω – частота собственных колебаний с учетом демпфирования.

Также могут быть рассчитаны экспоненциальные воздействия на систему.

1. Убывающее единичное экспоненциальное воздействие (13).

$$x(t) = e^{-t/T}$$

$$F(s) = \int_0^{\infty} e^{-t/T} \cdot e^{-st} dt = \lim_{\beta \rightarrow \infty} \int_0^{\beta} e^{-(\frac{1}{T}+s)t} dt =$$

$$= \lim_{\beta \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{-\frac{1}{T}-s} \right) e^{(\frac{1}{T}+s)t} = \frac{T}{Ts+1}$$

$$W(s) = s \cdot F(s) = s \cdot \frac{T}{Ts+1} = \frac{T_s}{Ts+1}. \quad (13)$$

2. Возрастающее единичное экспоненциальное воздействие (14).

$$x(t) = 1 - e^{-t/T}$$

$$F(s) = \int_0^{\infty} (1 - e^{-t/T}) \cdot e^{-st} dt = \lim_{n \rightarrow \infty} \int_0^{\beta} \left[e^{-st} - e^{-(\frac{1}{T}+s)t} \right] dt =$$

$$= \frac{1}{s} - \frac{T_s}{Ts+1} = \frac{Ts+1-T}{Ts^2+s}$$

$$W(s) = s \cdot F(s) = s \cdot \frac{Ts+1-T}{Ts^2+s} = \frac{T_s-T+1}{Ts+1}. \quad (14)$$

Применение операционного исчисления в кибернетическом моделировании позволяет сократить время, необходимое для расчета, и повысить его точность.

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные исследования осуществлялись на опытно-промышленной конструкции мембранного аппарата, аналогом которой служил патент [11]. Экспериментальные исследования проводились с использованием полного факторного эксперимента.

На исследуемой лабораторной установке не проводился анализ конструктивных параметров, однако в информационной схеме (рис. 1) они присутствуют, т.к. схема является универсальной для широкого круга аппаратов, в то время как приведенное экспериментальное исследование является лишь частным случаем использования предложен-

ной математической модели. Использование избыточного количества исследуемых факторов системы позволяет при необходимости быстро адаптировать ее к более широкому кругу лабораторных установок и аппаратов.

В качестве исходной среды было использовано обезжиренное молоко с концентрацией сухих веществ 5,15 % масс.

Для определения численных значений выходных параметров мембранного модуля были использованы аналитические методы по причине сложности их инструментального измерения. Аналитические зависимости представлены ниже (15, 16).

$$Z_1 = (Y_1 * Y_2 + C_{об.р.} * Y_4) / Z_2, \quad (15)$$

где $C_{об.р.}$ – концентрация обедненного раствора ($C_{об.р.} = 3,87$).

$$Z_2 = Y_2 + Y_4. \quad (16)$$

Для используемых входных параметров и возмущающих воздействий были определены следующие допустимые диапазоны изменений:

- температура исходного сырья 20–60 °С, (20 °С – средняя температура производственных помещений, 60 °С – температура денатурации белков коровьего молока);

- концентрация сухих веществ в сырье 5,15 % (используется обезжиренное молоко с такой концентрацией сухих веществ);

- критерий Рейнольдса для потока внутри мембраны – до 2300 (при таких значениях обеспечивается ламинарный режим течения среды, что благоприятно для сохранения концентрации поляризационного слоя).

В результате исследования и обработки результатов были получены передаточные функции, описывающие взаимосвязи системы.

После подстановки полученных значений в общий вид математической модели с помощью математического программного обеспечения получена частная математическая модель, описывающая работу опытно-промышленного аппарата.

Обработка экспериментальных данных позволила получить уравнение регрессии, описывающее зависимость содержания сухих веществ от технологических параметров.

Выборочное уравнение регрессии в безразмерном масштабе имеет вид (17).

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3, \quad (17)$$

где x_1 – давление среды; x_2 – режим течения среды; x_3 – время обработки.

Исключаем из уравнения путем приравнивания к нулю незначимые коэффициенты b_{13} и b_{123} . Пос-

ле этого уравнение регрессии в безразмерном масштабе имеет вид (18).

Уравнение регрессии в натуральном масштабе (19).

$$\hat{y} = 6,41 + 0.035 \cdot x_1 + 0.183 \cdot x_2 + 0.042 \cdot x_3 + 0.058 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0.039 \cdot x_2 \cdot x_3, \quad (18)$$

$$y = 6.3273 + 0.0091 \cdot P + 5.63 \cdot 10^{-5} \cdot Re - 9.1 \cdot 10^{-4} \cdot t - 4 \cdot 10^{-4} \cdot P \cdot Re - 3 \cdot 10^{-6} \cdot Re \cdot t . \quad (19)$$

После анализа и обработки полученных экспериментальных данных были получены следующие рациональные значения параметров переработки: $t = 20$ мин, $P = 3$ МПа, $Re = 1500$, $C(3; 1500; 40) = 6,4$ % масс.

Увеличение концентрации сухих веществ в отводимом слое по сравнению с концентрацией в исходном растворе составляет от 8,5 до 17 % для обезжиренного молока.

Данная конструкция позволяет повысить концентрацию поляризационного слоя в среднем на 17–20 % по сравнению с концентрацией раствора в канале аппарата. Полученные данные говорят о перспективности предложенной конструкции для промышленного применения.

Оценка прогностической способности

Оценка прогностической способности модели была проведена по полученным экспериментальным данным путем подстановки исходных параметров экспериментов в модель. Расхождение показателей концентрации сухих веществ в отводимом слое, полученных теоретически, путем расчета по предложенной математической модели и полу-

ченных экспериментально во всем диапазоне изменения технологических параметров процесса не превышает 10 %, что свидетельствует о достаточной адекватности модели и делает ее применимой для расчета и проектирования промышленного оборудования.

Выводы

Предложена математическая модель, которая может быть использована для различных конструкций мембранных аппаратов. Ее сравнительная оценка с данными, полученными экспериментальным путем, проведенная на опытно-промышленной конструкции, показала ее адекватность и достаточную прогностическую способность для ее применения в проектировании промышленного оборудования.

Предложенная модель может быть использована для широкого круга мембранных аппаратов. Ее применение сократит продолжительность математического моделирования и позволит уменьшить время, необходимое от разработки новой модели, до внедрения ее в производство.

Список литературы

1. Свитцов, А.А. Введение в мембранную технологию / А.А. Свитцов. – М.: ДеЛи Принт, 2007. – 208 с.
2. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию: пер. с англ. / М. Мулдер. – М.: Мир, 1999. – 513 с.
3. Дытнерский, Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1986. – 272 с.
4. Фетисов, Е.А. Мембранные и молекулярно-ситовые методы переработки молока / Е.А. Фетисов, А.П. Чагаровский. – М., Агропромиздат, 1991. – 272 с.
5. Брок, Т.Д. Мембранная фильтрация: пер.с англ. / Т.Д. Брок. – М.: Мир, 1987. – 464 с.
6. Гаврилов, Г.Г. Технология мембранных процессов переработки молочной сыворотки и создание продуктов с функциональными свойствами: монография / Г.Б. Гаврилов. – М.: Россельхозакадемия, 2006. – 134 с.
7. Drioli, Enrico. Membrane Contactors: Fundamentals, Applications and Potentialities / Enrico Drioli, A. Criscuoli, E. Curcio // Membrane Science and Technology. – 2005. – Vol. 11. – 516 p.
8. Лобасенко, Б.А. Математическое моделирование процесса мембранного концентрирования на основе кибернетического подхода / Б.А. Лобасенко, Р.В. Котляров, Е.К. Сазонова // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2–1. – С. 70–75.
9. Котляров, Р.В. Моделирование процесса мембранного концентрирования молочных сред и разработка аппаратурных схем установок: автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.12. – Кемерово, 2009. – 17 с.
10. Baeumer, B. Unbounded functional calculus for bounded groups with applications / B. Baeumer, M. Kovács, M. Haase // Journal of Evolution Equations. – 2009. – Vol. 9. – № 1. – P. 171–195.
11. Патент № 2181619 Российская Федерация. Аппарат для мембранного концентрирования / Лобасенко Б.А., Сафонов А.А., Лобасенко Р.Б., Черданцева А.А.; заявитель и патентообладатель Лобасенко Б.А. – Оpubл. 27.04.2002 в Б.И. № 12.

References

1. Svittsov A.A. *Vvedenie v membrannuyu tekhnologiyu* [Introduction to membrane technology]. Moscow: DeLi Print Publ., 2007. 208 p.
2. Mulder M. *Vvedenie v membrannuyu tekhnologiyu* [Introduction to membrane technology]. Moscow: Mir Publ., 1999. 513 p.
3. Dytnerskiy Yu.I. *Baromembrannye protsessy. Teoriya i raschet*. [Baromembrane processes. Theory and calculation]. Moscow: Khimiya Publ., 1986. 272 p.
4. Fetisov E.A., Chagarovskiy A.P. *Membrannye i molekulyarno-sitovye metody pererabotki moloka* [Membrane and molecular sieve methods of milk processing]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1991. 272 p.
5. Brok T.D. *Membrannaya fil'tratsiya* [Membrane filtration]. Moscow: Mir Publ., 1987. 464 p.
6. Gavrilov G.G. *Tekhnologiya membrannykh protsessov pererabotki molochnoy syvorotki i sozdanie produktov s funktsional'nymi svoystvami* [Technology of membrane processes of whey processing and creation of products with functional properties]. Moscow: Rossel'khozakademiya Publ., 2006. 134 p.
7. Enrico Drioli, Criscuoli A., Curcio E.. *Membrane Contactors: Fundamentals, Applications and Potentialities*, vol. 11. E Rende (CS) Italy: Elsevier Science Publ., 2005. 516 p.
8. Lobasenko B.A., Kotlyarov R.V., Sazonova E.K. *Matematicheskoe modelirovanie protsessa membrannogo kontsentrirvaniya na osnove kiberneticheskogo podkhoda* [Mathematical modeling of membrane concentration based cybernetic approach]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2016, no. 2–1, pp.70–75.

9. Kotlyarov R.V. *Modelirovanie protsessa membrannogo kontsentrirvaniya molochnykh sred i razrabotka apparaturnykh skhem ustanovok. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk.* [Modeling of the process of membrane concentration of dairy media and development of apparatus diagrams of plants. Cand. eng. sci. thesis]. Kemerovo, 2009. 17 p.

10. Baeumer B., Haase M., Kovács M., Unbounded functional calculus for bounded groups with applications, *J. Evol. Equ.*, 2009, vol. 9, no. 1, pp.171–195.

11. Lobasenko B.A., Safonov A.A., Lobasenko R.B., Cherdantseva A.A. *Apparat dlya membrannogo kontsentrirvaniya* [Apparatus for membrane concentration]. Patent RF, no. 2181619, 2002.

Дополнительная информация / Additional Information

Математическое моделирование и экспериментальные исследования мембранного концентрирования в аппаратах с отводом поляризационного слоя / Б.А. Лобасенко, Е.К. Сазонова, П.А. Мусаев, С.Г. Пачкин // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46. – № 3. – С. 152–159.

Lobasenko B.A., Sazonova E.K., Musaev P.A., Pachkin S.G. Mathematical modeling and experimental studies of membrane concentration in apparatuses with the withdrawal of the polarization layer. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 46, no. 3, pp. 152–159 (In Russ.).

© Лобасенко Борис Анатольевич

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: tppp@kemtipp.ru

© Сазонова Екатерина Константиновна

аспирант кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: ketsn.kem@gmail.com

© Мусаев Парвизджон Абдурашидович

магистрант кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

© Пачкин Сергей Геннадьевич

канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов и АСУ, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

© Boris A. Lobasenko

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: tppp@kemtipp.ru

© Ekaterina K. Sazonova

Postgraduate Student of the Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: ketsn.kem@gmail.com

© Parvizgon A. Musaev

Graduate Student of the Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

© Sergey G. Pachkin

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Production Processes Automation and Automation Systems, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia



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 редакционной коллегии.

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 ос-

новной 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-

ть; 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. Подрисовочная 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..

3 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. Остроумов¹, О.А. Иванов², О.В. Кригер¹

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

²ФГБОУ 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. Ostroumov¹, O.A. Ivanov², O.V. Kriger¹

¹Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

²Kemerovo 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, подверженные консервации методом сублимационной сушки.....

.....

.....

$$\dots\dots\dots h = h_0 \cdot \left(1 - \frac{l \cdot \operatorname{tg} \theta}{2 \cdot h_0}\right), \quad (1)$$

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.10 ⁶	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

- Харитонов, И. Изучение качественных характеристик концентратов лактобактерий в процессе криозамораживания и сублимационной сушки / И. Харитонов, А.Ю. Просеков, М.И. Шрамко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – № 2(47). – С. 87–90.
- Бабич, О.О. Оптимизация лиофилизации L-фенилаланин-аммоний-лиазы / О.О. Бабич, А.Ю. Просеков // Биомедицинская химия. – 2013. – Т. 59. – № 6. – С. 682–692.
- 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.
- 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.
- ГОСТ 32951-2014. Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.
- Ivanets V. N. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal 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.
- Wioletta Błaszczyk, 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 koncentratov laktobakteriy v protsesse krioamorazhivaniya i sublimatsionnoy sushki [Investigation into quality features in lactobacilli concentrate through cryofreezing and sublimation dryin]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta* [Newsletter 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, vol. 59, no. 6, pp. 682–692.
3. Motovilov O.K. *Nauchnoe obosnovanie tekhnologii pishchevoy produktsii s ispol'zovaniem gidromekha-nicheskogo dispergirovaniya i otsenka ee kachestva. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Scientific justification of food technologies with hydromechanical dispersing and assessment of its quality. Dr. eng. sci. diss.], Kemerovo, 2012, 39 p.
4. Shirokov E.P. and Polegaev V.I. *Khranenie i pererabotka produktcii rasteniyevodstva 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 material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal 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.

Крумлик 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: olgakruger58@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: olgakruger58@mail.ru

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ
(FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)
№ 3 (46), 2017**

Ответственный за выпуск *А.И. Лосева*

Литературный редактор *О.Б. Глушкова*

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 22.09.2017.

Дата выхода в свет 22.09.2017. Формат 60×84^{1/8}.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Печать офсетная. Усл. п. л. 24,0. Уч.-изд. л. 24,0.

Тираж 100 экз. Заказ № 84. Цена свободная.

Адрес редакции:

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

Адрес типографии:

650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 7, к. 2006