Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Кемеровский государственный университет

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ
(FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)

№ 1 (49), 2019

Научный журнал
Издается с 1998 года

Учредитель:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» (ФГБОУ ВО «КемГУ»),
650000, Россия, Кемеровская обл.,
г. Кемерово, Красная, 6

Адрес редакции и издателя:
ФГБОУ ВО «КемГУ»
650000, Россия, Кемеровская обл.,
г. Кемерово, Красная, 6
тел.: +7 (3842) 58-80-24
http: fptt.ru
e-mail: fptt98@gmail.com

Адрес типографии:
650000, Россия, Кемеровская обл.
г. Кемерово, пр. Советский, 73

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

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-72313 выдано *Роскомнадзор.*

Дата выхода в свет
Усл. п. л. 19,86. Уч.-изд. л. 38,43.
Тираж 500 экз. Заказ №
Цена свободная.
Выходит 4 раза в год

Подписной индекс по объединенному каталогу «Пресса России» – 41672

Ответственный за выпуск
А. А. Кирякова

Литературный редактор
А. Ю. Курникова

Литературный редактор (англ. язык)
Н. В. Рабкина

Дизайн и компьютерная верстка
М. В. Горбунова

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

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

Кемеровский государственный университет,
г. Кемерово, Красная, 6
© КемГУ, 2019

16+

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

Главный редактор
А. Ю. Просеков, доктор технических наук, профессор РАН, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия.

Зам. главного редактора
А. Н. Петров, доктор технических наук, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, Видное, Россия;
О. О. Бабич, доктор технических наук, доцент, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия.

Редакционная коллегия:
П. П. Баранов, доктор экономических наук, доцент, Сибирский государственный индустриальный университет, Новосибирск, Россия;
С. М. Бычкова, доктор экономических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Россия;
А. Л. Верещагин, доктор химических наук, профессор, Бийский технологический институт (филиал) «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Россия;
Г. Б. Гаврилов, доктор технических наук, Ярославский государственный институт качества сырья и пищевой продукции, Ярославль, Россия;
А. Г. Галстян, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности, Москва, Россия;
И. Ф. Горлов, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия;
Г. М. Гриценко, доктор экономических наук, профессор, Сибирский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Новосибирская обл., Россия;
Г. В. Гуринович, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;
Н. И. Дунченко, доктор технических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия;
И. А. Евдокимов, доктор технических наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия;
А. В. Заушинцена, доктор биологических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;
В. П. Зотов, доктор экономических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;
Т. А. Краснова, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;
В. Г. Лобанов, доктор технических наук, профессор, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия;
Г. О. Магомедов, доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия.
Л. А. Маюрникова, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;
Л. А. Остроумов, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;
В. М. Позняковский, доктор биологических наук, профессор, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, Кемерово, Россия;
В. А. Помозова, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;
В. Н. Попов, доктор биологических наук, профессор РАН, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия;
Л. В. Терещук, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;
С. Л. Тихонов, доктор технических наук, профессор, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия;
С. Н. Хабаров, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, Научно-исследовательский институт садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко – отдел ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», Барнаул, Россия;
В. Д. Харитонов, доктор технических наук, профессор, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия;
Р. А. Ханферьян, доктор медицинских наук, профессор, Российский университет дружбы народов, Москва, Россия;
В. Н. Хмелев, доктор технических наук, профессор, Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета, Бийск, Россия;
А. Г. Храмцов, доктор технических наук, академик РАН, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия;
В. Г. Шелепов, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия;
Геста Людвиг Винберг, доктор, доцент, Каролинский институт, Стокгольм, Швеция;
Марко Тиман, профессор, университет Tun Abdul Razak, Куала-Лумпур, Малайзия, университет Malaysia Pahang, Паханг, Малайзия.
Хусейн Сахин, доктор биохимических наук, профессор, университет Гиресун, Гиресун, Турция.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Битюкова А. В., Амелькина А. А., Евтеев А. В., Банникова А. В. Разработка биотехнологии получения фитовеществ из вторичных продуктов переработки зерна……..……. 5

ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Иванова С. А., Милентьева И. С., Асякина Л. К., Лукин А. А., Кригер О. В., Петров А. Н. Использование биологически активных веществ лекарственных растений Сибири в функциональных напитках на основе молочной сыворотки……. 14

Куценкова В. С., Неповинных Н. В., Лямина Н. П., Сенчихин В. Н. Разработка рецептуры и медико-биологическая оценка хлебобулочных изделий с добавкой нетрадиционного растительного сырья……..… 23

Москвина Н. А., Голубцова Ю. В. Методические аспекты контроля качества молочных продуктов с растительными добавками…….……..… 32

Неповинных Н. В., Петрова О. Н., Белова Н. М., Еганехзад С. Исследование физико-химических и текстурных свойств желированных десертов без желатина……. 43

Почицкая И. М., Росляков Ю. Ф., Комарова Н. В., Рослик В. Л. Исследование компонентов, формирующих органолептические характеристики плодов и ягод ……. 50

Резниченко И. Ю., Фролова Н. А., Кучебо В. В., Туров С. В. Использование сиропов в рецептуре сахаристых кондитерских изделий повышенной пищевой ценности……..…… 62

ПРОЦЕССЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Алексеев Г. В., Егорова О. А., Молдованов Д., Егоров А. Н. Возможности совершенствования распылительной сушки пищевых суспензий…….…….…..… 70

Бородулин Д. М., Зорина Т. В., Иванец В. Н., Невская Е. В., Тюрина О. Е., Борисова А. Е. Определение ключевых параметров работы вибрационного смесителя при получении мучных хлебопекарных смесей … 77

Конева С. И., Егорова Е. Ю., Козубаева Л. А., Резниченко И. Ю. Влияние льняной муки на реологические свойства теста из смеси пшеничной и льняной муки и качество хлеба…… 85

Марьин В. А., Верещагин А. Л., Бычин Н. В. Динамика изменений механических свойств зерен основных фракций по крупности зерна гречихи хранившегося под снегом……..…… 97

Неверов Е. Н., Лифенцева Л. В., Усов А. В. Определение процессовых характеристик быстрого замораживания продуктов методом непрерывного и дискретного теплооотвода……..……..… 104

Фоменко Е. В., Нугманов А. Х.-Х. Управление скоростью перемещения вязкоупругих материалов в цилиндрическом канале шнекового питателя формующих устройств……... 113

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ

Величко Н. А., Рыгалова Е. А., Шароглазова Л. П., Сутугина К. А. Влияние транспортировки и хранения на потерю массы и влаги экзотических фруктов…… 120

ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Бутов А. В., Мандрова А. А. Биохимические показатели и нитраты в период хранения картофеля при современных приемах возделывания..... 127

Тверитникова И. С., Кирш И. А., Помогова Д. А., Банникова О. А., Безнаева О. В., Романова В. А. Разработка многослойного упаковочного материала на основе полиолефиновых смесей, модифицированных сополимером этилена с пропиленом, для хранения пищевых продуктов……..... 135

ЭКОНОМИКА

Мизанбекова С. К., Богомолова И. П., Василенко И. Н., Богомолов А. В. Стратегическое планирование инновационного развития предприятия в условиях усиления конкуренции и рисков……..... 144

Шемчук М. А., Лобач Е. Ю. Исследование потребительских предпочтений на рынке шоколада г. Кемерово.. 159

ИНФОРМАЦИЯ

Порядок рассмотрения и рецензирования……..…… 166

Требования к оформлению статьи……...…...…… 166

The Ministry of Science
and Higher Education
of the Russian Federation

Kemerovo State University

FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY
No. 1, Vol. 49, 2019

Scientific Journal
Issued since 1998

Publishing editor
A.A. Kiryakova

Script editor
A.Yu. Kurnikova

Script editor (Eng)
N.V. Rabkina

Layout of magazine
M.V. Gorbunova

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

Founder and publisher:
"Kemerovo State University" (KemSU)
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia
Phone: +7(3842) 58-80-24
http:fptt.ru
e-mail: fptt98@gmail.com

Printing Office:
Sovetskiy Ave. 73, Kemerovo, 650000, Russia

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, ResearchBib, Ulrich's Periodicals Directory.

The certificate of mass media registration is PI № FS 77-72313 of 01 February 2018 Given by the Roskomnadzor

Printed sheet 19,86.
Conventional printed sheet 38,43.
Circulation 500 cop.
Open price.

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

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

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

Kemerovo State University (KemSU), 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia
© 2019, KemSU

16+

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

Editor-in-Chief
Alexander Yu. Prosekov, Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia.

Deputy Chief Editor
Andrey N. Petrov, Dr.Sci.(Eng.), Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Scientific Research Institute of Canned Food Technology, Vidnoe, Russia;
Olga O. Babich, Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

Editorial Board
Pavel P. Baranov, Dr.Sci.(Econ.), Associate Professor, Siberian State Industrial University, Novosibirsk, Russia;
Svetlana M. Bychkova, Dr.Sci.(Econ.), Professor, St. Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Russia;
Alexander L. Vereshchagin, Dr.Sci.(Chem.), Professor, Biysk Technological Institute, Branch of I.I. Polzunov Altai State Technical University, Biysk, Russia;
Gavriil B. Gavrilov, Dr.Sci.(Eng.), Yaroslavl State Institute of Quality of Raw Materials and Food Products, Yaroslavl, Russia;
Aram G. Galstyan, Dr.Sci.(Eng.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Brewing, Nonalcoholic and Wine Industry, Moscow, Russia;
Ivan F. Gorlov, Dr.Sci.(Agr.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Povolzhsky Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia;
Galina M. Gritsenko, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies, Siberian Research Institute of Agricultural Economics, Barnaul, Russia;
Galina V. Gurinovich, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;
Nina I. Dunchenko, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia;
Ivan A. Evdokimov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, North Caucasus Federal University y, Stavropol, Russia;
Alexandra V. Zaushintsena, Dr.Sci.(Bio.), Professor, Kemerovo State Agricultural Institute, Kemerovo, Russia;
Victor P. Zotov, Dr.Sci.(Econ.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;
Tamara A. Krasnova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;
Vladimir G. Lobanov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia;
Gazibeg O. Magomedov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Voronezh State University of Engineering Technology, Voronezh, Russia;
Larisa A. Mayurnikova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;
Lev A. Ostroumov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;
Valeriy M. Poznyakovskiy, Dr.Sci.(Bio.), Professor, Kemerovo State Agricultural Institute, Kemerovo, Russia;
Valentina A. Pomozova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;
Vasily N. Popov, Dr.Sci.(Bio.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia;
Lubov V. Tereshchuk, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;
Sergei L. Tikhonov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia;
Stanislav N. Khabarov, Dr.Sci.(Agr.), Academician of the Russian Academy of Sciences, M.A. Lisavenko Center for Industrial Technologies at the Russian Academy of Agriculture, Barnaul, Russia;
Vladimir D. Kharitonov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Dairy Industry, Moscow, Russia;
Roman A. Khanferyan, Dr.Sci.(Med.), Professor, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;
Vladimir N. Khmelev, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Biysk Technological Institute, branch of Altai State Technical University, Biysk, Russia;
Andrey G. Khramtsov, Dr.Sci.(Eng.), Academician of the Russian Academy of Sciences, North-Caucasian Federal University, Stavropol, Russia;
Victor G. Shelepov, Dr.Sci.(Agr.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies, Novosibirsk, Russia;
Gösta Winberg, Doctor, Associate Professor, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden;
Marco Tieman, Professor, Universiti Tun Abdul Razak, Kuala Lumpur, Malaysia, Universiti Malaysia Pahang, Pahang, Malaysia;
Huseyin Sahin, PhD (Honours) in Biochemistry, professor, Giresun University, Espiye Vocational School, Giresun, Turkey.

CONTENTS

BIOTECHNOLOGY

Bityukova A.V., Amelkina A.A., Evteev A.V., Bannikova A.V. New Biotechnology for the Production of Phytocompounds from Secondary Products of Grain Processing……... 5

FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

Ivanova S.A., Milentyeva I.S., Asyakina L.K., Lukin A.A., Kriger O.V., Petrov A.N. Biologically Active Substances of Siberian Medical Plants in Functional Wgey-Based Drinks……... 14

Kutsenkova V.S., Nepovinnykh N.V., Lyamina N.P., Senchikhin V.N. Recipe Development and Medical and Biological Evaluation of Bakery Products Fortified with Non-Traditional Vegetable Raw Materials……..… 23

Moskvina N.A., Golubtsova Yu.V. Dairy Products with Herbal Supplements: Methodical Aspects of Quality Control…….……..... 32

Nepovinnykh N.V., Petrova O.N., Belova N.M., Yeganehzad S. Physico-Chemical and Texture Properties of Gelatin-Free Jelly Desserts……..……..…… 43

Pochitskaya I.M., Roslyakov Yu.F., Komarova N.V., Roslik V.L. Sensory Components of Fruits and Berries…….. 50

Reznichenko I.Yu., Frolova N.A., Kuchebo V.V., Turov S.V. Syrups in Sugar Confectionery Products of High Nutritional Value…….… 62

PROCESSES, EQUIPMENT, AND APPARATUS FOR FOOD PRODUCTION

Alekseev G.V., Egorova O.A., Moldovanov D., Egorov A.N. Spray Drying of Food Suspensions: Upgrading Capabilities…….……..…… 70

Borodulin D.M., Zorina T.V., Ivanets V.N., Nevskaya E.V., Turina O.E., Borisova A.E. Key Operation Parameters of the Vibration Mixer in the Production of Flour Baking Mixes…….…. 77

Koneva S.I., Egorova E.Yu., Kozubaeva L.A., Reznichenko I.Yu. The Effect of Flaxseed Flour on the Rheological Properties of Dough Made of Flaxseed and Wheat Flour and Bread Quality…….…… 85

Marin V.A., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Winter Buckwheat Grain: The Dynamic Pattern of the Mechanical Properties of the Main Fraction…… 97

Neverov E.N., Lifentseva L.V., Usov A.V. The Process Characteristics of Rapid Freezing: Continuous and Discrete Heat Removal Method…….……... 104

Fomenko E.V., Nugmanov A.H.-H. Velocity Control of Visco-Elastic Materials Movement in the Cylindrical Channel of the Grinder Feed Screw of the Former……..….. 113

STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND SAFETY

Velichko N.A., Rygalova E.A., Sharoglazova L.P., Sutugina K.A. Effect of Transport and Storage on the Weight and Moisture Loss of Exotic Fruits…… 120

CHEMISTRY AND ECOLOGY

Butov A.V., Mandrova A.A. Biochemical Indicators and Nitrates in Potatoes during Storage: Modern Cultivation Techniques……..……... 127

Tveritnikova I.S., Kirsh I.A., Pomogova D.A., Bannikova O.A., Beznaeva O.V., Romanova V.A. Polyolefin-Based Multilayer Packaging Material Modified by Ethylene Propylene Copolymer in Food Storage……...……..... 135

ECONOMICS

Mizanbekova S.K., Bogomolova I.P., Vasilenko I.N., Bogomolov A.V. Strategic Planning of Innovation Development of Industrial Enterprises under Growing Competition and Risks…….……... 144

Shemchuk M.A., Lobach E.Yu. Kemerovo Chocolate Market: Consumer Preferences……..… 159

INFORMATION

The procedure for article consideration and review..... 166

Requirements for the article formatting..... 166

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-5-13
УДК 602.4:664.764

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Разработка биотехнологии получения фитовеществ из вторичных продуктов переработки зерна

А. В. Битюкова, А. А. Амелькина, А. В. Евтеев, А. В. Банникова*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова»,
410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1

Дата поступления в редакцию: 09.01.2019
Дата принятия в печать: 21.03.2019

**e-mail: annbannikova@gmail.com*

© А. В. Битюкова, А. А. Амелькина, А. В. Евтеев, А. В. Банникова, 2019

Аннотация. Предложен новый биотехнологический подход комплексной переработки вторичных продуктов зерновых с целью получения новых продуктов питания и функциональных ингредиентов, включающие углеводно-белковый концентрат, концентраты пищевых волокон, биологически активные вещества (БАВ), полифенолы и ксилоолигосахариды (КОС). Разработанная комплексная биотехнология биотрансформации овсяных отрубей включала использование химического, гидротермического и ферментативного методов экстракции, позволяющих получить функциональные ингредиенты с антиоксидантной и пребиотической активностью. Полученные в результате данного исследования, углеводно-белковые концентраты содержат значительное количество белка, продуктов гидролиза полисахаридов (глюкоза, мальтодекстрины) и свободных полифенолов. Были получены концентраты БАВ, содержащие КОС и фенольные соединения. Данные концентраты, помимо полифенолов, содержание которых доходило до 67 % от общего их количества в овсяных отрубях, также включают: белок до 6,9 %, углеводы до 80,7 %, в том числе КОС, обладающие пребиотическими свойствами – от 35,3 % до 71,5 %, и золу 11,3 %. Экспериментальные данные свидетельствуют о высокой антиоксидантной активности полученных экстрактов полифенолов. Различия в антиоксидантной активности экстрактов полифенолов при различных методах экстракции связаны с полнотой извлечения и стабильностью извлекаемых фенольных соединений. Установлено, что ультразвуковая обработка улучшает кинетику экстракции и выход полифенолов на начальной стадии при увеличении антиоксидантной активности. Результаты исследования по изменению показателя антиоксидантной активности концентрата полифенолов в процессе хранения не выявили изменений в течение 8 месяцев при температуре 20 ± 1 °С и относительной влажности воздуха 70 ± 5 %. Исследование динамики роста штаммов микроорганизмов *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium bifidum* на средах, содержащих концентрат КОС, подтвердило наличие пребиотических свойств и их избирательность. Отмечено, что накопление биомассы пребиотических культур происходит быстрее при использовании питательных сред с применением концентрата КОС и лактулозы по сравнению с молоком. Таким образом, подтверждена целесообразность разработки биотехнологии трансформации овсяных отрубей в функциональные ингредиенты, что в дальнейшем позволит применять их в новых технологических решениях продуктов и ингредиентов с бифидогенными свойствами.

Ключевые слова. Фитовещества, пребиотики, ксилоолигосахариды, вторичные продукты переработки зерна

Для цитирования: Разработка биотехнологии получения фитовеществ из вторичных продуктов переработки зерна / А. В. Битюкова, А. А. Амелькина, А. В. Евтеев [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 5–13. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-5-13.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

New Biotechnology for the Production of Phytocompounds from Secondary Products of Grain Processing

A.V. Bityukova, A.A. Amelkina, A.V. Evteev, A.V. Bannikova*

N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University,
1, Teatralnaya Square, Saratov, 410012, Russia

Received: January 01, 2019
Accepted: March 21, 2019

**e-mail: annbannikova@gmail.com*

© A.V. Bityukova, A.A. Amelkina, A.V. Evteev, A.V. Bannikova, 2019

Abstract. The present research features a new biotechnological approach for complex processing of secondary cereal products. The approach makes it possible to obtain new functional foods and ingredients, such as carbohydrate-protein concentrate, dietary fiber concentrates, biologically active substances, polyphenols, and xylo-oligosaccharides. The complex biotechnology involves oat

bran biotransformation and includes chemical, hydrothermal, and enzymatic methods of extraction, which allows manufacturers to obtain functional ingredients with antioxidant and prebiotic properties. The concentrates obtained as a result of the study contained a significant amount of protein, hydrolysis products of polysaccharides (glucose, maltodextrins), and free polyphenols. The experiment produced concentrates of biologically active substances containing xylo-oligosaccharides and phenolic compounds. The content of polyphenols was 67% of the total amount in oat bran, protein – 6.9%, carbohydrates – 80.7% xylo-oligosaccharides whith prebiotic properties 35.3%–71.5%, and ash 11.3%. The obtained data indicated a high antioxidant activity of polyphenol extracts. The differences in antioxidant activity between various methods of extraction are associated primarily with the completeness of extraction and the stability of the extracted phenolic compounds. Ultrasonic treatment proved beneficial for the extraction kinetics and the polyphenol yield at the initial stage, with an increase in antioxidant properties. As for the antioxidant activity of polyphenol concentrate during storage, the research did not reveal changes for 8 months at a temperature of 20 ± 1°C and a relative humidity of 70 ± 5%. The study of the growth dynamics of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in media containing xylo-oligosaccharide concentrate confirmed the presence of prebiotic properties and their selectivity. The accumulation of biomass of prebiotic cultures occurred faster with the use of nutrient media with the use of xylo-oligosaccharide concentrate and lactulose, as compared with milk. Thus, the research confirmed the feasibility of biotechnology for transforming oat bran into functional ingredients, which makes it possible to use them in new technological solutions for products with bifidogenic properties.

Keywords. Phytosubstance, prebiotics, xylooligosaccharides, secondary products of grain processing

For citation: Bityukova AV, Amelkina AA, Evteev AV, Bannikova AV. New Biotechnology for the Production of Phytocompounds from Secondary Products of Grain Processing. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):5–13. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-5-13.

Введение

Современная концепция здорового питания предполагает повышение биологической ценности пищевых продуктов путем введения функциональных ингредиентов (биокорректоров), являющихся источниками важных биологически активных веществ (БАВ). Сбалансированные функциональные продукты питания предназначены не только для обеспечения организма человека необходимыми питательными веществами и энергией, но и для поддержания здоровья за счет снижения риска возникновения заболеваний. Одним из приоритетов мировой политики в области здорового образа жизни является необходимость устранения дефицита микро- и макроэлементов в рационе человека [12–15].

Вторичные продукты переработки зерна богаты источниками физиологически функциональных ингредиентов, биотрансформация которых позволит получить ряд БАВ с различной химической природой и широким спектром физиологических эффектов. Суммарное содержание полифенолов достаточно полно установлено в овощах, фруктах, специях, напитках. Согласно литературным данным лидерами среди источников полифенолов являются: специи – гвоздика, мята, бадьян, содержащие от 15188 до 5460 мг/100 г полифенолов, и ягоды – арония черноплодная, бузина черная, голубика, черная смородина, содержащие от 1756 до 758 мг/100 г полифенолов [1, 6]. Однако последние исследования показали, что общее содержание фитовеществ и антиоксидантная активность цельного зерна недооценена в литературе. Большинство фенольных веществ содержится в связанном состоянии в зерновых: 85 % в зерне кукурузы, 76 % в зерне пшеницы и 75 % в овсе. Согласно литературным данным альтернативным сырьевым источником для получения полифенолов могут служить цельнозерновые злаки, общее содержание полифенолов в которых находится наравне с традиционными сырьевыми источниками фенольных антиоксидантов – ягодами. Так количество полифенолов в пшенице может доходить до 1459 мг/100 г, в рисе – до 313 мг/100 г, во ржи – до 255 мг/100 г [2, 3, 5].

Фитовещества зерновых включают антиоксиданты, которые сконцентрированы во внешней оболочке зёрен злаковых культур, где их содержание достигает 80 % от общего количества в зерне. Это обуславливает рост объёмов производства для населения хлебных продуктов из цельнозерновой муки или с добавлением отрубей, а также интенсивное использование нативных антиоксидантов в других целях [10, 11, 20]. Зерновые отруби также содержат ксилановые полисахариды, которые могут быть преобразованы в ксилоолигосахариды (КОС). Многочисленные исследования препаратов КОС показали многообразие биологических свойств, проявляемых этой группой углеводов. Они антиканцерогенны, подавляют активность патогенных и энтерогнилостных кишечных бактерий, антигиперлипидемичны, проявляют митогенную, антиоксидантную и пребиотическую активность, а также выступают в роли противовоспалительных и антиаллергических агентов. Однако важнейшим свойством КОС является их пребиотическая активность – избирательное стимулирование роста пробиотической микрофлоры кишечника человека [7–9].

Проблема комплексной переработки вторичных зерновых ресурсов является актуальной и требует научно обоснованных технологических решений. Особенно в свете того, что Россия – крупнейший импортер зерна. Это обуславливает насущную необходимость его глубокой переработки и созданию линейки качественных и безопасных продуктов и ингредиентов функциональной направленности. Настоящее исследование связано с разработкой технологии комплексной переработки вторичного зернового сырья путем биотрансформации зернового полимерного комплекса клеточных стенок отрубей

гидротермическим, химическим и ферментативными методами. Таким образом, цель исследования – разработка биотехнологии функциональных ингредиентов из вторичных зерновых продуктов для расширения ассортимента функциональных продуктов питания.

Объекты и методы исследования

Для получения экстрактов предварительно измельченные отруби заливали дистиллированной водой в соотношении 1/10 и гомогенизировали в течение 30 мин с помощью погружного гомогенизатора ULAB US-4102 при 6000 об/мин. При гидротермическом методе экстракции отруби подвергали ультразвуковому воздействию в лабораторной ультразвуковой ванне «Сапфир 2,5» (35 кГц, 30 мин, температура 50 °С). Полученную суспензию термостатировали при 55 °С в течение 3,5 ч. Далее, центрифугировали (4000 об/мин в течение 20 минут) на лабораторной центрифуге UC-1536E и отделяли супернатант.Послепромывкидистиллированнойводой и центрифугирования при тех же условиях осадок повторно подвергали гидролизу: гидромодуль в ацетатном буфере (pH 4,0) как 1:10; гомогенизация в течение 30 мин УЗВ (35 кГц, 60 мин, температура 60 °С); термостатирование полученной суспензии при 55 °С в течение 3,5 ч; промывка и отделение супернатанта центрифугированием; экстракция остаточных количеств полифенолов из осадка, отношение осадка к этиловому спирту как 1:1; гомогенизация в течение 30 мин при 6000 об/мин, и УЗВ (35 кГц, 30 мин, температура 30 °С); объединение и концентрирование супернатантов второй и третей стадий экстракции на испарителе ротационном ИР-1М3 при температуре 60 ± 5 °С в разряженной среде до конечной влажности 30 ± 2 %. Таким образом, был получен концентрат биологически активных веществ (БАВ).

При ферментативном методе экстракции измельченные отруби обрабатывали ферментными препаратами «Амилолюкс А» – а-амилазой (0,01 % к массе отрубей) и «Глюколюкс А» – глюкоамилазой (0,006 % к массе отрубей) в ацетатном буферном растворе (pH = 5) в соотношение 1:100 и гомогенизировали в течение 30 мин. Полученную суспензию подвергали термостатированию при 55 °С в течение 33,0 ч. Через 2,5 ч после начала термостатирования вносили ферментный препарат протеазы («Протосубтилин ГЗ А», 0,005 % к массе отрубей). По окончании процесса гидролиза полученную суспензию нагревали до 100 ± 2 °С в течение 10 мин для инактивации ферментов. Жидкую фазу отделяли центрифугированием при 4000 об/мин в течение 20 мин. Осадок промывали три раза дистиллированной водой и снова подвергали центрифугированию. Твёрдый осадок подвергали ферментативному гидролизу при гидромодуле 1:10 в ацетатном буфере (pH = 4) α-1,4-глюкогидролазой с амилолитической активностью 4000 ед./г (ферментные препараты «Целлолюкс А», «Амилолюкс А», «Глюкаварин Г18Х»), обладающей ферулоэстеразной, гемицеллюлазной, ксилазной и целюлазной активностями, в течение 4,5 часов при 55 °С. По окончании экстракции ферменты инактивировали кипячением в течение 10 мин с последующим разделением фракций центрифугированием (4000 об/мин, 20 мин). Полученный таким образом супернатант концентрировали на ротационном испарителе при температуре 60 ± 5 °С до конечной влажности 30 ± 2 %.

В отличие от предыдущих методов экстракции при химическом методе предварительно измельченные отруби подвергали гидратированию в 0,2М водном растворе соляной кислоты в соотношении 1:10 и последующей гомогенизации в течение 30 мин. Полученную суспензию термостатировали дважды в течение 60 мин при 55 °С. По окончаниитермостатирования отделяли супернатант центрифугированием (4000 об/мин в течение 20 минут). Осадок промывали дистиллированной водой и центрифугировали при тех же условиях. К нерастворимому осадку добавляли дистиллированную воду (1:10) и доводили до pH 4,0 с помощью ледяной уксусной кислоты. Далее, вносили 22 г химически чистого хлорида натрия (NaCl) и термостатировали в течение 8 часов при 55 °С. После завершения данного процесса гидролизат центрифугировали (4000 об/мин в течение 20 минут) и отделяли супернатант. Осадок промывали трижды дистиллированной водой и отделяли надосадочный слой центрифугированием. Полученные таким образом супернатанты объединяли и концентрировали до конечной влажности 30 ± 2 %.

Для получения концентрата полифенолов и КОС проводили спиртовую экстракцию полученных концентратов. Соотношение сиропа к этанолу (98 %) – 1:3. Вследствие воздействия этанола на сироп происходит разделение фракций, растворение в водном растворе спирта фенольных соединений и осаждение КОС. Центрифугирование при 5000 об/мин в течение 25 минут позволяет в полной мере разделить фракции двух независимых сред. Надосадочный спиртовой слой жидкости, состоящий из антиоксидантов на основе фенольных соединений, концентрировали до конечной влажности 30 % и затем лиофильно высушивали до конечной влажности 8 ± 1 %.

Исследование пребиотических свойств ксилоолигосахаридов, полученных путем биомодификации овсяных отрубей, проводили согласно ГОСТ 10444.11-89 [17]. Для установления пребиотических свойств были использованы штаммы микроорганизмов *Lactobacillus acidophilus (L. acidophilus)* и *Bifidobacterium bifidum (B. bifidum).* Выращивание пребиотических культур проводили на стандартных средах с добавлением исследуемых пребиотиков (ксилоолигосахаридов и смесь БАВ, состоящую из ксилоолигосахаридов и полифенолов) из расчета 2 % массовой доли в культуральной жидкости в течение 72 часов. В качестве контроля использовали стандартную питательную среду

с добавлением лактулозы и обезжиренного молока. Массовая доля вносимой стартерной культуры составила 2 %. Определение количество клеток микроорганизма *L. acidophilus* проводили согласно ГОСТ 10444.11-2013 [16]. Метод подсчета клеток микроорганизма *B. bifidum* осуществляли согласно МУК 4.2.999-00 [18].

Результаты исследований и их обсуждение

В настоящее время перспективным направлением в совершенствовании технологий переработки вторичных продуктов растительного сырья, включая зерновые, является создание новых биотехнологических подходов, основанных на использовании ферментных препаратов и усовершенствованной гидротермической обработки, в частности ультразвукового воздействия (УЗВ), позволяющего интенсифицировать процесс экстракции. Для каждой конкретной биотехнологии необходимо научно обосновать выбор ферментных препаратов или технологические параметры УЗВ с учётом специфичности к компонентам сырья, оптимальных параметров их действия, а также схемы последовательности воздействия на биополимерный комплекс сырья с целью получения различных промежуточных продуктов, которые могут иметь самостоятельное физиологическое действие на организм человека.

В связи с вышеперечисленным на первом этапе исследований изучали был изучен химический состав овсяных отрубей, как наиболее важных вторичных продуктов переработки зерна. Отруби овса представляют собой материал клеточных стенок, содержащий ценные макронутриенты (белок, крахмал и пищевые волокна) и комплекс фитовеществ с антиоксидантными свойствами (фенольные кислоты, флавоноиды, полифенолы, кумарины и т. д.). Благодаря этому отруби имеют огромный потенциал для применения в составе продуктов питания. Однако сегодня незначительная часть производимых отрубей в РФ потребляется в составе пищевых продуктов. Путём измельчения и дополнительной гидротермической обработки, регулированных биомодификаций растворимости полимеров матрикса отрубей диапазон использования их может быть значительно расширен за счет получения новых функциональных пищевых ингредиентов, оказывающих физиологическое воздействие на организм человека и животных. Технологические показатели исследуемых отрубей были определены в соответствии с нормативно-техническими документами. В исследуемых овсяных отрубях, отобранных для эксперимента, содержание пестицидов, токсичных элементов, микотоксинов, зараженность и загрязнённость вредителями хлебных запасов и содержание ГМО соответствовало требованием ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [19].

Нами разработаны три метода трансформации многокомпонентного субстрата отрубей для получения продуктов с заданными функциональными свойствами, улучшенными показателями качества при максимальном их выходе (рис. 1). Методология направленного биокатализа предусматривает более полное использование сырья (отрубей), увеличение выхода целевых продуктов (полифенолов, гидролизатов гемицеллюлоз, углеводно-белковых концентратов, пищевых волокон, экстрактов пребиотической и антиоксидантной направленности) с заданными функциональными свойствами, а также решение экологических проблем за счет замены кислотного и щелочного гидролиза.

Физико-химический состав углеводно-белковых концентратов, полученных после первого этапа гидролиза, состоящих из продуктов гидролиза крахмала и белка, представлен в таблице 1.

Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод, что влияние метода экстракции на процесс извлечения продуктов гидролиза белков и углеводов незначительно и не превышает границы абсолютной погрешности измерений при доверительной вероятности P = 0,95 по соответствующим методикам испытаний. Углеводно-белковые концентраты характеризуется как продукты, содержащие значительное количество белка и продуктов гидролиза – полисахаридов (глюкоза, мальтодекстрины). Кроме этого, в углеводно-белковых концентратах содержится от 0,06 % до 0,08 % свободных полифенолов (ПФ).

В ходе исследований были получены концентраты БАВ, содержащие КОС и фенольные соединения (табл. 2). Полученные концентраты, помимо полифенолов, содержание которых доходило до 67 % от общего их количества в овсяных отрубях (1,5 ± 0,2 %), также включают: белок до 6,9 %, углеводы до 80,7 %, в том числе КОС, обладающие пребиотическими свойствами – 35,3 % до 71,5 %, и золу 11,3 %. Внешний вид концентрата полифенолов – мелкокристаллический порошок светло-желтого либо светло-коричневого цвета с ванильно-зерновым запахом. Осажденные этанолом КОС аналогич-

Таблица 1 – Физико-химический состав углеводно-белковых концентратов в абсолютно сухом веществе (в а.с.в).

Table 1 – Physico-chemical composition of carbohydrate-protein concentrates in absolutely dry matter

Физико-химические показатели	Углеводно-белковый концентрат		
	Гидротермический метод	Химический метод	Ферментативный метод
Влажность, %	29,8	30,2	30,5
Сырой протеин в а.с.в, %	39,5	40,3	40,1
Углеводы (общие) в а.с.в,%	55,3	52,9	55,1
Зола в а.с.в, %	4,6	5,0	4,5
Полифенолы в а.с.в, %	0,06	0,07	0,07

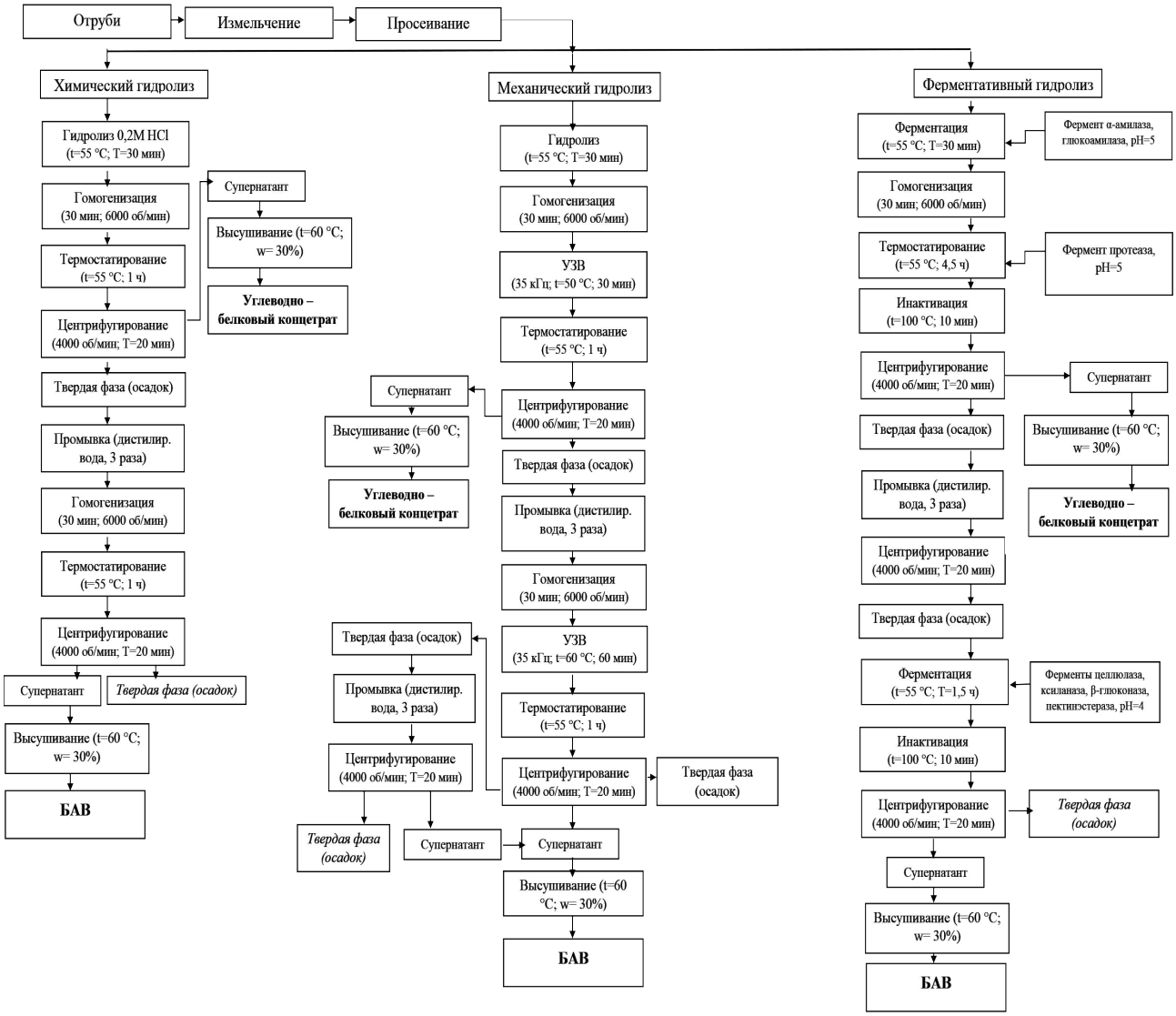


Рисунок 1 – Технологическая схема комплексной переработки зерновых с получением экстрактов пребиотической и антиоксидантной направленности

Figure 1 – Technological scheme of complex processing of grain with obtaining prebiotic and antioxidant extracts

но подвергают высушиванию в сушильном шкафу до конечной влажности 8 ± 1 %. При этом получают мелко дисперсный порошок светло-коричневого цвета с незначительным зерновым запахом.

Пребиотики – неусваиваемые пищевые ингредиенты, способствующие пролиферации и адсорбции бифидо- и лактобактерий в кишечнике [4]. К ним относят лактулозу, лактосахарозу, галакто-, фрукто-, изомальтоолигосахариды, лизоцим, дрожжевые экстракты, низко-осахаренную кукурузную патоку, ячменно-солодовый экстракт, гидролизаты казеина и сывороточных белков, муцин, пантетин, лактоферрин и другие [5, 11]. Были проведены исследования пребиотической активности полученных экстрактов с помощью ферментативного гидролиза. Для установления пребиотических свойств были использованы штаммы микроорганизмов *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium bifidum*.

Согласно данным, представленным на рисунке 2, количество клеток *L. acidophilus* на среде с добавлением концентрата КОС составило 2,8 × 10^{11} КОЕ/$см^3$ на 3 сутки культивирования. Этот показатель на

Таблица 2 – Физико-химический состав концентратов БАВ

Table 2 – Physical and chemical composition of biologically active concentrates

Метод экстракции	Влажность, %	Протеин в а.с.в, %	Зола в а.с.в, %	Углеводы:		ПФ, в а.с.в, %
				КОС в а.с.в, %	Остаточные углеводы в а.с.в, %	
Гидротермический метод	31,2	6,7	10,9	35,3	45,3	1,0
Химический метод	30,6	6,3	10,5	60,4	22,2	0,7
Ферментативный метод	29,4	5,9	10,3	71,5	11,0	0,8

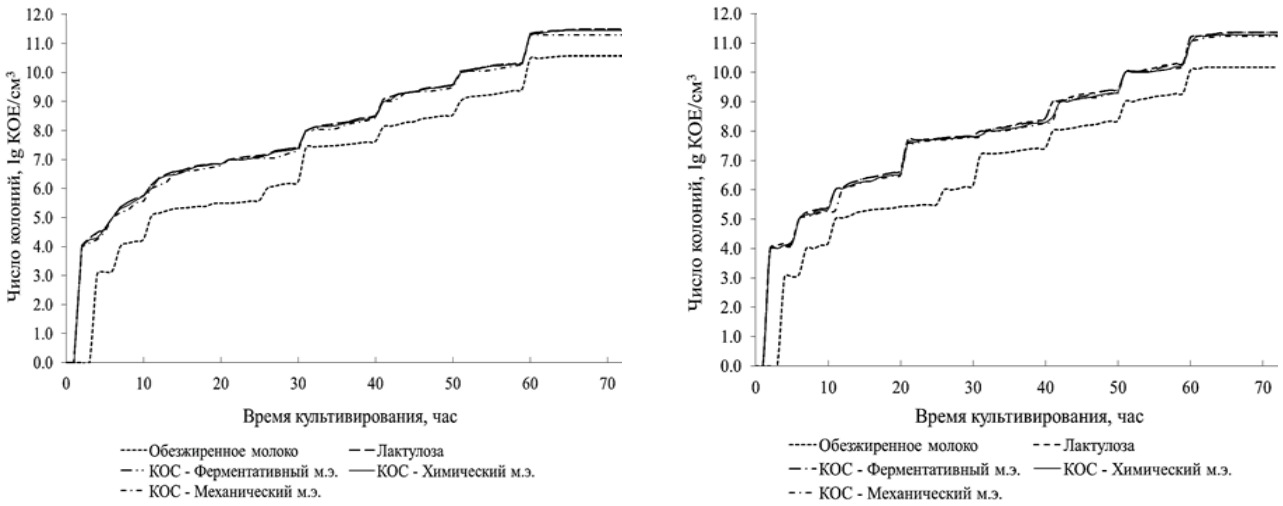


Рисунок 2 – Динамика роста микроорганизма (а) *L. acidophilus* и (б) *B. bifidum* культивировании на различных средах

Figure 2 – The dynamics of (a) *L. acidophilus* and (b) *B. bifidum* in various media

2,4 × 10^{11} КОЕ/см^3 больше, чем в числе колоний, выросших на обезжиренном молоке. При дальнейшем культивировании количество клеток *L. acidophilus* не увеличивалось. Число колоний *B. bifidum* на 3 сутки на среде с добавлением концентрата КОС составило 1,9 × 10^{11} КОЕ/см^3, что на 1,7 × 10^{11} КОЕ/см^3 превышает число колоний, выросших на обезжиренном молоке. Дальнейшее культивирование не приводило к увеличению биомассы микроорганизма *B. bifidum*. Показано, что полученные экстракты различными методами проявляли пребиотическую активность, сравнимую с известным пребиотиком лактулозой.

Известно, что производные гидроксибензойной и гидроксикоричной кислот, входящие в состав полифенольных соединений, обладают высокими антиоксидантными свойствами. Антирадикальная активность (АРА или АОА) полифенолов отрубей определяли методом АРА, основанном на реакции стабильного свободного радикала 2,2'-дифенилпикрилгидразила с подвижный атомом водорода или электроном в спиртовом растворе исследуемого вещества. Массовая доля вносимых полифенолов в реакционную среду составляла 30, 20, 10 и 5 мг/см^3 [4].

Данные таблицы 3 свидетельствуют о высокой антиоксидантной активности полученных полифенолов. Различия в антиоксидантной активности между разными методами экстракции связаны с полнотой извлечения и стабильностью извлекаемых фенольных соединений. Установлено, что ультразвуковая обработка улучшает кинетику экстракции и выход полифенолов на начальной стадии. При этом потребляется меньше энергии, чем при обычной экстракции, а антиоксидантная активность полученного экстракта повышается. Результаты исследования по изменению показателя антиоксидантной активности (антирадикальной активности) концентрата полифенолов в процессе хранения не выявили ее изменений в течение 8 месяцев при температуре 20 ± 1 °С и относительной влажности воздуха 70 ± 5 %.

Таким образом, подтверждена целесообразность глубокой переработки вторичных зерновых продуктов с получением экстрактов пребиотической и антиоксидантной направленности. Исследования подтвердили значительный бифидогенный эффект полученных экстрактов, что открывает перспективы их использования в технологии синбиотичных продуктов питания.

Выводы

В результате экспериментальной работы исследован потенциал вторичного зернового сырья в качестве источника получения эссенциальных компонентов, а именно полифенолов и ксилоолигосаридов. В результате изучения влияния трех видов экстракции на процесс извлечения биологически ценных веществ из овсяных отрубей были получены углеводно-белковый концентрат, концентраты БАВ,

Таблица 3 – Антиоксидантная активность препаратов полифенолов из овсяных отрубей

Table 3 – Antioxidant activity of oat bran polyphenol preparations

Концентрация препарата ПФ, мг/см^3	Антиоксидантная активность, у.е.а./ см^3		
	Механический	Химический	Ферментативный
30	1052,0	965,2	1130,0
20	865,4	752,7	921,1
10	408,0	344,1	493,6
5	158,6	121,8	270,2

КОС и полифенолов. Изучение физико-химических и биологических свойств полученных ингредиентов также указало на целесообразность применяемых технологий экстракции. Углеводно-белковые концентраты характеризуются как продукты, содержащие значительное количество белка и продуктов гидролиза полисахаридов (глюкоза, мальтодекстрины). Концентраты БАВ, помимо полифенолов, содержание которых доходило до 67 % от общего их количества в овсяных отрубях, также включали: белок до 6,9 %, углеводы до 80,7 %, в том числе КОС от 35,3 % до 71,5 %, и золу 11,3 %. Подтвержден пребиотический эффект концентратов КОС по величине стимулирования роста и развития пробиотических культур микроорганизмов. Кроме этого, доказана антиоксидантная активность концентратов полифенолов, не меняющаяся в течение 8 месяцев. В результате исследования экспериментально обоснована технология комплексной переработки зернового сырья, в частности овсяных отрубей, для получения БАВ, обладающих рядом положительных биологически активных свойств.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads / J. Chlopicka, P. Pasko, S. Gorinstein [et al.] // LWT – Food Scince and Technology. – 2012. – Vol. 46, № 2. – P. 548–555. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.11.009.

2. Plant prebiotics and human health: Biotechnology to breed prebiotic-rich nutritious food crops / S. Dwivedia, K. Sahrawat, N. Puppala [et al.] // Electronic Journal of Biotechnology. – 2014. – Vol. 17, № 5. – P. 238–245. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2014.07.004.

3. Gibson, G. R. Prebiotics: Development and Application / G. R. Gibson, R. A. Rastall. – England : John Wiley and Sons Ltd, 2006. – 256 p. DOI: https://doi.org/10.1002/9780470023150.

4. Alginate-based encapsulation of extracts from beta Vulgaris *cv.* beet greens: Stability and controlled release under simulated gastrointestinal conditions / N. Gorbunova, A. Bannikova, A. Evteev [et al.] // LWT. – 2018. – Vol. 93. – P. 442–449. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.075.

5. Synergistic and suppressive effects of dietary phenolic acids and other phytochemicals from cereal extracts on nuclear factor kappa B activity / A. S. Hole, S. Grimmer, M. R. Jensen [et al.] // Food Chemistry. – 2012. – Vol. 133, № 3. – P. 969–977. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.017.

6. Kaprelyants, L. Biotechnological approaches for the production of functional foods and supplements from cereal raw materials / L. Kaprelyants, O. Zhurlova // Харчова наука і технологія. – 2014. – Vol. 27, № 2. – P. 15–19.

7. Kaprelyants, L. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients / L. Kaprelyants, O. Zhurlova // International Food Research Journal. – 2017. – Vol. 24, № 5. – P. 1975–1979.

8. Капрельянц, Л. В. Биоактивные соединения и пищевые волокна в новых разработанных зерновых продуктах / Л. В. Капрельянц, О. С. Волошенко, О. Д. Журлова // Зерновые продукты и комбикорма. – 2012. – Т. 47, № 3. – С. 17–21.

9. Development of gluten-free cereal bar for gluten intolerant population by using quinoa as major ingredient / R. Kaur, P. Ahluwalia, A. P. Sachdev [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 55, № 9. – P. 3584–3591. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-018-3284-x.

10. Increasing the Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoid Contents by Optimizing the Germination Conditions of Amaranth Seeds / J. X. Perales-Sánchez, C. Reyes-Moreno, M. A. Gómez-Favela [et al.] // Plant Foods for Human Nutrition. – 2014. – Vol. 69, № 3. – P. 196–202. DOI: https://doi.org/10.1007/s11130-014-0430-0.

11. Reddy, S. S. Production of prebiotics and antioxidants as health food supplements from lignocellulosic materials using multienzymatic hydrolysis / S. S. Reddy, C. Krishnan // International Journal of Chemical Sciences. – 2010. – Vol. 3, № 3. – P. 535–549.

12. Roberfroid, M. B. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? / M. B. Roberfroid // American Journal of Clinical Nutrition. – 2000. – Vol. 71, № 6. – P. 1682–1687. DOI: https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1682S.

13. Singh, R. D. Prebiotic potential of oligosaccharides: A focus on xylan derived oligo-saccharides / R. D. Singh, J. Banerjee, A. Arora // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. – 2015. – Vol. 5, № 1. – P. 19–30. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.11.003.

14. Tungland, B. C. Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food / B. C. Tungland, D. Meuer // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2002. – Vol. 1, № 3. – P. 73–92. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2002.tb00009.x.

15. Lactic Acid Bacteria as a Cell Factory for the Delivery of Functional Biomolecules and Ingredients in Cereal-Based Beverages: A Review / D. M. Waters, A. Mauch, A. Cofey [et al.] // Critical reviews in food science and nutrition. – 2015. – Vol. 55, № 4. – P. 503–552. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2012.660251.

16. ГОСТ 10444.11-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов. М. : Стандартинформ, 2014.

17. ГОСТ 10444.11-89. Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов. М. : Стандартинформ, 2010.

18. МУК 4.2.999-00. Определение количества бифидобактерий в кисломолочных продуктах.

19. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». – 2011.

20. Тутельян, В. А. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление / В. А. Тутельян, Н. В. Лашнева // Вопросы питания. – 2013. – Т. 82, № 1. – С. 4–22.

References

1. Chlopicka J, Pasko P, Gorinstein S, Jedryas A, Zagrodzki P. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. LWT – Food Science and Technology. 2012;46(2):548–555. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.11.009.

2. Dwivedia S, Sahrawat K, Puppala N, Ortiz R. Plant prebiotics and human health: Biotechnology to breed prebiotic-rich nutritious food crops. Electronic Journal of Biotechnology. 2014;17(5):238–245. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2014.07.004.

3. Gibson GR, Rastall RA. Prebiotics: Development and Application. England: John Wiley and Sons Ltd; 2006. 256 p. DOI: https://doi.org/10.1002/9780470023150.

4. Gorbunova N, Bannikova A, Evteev A, Evdokimov I, Kasapis S. Alginate-based encapsulation of extracts from beta Vulgaris cv. beet greens: Stability and controlled release under simulated gastrointestinal conditions. Lwt-Food Science and Technology. 2018;93:442–449. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.075.

5. Hole AS, Grimmer S, Jensen MR, Sahistrom S. Synergistic and suppressive effects of dietary phenolic acids and other phytochemicals from cereal extracts on nuclear factor kappa B activity. Food Chemistry. 2012;133(3):969–977. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.017.

6. Kaprelyants L, Zhurlova O. Biotechnological approaches for the production of functional foods and supplements from cereal raw materials. Food Science and Technology. 2014;27(2):15–19.

7. Kaprelyants L, Zhurlova O. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients. International Food Research Journal. 2017;24(5):1975–1979.

8. Kaprelyants LV, Voloshenko OS, Zhurlova ED. Bioaktivnye soedineniya i pishchevye volokna v novykh razrabotannykh zernovykh produktakh [Bioactive Compounds and Dietary Fibre in Advanced Cereal Products]. Grain Products and Mixed Fodder's. 2012;47(3):17–21. (In Ukr.).

9. Kaur R, Ahluwalia P, Sachdev PA, Kaur A. Development of gluten-free cereal bar for gluten intolerant population by using quinoa as major ingredient. Journal of Food Science and Technology-Mysore. 2018;55(9):3584–3591. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-018-3284-x.

10. Perales-Sánchez JXK, Reyes-Moreno C, Gomez-Favela MA, Milan-Carrillo J, Cuevas-Rodriguez E, Valdez-Ortiz A, et al. Increasing the Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoid Contents by Optimizing the Germination Conditions of Amaranth Seeds. Plant Foods for Human Nutrition. 2014;69(3):196–202. DOI: https://doi.org/10.1007/s11130-014-0430-0.

11. Reddy SS, Krishnan C. Production of prebiotics and antioxidants as health food supplements from lignocellulosic materials using multienzymatic hydrolysis. International Journal of Chemical Sciences. 2010;3(3)535–549.

12. Roberfroid MB. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? American Journal of Clinical Nutrition. 2000;71(6):1682S–1687S. DOI: https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1682S.

13. Singh RD, Banerjee J, Arora A. Prebiotic potential of oligosaccharides: A focus on xylan derived oligo-saccharides. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2015;5(1):19–30. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.11.003.

14. Tungland BC, Meuer D. Nondigestible Oligo – and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2002;1(3):73–92. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2002.tb00009.x.

15. Waters DM, Mauch A, Coffey A, Arendt EK, Zannini E. Lactic Acid Bacteria as a Cell Factory for the Delivery of Functional Biomolecules and Ingredients in Cereal-Based Beverages: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2015;55(4):503–520. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2012.660251.

16. State Standard 10444.11-2013. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Methods for detection and enumeration of mesophilic lactic acid bacteria. Moscow: Standartinform; 2014.

17. State Standard 10444.11-89. Food products. Methods for determination of the lactic acid bacteria. Moscow: Standartinform; 2010.

18. MUK 4.2.999-00. Opredelenie kolichestva bifidobakteriy v kislomolochnykh produktakh [Recommended Practices No.4.2.999-00 Mesuring the amount of bifidobacteria in fermented milk products].

19. TR TS 021/2011. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza "O bezopasnosti pishchevoy produktsii" [RP of the Customs Union 021/2011. Technical regulations of the Customs Union "On food safety"]. 2011.

20. Tutelyan VA, Lashneva NV. Biologically active substances of plant origin. Flavonols and flavones: prevalence, dietary sourses and consumption. Problems of Nutrition. 2013;82(1):4–22. (In Russ.).

Битюкова Анна Вячеславовна
аспирант, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7 (919) 831-77-17, e-mail: nurka_bit@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-2055-9912

Амелькина Александра Алексеевна
специалист учебно-научно испытательной лаборатории по определению качества пищевой и с/х продукции, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7 (927) 118-65-49, e-mail: amelkina.alexandra2012@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-9050-1033

Евтеев Александр Викторович
ведущий специалист учебно-научно испытательной лаборатории по определению качества пищевой и с/х продукции, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7 (987) 838-19-65, e-mail: ewteew@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-6155-3851

Банникова Анна Владимировна
д-р техн. наук, профессор кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7 (937) 245-12-20, e-mail: annbannikova@gmail.com
http://orcid.org/0000-0002-8299-7208

Anna V. Bityukova
Postgraduate, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7 (919) 831-77-17, e-mail: nurka_bit@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-2055-9912

Alexandra A. Amelkina
Specialist of the Scientific-Research Laboratory for the Determination of Quality of Foods and Agricultural products, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7 (927) 118-65-49, e-mail: amelkina.alexandra2012@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-9050-1033

Alexander V. Evteev
Leading Specialist of the Scientific-Research Laboratory for the Determination of Quality of Foods and Agricultural products, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7 (987) 838-19-65, e-mail: ewteew@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-6155-3851

Anna V. Bannikova
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Food Technology, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7 (937) 245-12-20, e-mail: annbannikova@gmail.com
http://orcid.org/0000-0002-8299-7208

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-14-22
УДК 637.1:663.8

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Использование биологически активных веществ лекарственных растений Сибири в функциональных напитках на основе молочной сыворотки

С. А. Иванова[1], И. С. Милентьева[1], Л. К. Асякина[1], А. А. Лукин[1], О. В. Кригер[2,*], А. Н. Петров[3]

[1] ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

[2] ФГАОУ ВО Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 236016, Россия, г. Калининград, ул. Александра Невского, 14

[3] Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 142703, Россия, г. Видное, ул. Школьная, 78

Дата поступления в редакцию: 18.02.2019
Дата принятия в печать: 29.03.2019

**e-mail: olgakriger58@mail.ru*

© С. А. Иванова, И. С. Милентьева, Л. К. Асякина, А. А. Лукин, О. В. Кригер, А. Н. Петров, 2019

Аннотация. Перспективным направлением в создании функциональных напитков является применение настоев и экстрактов из отечественного растительного сырья, содержащего широкий спектр веществ различной фармакологической направленности. Напитки, обогащенные природными физиологически активными компонентами и создающие определенный уровень их содержания в организме человека, способны оказывать оздоровительное или профилактическое действие на организм человека. Актуальными проблемами являются недостаток технологий эффективного производства биологически активных веществ из растительного сырья и слабая развитость культивируемых ботанических лекарственных видов растений. В работе проведены исследования по изучению качественного и количественного состава биологически активных веществ лекарственных растений – эндемиков Сибири родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) и левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides*), а также представлен способ увеличения их биосинтетической активности. Экспериментально подобран состав питательной среды для культивирования каллусных культур родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) и левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides*) *in vitro*, способствующий увеличению биосинтеза биологически активных веществ. Для каллусных культур родиолы розовой (линия R.r-1k): минеральная основа – MS; сахароза – 30 г; инозит – 100 мг; тиамин – 1,0 мг; пиридоксин – 1,0 мг; Са-пантетонат – 10 мг; кинетин – 0,05 г; НУК – 0,1 г; 2,4-Д – 0,5. Для каллусных культур левзеи сафлоровидной (линия R.c -2k): минеральная основа – SH; сахароза – 30 г; инозит – 100 мг; тиамин – 5,0 мг; пиридоксин – 0,5 мг; никотиновая кислота – 5,0 мг; кинетин – 0,1 г; ИУК – 1,0 г. Разработана технология функционального тонизирующего напитка на основе молочной сыворотки, обогащенного экстрактом каратиноидов, выделенного из плодов рябины обыкновенной и экстрактом биологически активных веществ родиолы розовой и левзеи сафлоровидной. Наличие в растительном и лекарственном сырье биологически активных веществ придает напитку антиоксидантные и бактерицидные свойства, способствует поднятию общего тонуса организма и укреплению иммунной системы.

Ключевые слова. Биологически активные вещества, эндемики Сибири, молочная сыворотка, функциональный напиток

Для цитирования: Использование биологически активных веществ лекарственных растений Сибири в функциональных напитках на основе молочной сыворотки / С. А. Иванова, И. С. Милентьева, Л. К. Асякина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 14–22. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-14-22.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Biologically Active Substances of Siberian Medical Plants in Functional Wgey-Based Drinks

S.A. Ivanova[1], I.S. Milentyeva[1], L.K. Asyakina[1], A.A. Lukin[1], O.V. Kriger[2,*], A.N. Petrov[3]

[1] Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

[2] Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia

[3] All-Russia Scientific Research Institute of Technology of Canning – a branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences,

Received: February 18, 2019
Accepted: March 29, 2019

78, Shkolnaya Str., Vidnoe, 142703, Russia

*e-mail: olgakriger58@mail.ru

© S.A. Ivanova, I.S. Milentyeva, L.K. Asyakina, A.A. Lukin, O.V. Kriger, A.N. Petrov, 2019

Abstract. The use of infusions and extracts from domestic plant materials is a promising direction in the development of functional beverages since they contain a wide range of substances of various pharmacological properties. Drinks fortified with physiologically active natural components maintain a certain level of this content in human body. They can have a healing or prophylactic effect. However, there is a lack of technologies for the effective production of biologically active substances from plant materials. Moreover, the development of cultivated botanical medicinal plant species remains quite poor. The present study features the qualitative and quantitative composition of biologically active substances of medicinal plants that are endemics of Siberia. They are Rhodiola rosea (*Rhodiola rosea* L.) and maral root (*Rhaponticum carthamoides*). The paper introduces a method for increasing their biosynthetic activity. An experiment helped to select a composition of the nutrient medium for the cultivation of callus cultures of Rhodiola rosea (*Rhodiola rosea* L.) and maral root (*Rhaponticum carthamoides*) *in vitro*, which contributed to an increase in the biosynthesis of biologically active substances. For callus cultures of Rhodiola Rosea (line R.r-1k) the following composition was used: mineral base – MS; sucrose – 30 g; inositol – 100 mg; thiamine – 1.0 mg; pyridoxine – 1.0 mg; Ca-panthetonate – 10 mg; kinetin – 0.05 g; naphthyl acetic acid – 0.1 g; 2.4-D – 0.5. For callus cultures of maral root (line R.c -2k): mineral base – SH; sucrose – 30 g; inositol – 100 mg; thiamine – 5.0 mg; pyridoxine – 0.5 mg; nicotinic acid – 5.0 mg; kinetin – 0.1 g; indoleacetic acid – 1.0 g. The authors developed a technology for the production of functional whey-based tonic drink fortified with extract of carotenoids isolated from the fruits of mountain ash and the extract of biologically active substances Rhodiola rosea and maral root. The presence of biologically active substances in the plant and medicinal raw materials gives the drink antioxidant and bactericidal properties, as well as helps to raise the overall state of the organizm and strengthen the immune system.

Keywords. Biologically active substances, endemics of Siberia, whey, functional drink

For citation: Ivanova SA, Milentyeva IS, Asyakina LK, Lukin AA, Kriger OV, Petrov AN. Biologically Active Substances of Siberian Medical Plants in Functional Wgey-Based Drinks. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):14–22. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-14-22.

Введение

Инновационное технологическое развитие сельского хозяйства и пищевой промышленности является составной частью системы долгосрочной политики государства, которая направлена на обеспечение достаточного уровня продовольственной независимости страны и достижение доступности для каждого гражданина страны безопасных пищевых продуктов в соответствии с нормами, необходимыми для ведения активного и здорового образа жизни [1].

Осуществление перехода пищевой и перерабатывающей промышленности к ресурсосберегающим технологиям, обеспечивающим безотходное производство и производство с минимальным воздействием на экологию, возможно за счет использования натурального растительного сырья и, полученных из него, функциональных пищевых ингредиентов [2].

В последние годы активизированы исследования лекарственных растений в плане поиска видов, в органах которых содержатся жизненно важные биологически активные вещества для лечения таких заболеваний, как сердечно-сосудистые, онкологические, диабет и другие. Состояние здоровья населения отражает необходимость развития отечественной науки на более современном уровне, включая использование всех возможных резервов в освоении природных компонентов из лекарственных видов растений для получения биологически активных веществ и целевого использования в лечении и профилактике тяжелых заболеваний [3]. В элитную группу важнейших противоонкологических растений входят женьшень, аралия, элеутерококк. С 80-х годов прошедшего столетия известны их свойства и востребованность в противоопухолевой терапии [4].

Натуральные экстракты из сырья растительного происхождения остаются неизменно востребованными в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности. Более 80 % продаваемых в России экстрактов ввозят в страну из таких стран, как США (22,7 %), Великобритания (20,9 %), Германия (17,8 %), Китай (12,3 %), Франция (7,8 %). По оценкам экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в ближайшие 10 лет доля фитопрепаратов в общих объемах потребления фармацевтических препаратов достигнет 60 %.

Перспективным направлением в создании функциональных напитков является применение настоев и экстрактов из отечественного растительного сырья, содержащего широкий спектр веществ различной фармакологической направленности. Растительные экстракты в составе напитков повышают тонус организма, адаптивные возможности нервной системы, устойчивость организма к неблагоприятным факторам окружающей среды, обладают антиоксидантными свойствами [5, 6].

Напитки, обогащенные природными физиологически активными компонентами и создающие определенный уровень их содержания в организме человека, способны оказывать оздоровительное или профилактическое действие на организм человека [7].

Использование молочной сыворотки как основы для создания функциональных напитков лечебно-профилактической направленности с использованием биологически-активных веществ, выделенных из лекарственных растений, позволит максимально использовать сырьевую базу молочной промышленности, расширить ассортимент выпускаемой продукции и сократить к минимуму количество отходов и энергетических потерь [8, 9].

На территории России произрастают лекарственные растения, отсутствующие в фармакопеях других стран: элеутерококк колючий,

лимонник китайский, пион уклоняющийся, пустырник сердечный, родиола розовая, левзея сафлоровидная, термопсис ланцетный, безвременник красивый, астрагал пушистоцветковый, вздутоплодник сибирский, гармала обыкновенная, копеечник альпийский, лабазник вязолистный, леспедеца двуцветная, леспедеца копеечниковая, секуринега полукустарниковая, солянка холмовая, сферофиза солонцовая, шлемник байкальский [10, 11].

Большая часть перечисленных видов произрастает на территории Западной Сибири и является недостаточно изученной. Вторичные метаболиты представленных видов сырья обладают высокой биологической ценностью и представляют интерес для получения биологически активных веществ и использования в различных отраслях промышленности.

Актуальными проблемами являются недостаток: технологий эффективного производства биологически активных веществ из растительного сырья; слабая развитость культивируемых ботанических лекарственных видов растений в хозяйствах разных форм собственности и даже в ботанических садах; дефицит подготовленных кадров в этом направлении.

В последние десятилетия продолжается быстрый прогресс технологий клеточной инженерии. Она основана на тотипотентности клеток, на способности регенерировать целое растение, синтезировать важнейшие соединения вторичного метаболизма. С одной стороны, такой подход позволяет привносить в растения признаки, которые невозможно получить с помощью традиционной селекции. С другой стороны, генетическая инженерия позволяет перенести отдельный ген, отвечающей за конкретный признак, что снижает риск разрушения уже сложившегося генотипа [12, 13].

Целью данной работы является изучение качественного и количественного состава биологически активных веществ, полученных из каллусных культур лекарственных растений – эндемиков Сибирского региона, и возможности их использования в технологии функциональных напитков на основе молочной сыворотки.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны следующие виды лекарственных растений, произрастающих в Кемеровской области, – родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.) и левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*).

Отобранные для исследования виды различались по происхождению и экологическим особенностям. Родиола розовая – аркто-высокогорный вид. Предпочитает умеренно холодные и оптимально увлажненные местообитания, поэтому относится к мезопсихрофитам. Местность с проточным увлажнением очень благоприятна для родиолы розовой. Поэтому её можно встретить по долинам горных ручьев или рек, каменистым берегам, озерным берегам, галечникам и влажным лугам. Левзея сафлоровидная встречается в ассоциациях лугового, кустарникового и лесного типов растительности. Произрастает на субальпийских, реже альпийских лугах (на высоте 1400–2300 м над уровнем моря), в том числе в Кемеровской области в горах Кузнецкого Алатау, на влажных осыпях и на берегах рек, ручьев.

Для определения качественного и количественного состава БАВ лекарственных растений, отобранных для исследования, использовали методы высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), тонкослойной хроматографии (ТСХ) и ИК-спектроскопии. ВЭЖХ осуществляли на жидкостном хроматографе Prominence, Shimadzu LC-20 (Япония) с диодно-матричным детектированием. ТСХ хроматографию выполняли на пластинах Sorbfil ПТСХ-АФ-А с последующей денситометрией ТСХ пластины Sorbsil. Спектрофотометрические исследования проводили на спектрофотометре СФ-2000 (ОКБ «Спектр», Санкт-Петербург, Россия). ИК-спектроскопию выполняли на приборе ФСМ-1202 («Инфраспек», Санкт-Петербург, Россия).

Образцы растений для анализа готовили следующим образом. Выделяли усредненную пробу растений (побег, листья, цветки, корни) после высушивания полевых проб до воздушно-сухого состояния. Растительный материал измельчили и подвергали экстракции 70 % водным раствором этанола при комнатной температуре до полного извлечения биологически активных веществ. Получили настойки, представляющие собой прозрачную жидкость темного зеленовато-коричневого цвета с характерным запахом.

Для получения культур клеток образцы растений обрабатывали детергентом и для стерилизации помещали в 0,1 % раствор сулемы ($HgCl_2$) на 1 мин. После стерилизации материал трехкратно отмывался в течение 20 мин в дистиллированной стерильной воде. Листовые пластинки, стебли и части корневища растений разрезали скальпелем на сегменты размером 5×5 мм и использовали в качестве эксплантов, которые помещали на агаризованную среду. Для экспериментов использованы среды с минеральной основой MS, Гамборга (B5) и Шенка Хильдебрандта (SH) с добавлением гидролизата казеина (0,5 г/л), мезоинозита (0,1 г/л), 3 % сахарозы, 0,5 % агара.

Результаты и их обсуждение

Родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.) – лекарственное растение-адаптоген, обладающее широким спектром целебных свойств. Название «золотой корень» растение получило по корневищу, которое имеет цвет бронзы или старой позолоты с перламутровым блеском. Наибольшее количество биологически

Таблица 1 – Содержание биохимических соединений в корнях *Rhodiola rosea* L.

Table 1 – Content of biochemical compounds in the roots of *Rhodiola rosea* L.

Наименование показателя	Значение показателя, мг/г сухой массы
Розавин	1,65 ± 0,08
Розарин	4,40 ± 0,22
Розин	1,55 ± 0,08
Салидрозид	25,89 ± 1,29
Тирозол	10,95 ± 0,55

Таблица 2 – Содержание биохимических соединений в корнях *Rhaponticum carthamoides*

Table 2 – Content of biochemical compounds in the roots of *Rhaponticum carthamoides*

Наименование показателя	Значение показателя, мг/г сухой массы
Ситостерин	0,26 ± 0,31
Хлорогеновая кислота	44,54 ± 2,23
Изофраксидин	1,15 ± 0,06
Кофейная кислота	50,15 ± 2,51

активных веществ содержится в корневой системе растения. Результаты анализа количественного определения вторичных метаболитов корней родиолы розовой представлены в таблице 1.

Анализ проведенных исследований свидетельствует о том, что в наибольшем количестве в родиоле розовой содержится салидрозид, который является защитным средством эритроцитов человека от окислительного стресса и может быть хорошим адаптогеном для повышения сопротивляемости организма к стрессам и усталости [14, 15]. В эксперименте на мышах салидрозид предотвращает потери гемопоэтических стволовых клеток в условиях окислительного стресса [16]. Салидрозид подавляет опухолевые метастазы клеток лимфосаркомы человека [17]. Ароматические вещества родиолы розовой представлены розавином, розарином и розином, оказывающие стимулирующее действие на центральную нервную систему [18].

Левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*) – многолетнее травянистое растение с деревянистым корневищем. Эндемик Южной Сибири. Ценное лекарственное растение, которое обладает многими полезными свойствами: тонизирующим, возбуждающим, общеукрепляющим, стимулирующим и др.

В таблице 2 приведены результаты по изучению химического состава биологически активных веществ корней левзеи сафлоровидной.

Из таблицы 2 следует, что корневая система левзеи сафлоровидной накапливает такие биологически активные вещества, как ситостерин, хлорогеновая кислота, изофраксидин, кофейная кислота. Кроме того, в корневой системе левзеи сафлоровидной выявлены смолистые вещества, эфирное масло, дубильные вещества, алкалоиды, камеди, каротин, аскорбиновая кислота.

В сырье выделены также фитоэкдизоны, тритерпеновые гликозиды, флавоноиды, антоциановые гликозиды, экзистероны, инулин, ретинол, витамин С, минеральные соли, а именно соли фосфора. Растение накапливает железо, медь, алюминий.

Для получения каллусных культур небольшие фрагменты тканей разных органов растений помещали на поверхность питательной среды в чашки Петри. Экспериментально подобран состав питательной среды для культивирования эксплантов. Для каллусных культур родиолы розовой (линия R.r-1k): минеральная основа – MS; сахароза – 30 г; инозит – 100 мг; тиамин – 1,0 мг; пиридоксин – 1,0 мг; Са-пантетонат – 10 мг; кинетин – 0,05 г; НУК – 0,1 г; 2,4-Д – 0,5. Для каллусных культур левзеи сафлоровидной (линия R.c -2k): минеральная основа – SH; сахароза – 30 г; инозит – 100 мг; тиамин – 5,0 мг; пиридоксин – 0,5 мг; никотиновая кислота – 5,0 мг; кинетин – 0,1 г; ИУК – 1,0 г. Питательные среды автоклавировали при 15 мин подготовительного и 15 мин основного режима при добавочном давлении 0,7–0,8 МПа.

Через 4–6 недель культивирования эксплантa образовался первичный каллус, который разделяли и переносили на свежую питательную среду. Каллусная ткань, выросшая на твердой питательной среде, имела рыхлую аморфную структуру в виде массы тонкостенных клеток белого или желтоватого цвета. Качественный химический состав каллусной ткани родиолы розовой и левзеи сафлоровидной представлены в таблице 3 и 4.

Из таблиц 3 и 4 следует, что в каллусных культурах родиолы розовой содержание розавина превышает данный показатель в контроле на 43,4 %, содержание розарина – на 18,8 %, содержание розина – 42,4 %, содержание салидрозида – на 11,6 %, содержание тирозола – на 22,5 %. В каллусной культуре левзеи сафлоровидной отмечено значительное превышение содержания ситостерина – в 6,7 раза, по сравнению с нативным растением, хлорогеновой кислоты – в 2 раза и изофраксидина – в 2,8 раза.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что каллусные культуры лекарственных растений Сибирского ре-

Таблица 3 – Результаты анализа содержания основных биохимических соединений в экстрактах лиофильно высушенных образцов биомассы каллусных культур родиолы розовой

Table 3 – Content of the basic biochemical compounds in the extracts of lyophilized biomass samples of callus cultures of *Rhodiola Rosea*

Показатели (компонент)	Содержания компонентов в растительных объектах, мг/г сухого веса	
	Исходная культура	Каллусная культура
Розавин	1,65 ± 0,08	2,77 ± 0,14
Розарин	4,40 ± 0,22	5,15 ± 0,26
Розин	1,55 ± 0,08	2,55 ± 0,13
Салидрозид	25,89 ± 1,29	27,89 ± 1,40
Тирозол	10,95 ± 0,55	13,42 ± 0,67

Таблица 4 – Результаты анализа содержания основных биохимических соединений в экстрактах лиофильно высушенных образцов биомассы каллусных культур клеток *in vitro* левзеи сафлоровидной

Table 4 – Content of the basic biochemical compounds in the extracts of lyophilized biomass samples of callus cell cultures in maral root, *in vitro*

Показатели (компонент)	Содержания компонентов в растительных объектах, мг/г сухого веса	
	Исходная культура	Каллусная культура
Ситостерин	0,26 ± 0,31	1,54 ± 0,07
Хлорогеновая кислота	44,54 ± 2,23	87,90 ± 4,40
Изофраксидин	1,15 ± 0,06	3,10 ± 0,16
Кофейная кислота	50,15 ± 2,51	65,12 ± 3,10

гиона, отобранные для исследования, являются перспективным сырьем для получения биологически активных веществ с широким спектром физиологического действия и использования в технологии функциональных напитков.

Функциональные напитки – это общее название безалкогольных напитков повышенной физиологической ценности, обогащенных различными физиологически функциональными пищевыми ингредиентами (витаминами, макро- и микроэлементами, пищевыми волокнами, пробиотиками, отдельными аминокислотами, жирными кислотами, фосфолипидами, биологически активными добавками, экстрактами различных трав и растений, продуктами высоких технологий модифицированного химического состава). Основным механизмом профилактического действия функциональных напитков является их положительное влияние на такие процессы, как повышение физической выносливости, иммунитета, улучшение обмена веществ, функции пищеварения и регуляция аппетита, улучшение состояния сердечно-сосудистой системы и повышение энергетического обмена организма, оказание позитивного влияния на психоэмоциональное состояние человека.

В ходе исследований была разработана технология функционального тонизирующего напитка на основе молочной сыворотки, обогащенного экстрактом каротиноидов, выделенных из плодов рябины обыкновенной и растительными экстрактами родиолы розовой и левзеи сафлоровидной.

Молочная сыворотка содержит в своем составе более 200 наименований биологически активных веществ, которые оказывают положительное действие на организм человека [19]. В ее состав входят ценные аминокислоты, витамины, в том числе достаточно редкие формы витаминов B_7 и B_4, минеральные элементы.

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), произрастающая на территории Кемеровской области, содержит большое количество каротиноидов, витаминов, сахара, дубильных и пектиновых веществ, эфирных масел, аминокислот. Это свидетельствует о перспективности ее использования в технологии функциональных напитков [20]. Для максимального извлечения биологически активных веществ из плодов рябины использовали масляно-водно-этанольную смесь в соотношении 5:1:1. Химический состав экстракта рябины обыкновенной, предварительно обезвоженной сублимационной сушкой, представлен в таблице 5.

Технологический процесс получения функционального тонизирующего напитка включал в себя следующие стадии: подготовка сырья к переработке, приготовление экстрактов каротиноидов и биологически активных веществ родиолы розовой и левзеи сафлоровидной, внесение функциональных ингредиентов в молочную сыворотку согласно рецептуре и физиологическим потребностям организма человека, охлаждение, фасовка, хранение. Технологическая схема получения функционального тонизирующего напитка на основе молочной сыворотки и биологически активных веществ растительного и лекарственного сырья, произрастающего на территории Кемеровской области, представлена на рисунке 1.

Таблица 5 – Содержание биохимических соединений в экстракте рябины обыкновенной

Table 5 – Content of biochemical compounds in the extract of mountain ash

Наименование показателя	Значение показателя, мг/100 г
Каротиноиды	18,1 ± 0,90
Витамин К	0,8 ± 0,04
Витамин РР	2,7 ± 0,15
Витамин Е	1,5 ± 0,07
Кислота сорбиновая	1,6 ± 0,09
Кислота аскорбиновая	1,3 ± 0,06
Витамин В1	0,3 ± 0,02
Витамин В3	1,1 ± 0,05
Витамин В6	1,3 ± 0,06

Начало технологического процесса заключалось в подготовке сырья к переработке, в процессе которой сыворотку исследовали по основным показателям качества и отправляли на фильтрование для удаления творожной пыли. Для предотвращения развития посторонней микрофлоры молочная сыворотка подвергалась тепловой обработке при температуре 85 ± 2 °С с выдержкой 15–20 секунд. Приготовление экстракта биологически активных веществ из рябины осуществляли по технологической схеме, представленной на рисунке 2.

Лиофильно высушенную биомассу родиолы розовой и левзеи сафлоровидной подвергали кипячению в течение 10 мин, после чего настаивали при температуре 20–22 °С в течение 30 мин, фильтрова-

Рисунок 1 – Технологическая схема получения тонизирующего напитка на основе молочной сыворотки и БАВ растительного и лекарственного сырья

Figure 1 – Technological scheme of obtaining a tonic drink based on whey and biologically active substances obtained from plant and medicinal raw materials

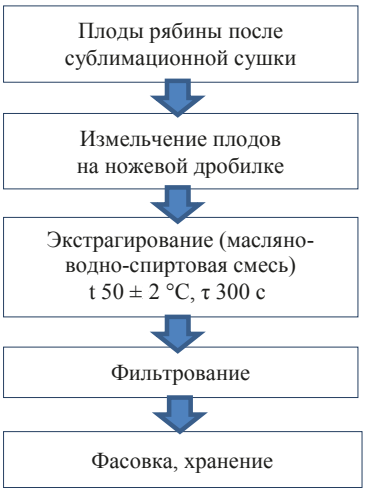


Рисунок 2 – Технологическая схема получения экстракта биологически активных веществ из плодов рябины обыкновенной

Figure 2 – Technological scheme of obtaining an extract of biologically active substances from mountain ash berries

ли и вводили полученный экстракт в молочную сыворотку.

Экстракт рябины обыкновенной, экстракт родиолы розовой и экстракт левзеи сафлоровидной вводили в охлажденную до 30 ± 2 °С молочную сыворотку в соответствии с рецептурой и на основании рекомендуемых уровней потребления биологически активных веществ [21].

Полученный напиток расфасовывали и охлаждали до температуры 4 ± 2 °С.

По органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям функциональный тонизирующий напиток соответствует требованиям, указанным в таблице 6. Расход сырья на выработку напитка приведен в таблице 7.

Напиток должен вырабатываться в соответствии с требованиями технических условий и технологической инструкцией с соблюдением действующих санитарных правил и норм для предприятий молочной промышленности, утвержденных в установленном порядке.

Наличие в растительном и лекарственном сырье биологически активных веществ придает напитку антиоксидантные и бактерицидные свойства, способствует поднятию общего тонуса организма и укреплению иммунной системы.

Таблица 7 – Рецептура для получения функционального тонизирующего напитка на основе молочной сыворотки и экстрактов растительного и лекарственного сырья (на 1000 кг без учета потерь)

Table 7 – Recipe for obtaining a functional whey-based tonic drink and extracts of plant and medicinal raw materials (per 1.000 kg, ignoring losses)

Компонент	Количество, кг
Молочная сыворотка	830,0
Экстракт рябины обыкновенной	100,0
Экстракт родиолы розовой	10,0
Экстракт левзеи сафлоровидной	10,0
Сахар	50,0

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований показана перспективность использования биологически активных веществ, выделенных из эндемических растений Сибирского региона для использования в технологии функционального напитка на основе молочной сыворотки. Для повышения биосинтетической активности целесообразно применять культивирование *in vitro* каллусных культур растений – источников ценных биологически активных веществ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по теме «Получение биологически активных веществ лекарственных растений – эндемиков Сибири с использованием культур клеток и органов высших растений». Соглашение о предоставлении субсидии от 26.11.2018 г. № 072-02-2018-223.

Таблица 6 – Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели функционального тонизирующего напитка

Table 6 – Sensory, physico-chemical, and microbiological indicators of the functional tonic drink

Показатель	Характеристика
Вкус и аромат	Кисловато-сладкий, специфический для ягод рябины
Консистенция	Однородная жидкость. Допускается небольшое количество ягодной взвеси
Цвет	Сывороточный с оттенком экстракта рябины
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	5,5
Кислотность, °Т, в пределах	60–100
Температура при выпуске с предприятия, °С, не более	4
Бактерии группы кишечной палочки не допускаются, в см^3	0,01
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, не допускаются, в см^3	25

Список литературы

1. Prosekov, A. Yu. Food security: The challenge of the present / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // Geoforum. – 2018. – Vol. 91. – P. 73–77. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030.

2. Oat protein concentrate production / O. V. Kriger, E. V. Kashirskikh, O. O. Babich [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 47–55. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-47-55.

3. Prosekov, A. Yu. Food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 201–211. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211.

4. Запрометов, М. Н. Метаболизм фенольных соединений в растениях / М. Н. Запрометов // Биохимия. – 1977. – Т. 42, № 1. – С. 3–20.

5. Решетник, Е. И. Модификация традиционных рецептур кисломолочных продуктов / Е. И. Решетник, Е. А. Уточкина // Материалы I Национальной научно-технической конференции с международным участием «Инновационные и ресурсосберегающие технологии продуктов питания» / Астраханский государственный технический университет. – Астрахань, 2018.

6. Просеков, А. Ю. Роль межфазных поверхностных явлений в производстве дисперсных продуктов с пенной структурой (обзор) / А. Ю. Просеков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 8. – С. 24–27.

7. Анарбаева, О. Э. Пути повышения эффективности процесса экстрагирования из сырья растительного происхождения / О. Э. Анарбаева, О. В. Кригер // Материалы V Международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнологии» / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – Кемерово, 2017. – С. 271–273.

8. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions / L. Dyshlyuk, O. Babich, D. Belova [et al.] // Journal of Food Process Engineering. – 2017. – Vol. 40, № 1. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpe.12331.

9. Остроумов, Л. А. Анализ научных и практических аспектов использования молока и его производных в технологии функциональных продуктов питания / Л. А. Остроумов, А. Ю. Просеков // Материалы международного симпозиума «Федеральный и региональный аспекты политики здорового питания». – Новосибирск, 2002. – 88–92.

10. Куприянов, А. Н. Ключевые ботанические территории Кемеровской области / А. Н. Куприянов // Кемерово : Ирбис, 2009. – 113 с.

11. Новые для Кемеровской области виды сосудистых растений / А. Л. Эбель, Т. Е. Буко, С. А. Шереметова [и др.] // Ботанический журнал. – 2009. – Т. 94, № 1. – С. 106–113.

12. Establishment of normal and transformed root cultures of *Artemisia annua* L. for artemisinin production / M. Jazir, A. K. Shimomura, K. Yoshimatsu [et al.] // Journal of Plant Physiology. – 1995. – Vol. 145, № 1–2. – P. 175–177. DOI: https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81866-3.

13. Research on the influence of silver clusters on decomposer microorganisms and E. Coli bacteria / A. I. Piskaeva, Yu. Yu. Sidorin, L. S. Dyshlyuk [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 62–66. DOI: https://doi.org/10.12737/4136.

14. Зеленков, В. Н. Особенности минерального состава левзеи сафлоровидной с многолетних плантаций европейского северо-востока России [макро- и микроэлементы в надземных частях маральего корня] / В. Н. Зеленков, Н. П. Тимофеев, Н. П. Заксас // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов : материалы I Российской научно-практической конференции. – М., 2001. – С. 56–58.

15. Qian, E. W. Salidroside protects human erythrocytes against hydrogen peroxide-induced apoptosis / E. W. Qian, D. T. Ge, S. K. Kong // Journal of Natural Products. – 2012. – Vol. 75, № 4. – P. 531–537. DOI: https://doi.org/10.1021/np200555s.

16. Rhodiola rosea extracts and salidroside decrease the growth of bladder cancer cell lines via inhibition of the mTOR pathway and induction of autophagy / Z. Liu, X. Li, A. R. Simoneau [et al.] // Molecular Carcinogenesis. – 2012. – Vol. 51, № 3. – P. 257–267. DOI: https://doi.org/10.1002/mc.20780.

17. Salidroside inhibits migration and invasion of human fibrosarcoma HT1080 cells / C. Sun, Z. Wang, Q. Zheng [et al.] // Phytomedicine. – 2012. – Vol. 19, № 3–4. – P. 355–363. DOI: https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.09.070.

18. Соколов, С. Я. Справочник по лекарственным растениям / С. Я. Соколов, И. П. Замотаев. – М. : Медицина, 1988. – 464 с.

19. Novoselova, M. V. Technological options for the production of lactoferrin / M. V. Novoselova, A. Yu. Prosekov // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 90–101. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-10.

20. Исследование химического состава плодов рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), произрастающей в Кемеровской области / Л. А. Остроумов, О. В. Кригер, К. В. Карчин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – Т. 35, № 4. – С. 38–42.

21. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 46 с.

References

1. Prosekov AYu, Ivanova SA. Food security: The challenge of the present. Geoforum. 2018;91:73–77. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.02.030.

2. Kriger OV, Kashirskikh EV, Babich OO, Noskova SYu. Oat protein concentrate production. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):47–55. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-47-55.

3. Prosekov AYu, Ivanova SA. Food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world. Foods and Raw Materials. 2016;4(2):201–211. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211.

4. Zaprometov MN. Metabolizm fenol′nykh soedineniy v rasteniyakh [Metabolism of phenolic compounds in plants]. Biochemistry. 1977;42(1):3–20. (In Russ.).

5. Reshetnic EI, Utochkina EA. Modification of traditional recipes of dairy products. Materialy I Natsional′noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Innovatsionnye i resursosberegayushchie tekhnologii produktov pitaniya" [Proceedings of the I National Scientific and Technical Conference with international participation "Innovative and Resource-Saving Food Technologies"]; 2018. Rybnoe. Astrakhan′: Astrakhan State Technical University; 2018. (In Russ.).

6. Prosekov AYu. Rol′ mezhfaznykh poverkhnostnykh yavleniy v proizvodstve dispersnykh produktov s pennoy strukturoy (obzor) [The role of interfacial surface phenomena in the production of dispersed products with foam structure (review)]. Storage and processing of farm products. 2001;(8):24–27. (In Russ.).

7. Anarbaeva OEh, Kriger OV. Puti povysheniya ehffektivnosti protsessa ehkstragirovaniya iz syr′ya rastitel′nogo proiskhozhdeniya [Ways to improve the efficiency of the extraction process from raw materials of plant origin]. Materialy V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Pishchevye innovatsii i biotekhnologii" [Proceedings of the V International Scientific Conference "Food Innovation and Biotechnology"]; 2017; Kemerovo. Kemerovo: KemIFST; 2017. p. 271–273. (In Russ.).

8. Dyshlyuk L, Babich O, Belova D, Prosekov A. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions. Journal of Food Process Engineering. 2017;40(1). DOI: https://doi.org/10.1111/jfpe.12331.

9. Ostroumov LA, Prosekov AYu. Analiz nauchnykh i prakticheskikh aspektov ispol′zovaniya moloka i ego proizvodnykh v tekhnologii funktsional′nykh produktov pitaniya [Analysis of scientific and practical aspects of the use of milk and its derivatives in functional food technology]. Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma "Federal′nyy i regional′nyy aspekty politiki zdorovogo pitaniya" [Proceedings of the International Symposium "Federal and Regional Aspects of the Healthy Nutrition Policy"]; 2002; Novosibirsk. Novosibirsk: Siberian University Publishing; 2002. p. 88–92. (In Russ.).

10. Kupriyanov AN. Klyuchevye botanicheskie territorii Kemerovskoy oblasti [Key botanical territories of the Kemerovo Region]. Kemerovo: Irbis; 2009. 113 p. (In Russ.).

11. Ebel AL, Buko TE, Sheremetova SA, Yakovleva GI, Kuprijanov AN. New species of vascular plants for Kemerovo Region. Botanicheskiy zhurnal [Botanical Journal]. 2009;94(1):106–113. (In Russ.).

12. Jazir M, Shimomura AK, Yoshimatsu K, Fauconnier M-L, Marlier M, Homès J. Establishment of normal and transformed root cultures of *Artemisia annua* L. for artemisinin production. Journal of Plant Physiology. 1995;145(1–2):175–177. DOI: https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81866-3.

13. Piskaeva AI, Sidorin YuYu, Dyshlyuk LS, Zhumaev YuV, Prosekov AYu. Research on the influence of silver clusters on decomposer microorganisms and E. Coli bacteria. Foods and Raw Materials. 2014;2(1):62–66. DOI: https://doi.org/10.12737/4136.

14. Zelenkov VN, Timofeev NP, Zaksas NP. Peculiarities of mineral composition of Leuzea carthamoides with perennial plantations of the European North-East Russia [Macro- and microelements in the aboveground parts of the maral root]. Aktual′nye problemy innovatsiy s netraditsionnymi rastitel′nymi resursami i sozdaniya funktsional′nykh produktov: materialy I Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Relevant issues of Innovation with Non-Traditional Plant Resources and the Development of Functional Products: Proceedings of the I Russian scientific-practical conference]; 2001; Moscow. Moscow: Netraditsionnye prirodnye resursy i funktsional′nye produkty; 2001. p. 56–68. (In Russ.).

15. Qian EW, Ge DT, Kong SK. Salidroside protects human erythrocytes against hydrogen peroxide-induced apoptosis. Journal of Natural Products. 2012;75(4):531–537. DOI: https://doi.org/10.1021/np200555s.

16. Liu Z, Li X, Simoneau AR, Jafari M, Zi X. *Rhodiola rosea* extracts and salidroside decrease the growth of bladder cancer cell lines via inhibition of the mTOR pathway and induction of autophagy. Molecular Carcinogenesis. 2012;51(3):257–267. DOI: https://doi.org/10.1002/mc.20780.

17. Sun C, Wang Z, Zheng Q, Zhang H Salidroside inhibits migration and invasion of human fibrosarcoma HT1080 cells. Phytomedicine. 2012;19(3–4):355–363. DOI: https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.09.070.

18. Sokolov SYa, Zamotaev IP. Spravochnik po lekarstvennym rasteniyam [Manual of medicinal plants]. Moscow: Meditsina; 1988. 464 p. (In Russ.).

19. Novoselova MV, Prosekov AYu. Technological options for the production of lactoferrin. Foods and Raw Materials. 2016;4(1):90–101. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-10.

20. Ostroumov LA, Kriger OV, Karchin KV, Shcetinin MP. Research of chemical composition of mountain ash (*Sorbus aucuparia*), growsing in the Kemerovo Region. Food Processing: Techniques and Technology. 2014;35(4):38–42. (In Russ.).

21. MR 2.3.1.1915-04. Rekomenduemye urovni potrebleniya pishchevykh i biologicheski aktivnykh veshchestv [Instructional Guidelines 2.3.1.1915-04. Recommended consumption levels of food and biologically active substances]. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia; 2004. 46 p.

Иванова Светлана Анатольевна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой общей математики и информатики, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: pavvm2000@mail.ru

Милентьева Ирина Сергеевна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Асякина Людмила Константиновна
канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842)-39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Лукин Андрей Андреевич
аспирант кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Кригер Ольга Владимировна
д-р тех. наук, профессор института живых систем, ФГАОУ ВО Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 36016, Россия, г. Калининград, ул. Александра Невского, 14, e-mail: olgakriger58@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-1489-0716

Петров Андрей Николаевич
д-р техн. наук, академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 142703, Россия, г. Видное, ул. Школьная, 78, тел.: +7 (495) 541-08-92, e-mail: vniitekpetrov@vnitek.ru

Svetlana A. Ivanova
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of General Mathematics and Computer Science, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: pavvm2000@mail.ru

Irina S. Milentyeva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Lyudmila K. Asyakina
Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Andrey A. Lukin
Postgraduate of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-05-37, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Olga V. Kriger
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Institute of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskogo Str., Kaliningrad, 236016, Russia, e-mail: olgakriger58@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-1489-0716

Andrey N. Petrov
Dr.Sci.(Eng.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Director, All-Russia Scientific Research Institute of Technology of Canning – a branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, 78, Shkolnaya Str., Vidnoe, 142703, Russia, phone: +7 (495) 541-08-92, e-mail: vniitekpetrov@vnitek.ru

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-23-31
УДК 664.664.9

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Разработка рецептуры и медико-биологическая оценка хлебобулочных изделий с добавкой нетрадиционного растительного сырья

В. С. Куценкова[1,*], Н. В. Неповинных[1], Н. П. Лямина[2], В. Н. Сенчихин[2]

[1] ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1

[2] ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 410012, Россия, г. Саратов, ул. Большая Казачья, 112

Дата поступления в редакцию: 04.03.2019
Дата принятия в печать: 28.03.2019

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

© В. С. Куценкова, Н. В. Неповинных, Н. П. Лямина, В. Н. Сенчихин, 2019

Аннотация. Хлеб является самым популярным продуктом питания населения. Однако все больше людей отказываются от традиционного пшеничного хлеба в пользу хлебобулочных изделий с различными функциональными добавками. Цельносмолотые семена сафлора представляют собой нетрадиционную растительную добавку, являющуюся источником полноценного растительного белка, полиненасыщенных жирных кислот (включая линолевую и линоленовую кислоты), пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. В представленной работе разработана рецептура хлеба, обогащенного измельченными семенами и маслом сафлора. В ходе эксперимента были изучены органолептические и физико-химические показатели хлеба. Опытные образцы имели гладкую, без трещин поверхность, равномерную пористость и светло-желтый цвет в изломе, свойственные данному виду изделий, вкус и запах с приятным тонким привкусом и ароматом вносимой добавки. Отмечено небольшое увеличение показателей пористости, кислотности, формоустойчивости и влажности, чем в контрольном образце. Отработана технологическая схема производства и рецептура хлеба с добавкой цельносмолотых семян сафлора, определены оптимальные технологические параметры производства. Была проведена медико-биологическая оценка эффективности хлебобулочных изделий с добавкой семян и масла сафлора в диетотерапии лиц в возрасте от 18 до 29 лет с избыточной массой тела. На основании проведенных исследований доказана терапевтическая эффективность применения хлебобулочных изделий с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора в составе гипокалорийной диеты для лиц с избыточной массой тела, хорошая переносимость процедур, отсутствие побочных реакций. Разработана оптимальная методика лечения. Результаты исследования позволяют рекомендовать употребление хлебобулочных изделий с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора в питании пациентов в возрасте 18–29 лет с избыточной массой тела.

Ключевые слова. Хлеб, нетрадиционная растительная добавка, семена сафлора, медико-биологическая оценка, избыточная масса тела

Для цитирования: Разработка рецептуры и медико-биологическая оценка хлебобулочных изделий с добавкой нетрадиционного растительного сырья / В. С. Куценкова, Н. В. Неповинных, Н. П. Лямина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 23–31. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-23-31.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Recipe Development and Medical and Biological Evaluation of Bakery Products Fortified with Non-Traditional Vegetable Raw Materials

V.S. Kutsenkova[1,*], N.V. Nepovinnykh[1], N.P. Lyamina[2], V.N. Senchikhin[2]

[1] N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia

[2] V.I. Razumovsky Saratov State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 112, Bol'shaya Kazach'ya Str., Saratov, 410012, Russia

Received: March 04, 2019
Accepted: March 28, 2019

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

© V.S. Kutsenkova, N.V. Nepovinnykh, N.P. Lyamina, V.N. Senchikhin, 2019

Abstract. Bread is the most popular food ever. However, more and more people are abandoning traditional wheat bread in favor of bakery products with various functional additives. Crushed safflower seeds are an unconventional plant additive that is a

source of complete vegetable protein, polyunsaturated fatty acids (including linoleic and linolenic acids), dietary fiber, vitamins, and minerals. The present paper introduces a recipe of bread fortified with crushed safflower seeds and safflower oil. The authors studied the sensory and physico-chemical properties of the bread. The prototypes had a smooth surface without cracks and uniform porosity and demonstrated a light yellow color when fractured. The taste and smell were typical of this type of product, with a pleasant delicate flavor and aroma of the additive. There was a slight increase in the porosity, acidity, dimensional stability, and humidity, compared with the control sample. The article contains a technological scheme of production and the formulation of bread with the addition of crushed safflower seeds, as well as some optimal technological production parameters. The authors carried out a medical and biological evaluation of the effectiveness of the bakery products with the addition of seeds and safflower oil in the diet of people aged 18–29 with excess body weight. The conducted research proved the therapeutic efficiency of the developed product in hypocaloric diet for individuals with excess body weight. No tolerability problems or side effects were determined. An optimum method of treatment was developed. The results of the study make it possible to recommend bakery products with crushed seeds and safflower oil for the diet of overweight patients aged 18–29.

Keywords. Bread, non-traditional vegetable additive, safflower seeds, medico-biological assessment, overweight

For citation: Kutsenkova VS, Nepovinnykh NV, Lyamina NP, Senchikhin VN. Recipe Development and Medical and Biological Evaluation of Bakery Products Fortified with Non-Traditional Vegetable Raw Materials. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):23–31. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-23-31.

Введение

Хлеб и хлебобулочные изделия являются одними из самых популярных продуктов питания, но их качество не всегда соответствует предъявляемым требованиям рационального и сбалансированного питания [1, 5, 8, 9].

Пути решения проблемы питания обозначены в директивных документах РФ: в распоряжении Правительства РФ от 25 октября 2010 г. (№ 1873-р) «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания на период до 2020 года», в национальном проекте «Здравоохранение» и «Стратегии развития медицинской науки в РФ на период до 2025». Одним из направлений решения данной проблемы является создание новых хлебобулочных изделий с растительными добавками, позволяющими корректировать питание населения [2, 3, 7–15].

Актуальным направлением повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий является использование цельносмолотых семян сафлора (ЦСС) в технологии производства хлеба.

Сафлор красильный широко культивируется для производства пищевого масла, которое получают из семян данного растения [10–17]. Сафлоровое масло содержит триглицериды дважды ненасыщенной линолевой кислоты (70 %) и трижды ненасыщенной линоленовой кислоты (10 %) в сравнении с высоким содержанием витамина Е [15–20]. Сафлор содержит пигменты (картамон), лигнаны, полисахариды, эфирные масла, жирные масла (арахидоновая кислота, линолевая кислота, линоленовая кислота, пальмитиновая кислота, стеариновая кислота). Использование семян сафлора представляет собой интересное и перспективное направление для перерабатывающих отраслей пищевой индустрии. Пищевая ценность сафлора связана с высоким содержанием белка и незаменимых аминокислот, сбалансированностью аминокислотного состава [6, 7, 9, 13–20].

Целью данной работы является разработка технологии и медико-биологическая оценка хлебобулочных изделий с добавками нетрадиционного растительного сырья – цельносмолотых семян и масла сафлора.

Объекты и методы исследования

Материалами исследования в работе являлись готовые хлебобулочные изделия с добавкой измельченных семян сафлора. Контрольным образцом являлся хлеб из муки пшеничной второго сорта (без добавки), экспериментальный образец – хлеб с нетрадиционной добавкой измельченных семян сафлора (10 %) вместо муки пшеничной второго сорта, а также заменой растительного масла на масло сафлора по рецептуре контрольного образца.

Приготовление теста для контрольного образца осуществляли безопарным способом по рецептуре с учетом всех технологических параметров. При приготовлении теста для экспериментального образца нетрадиционную добавку ЦСС вносили в количестве 10 % взамен муки пшеничной высшего сорта по рецептуре контрольного образца.

Для приготовления хлеба использовали муку пшеничную хлебопекарную второго сорта (ГОСТ Р 52189-2003), цельносмолотые семена сафлора (ГОСТ 12096-76), соль поваренную пищевую (ГОСТ Р 51574-2000), дрожжи прессованные (ТУ 9182-001-47918107-09), масло растительное (ГОСТ 1129-2013), сахар (ГОСТ 33222-2015), воду питьевую (ГОСТ Р 51232-98).

Образцы готовых изделий анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям, предусмотренными ГОСТ 27842-88.

Медико-биологические исследования разработанных хлебобулочных изделий с добавкой цельносмолотых семян и масла сафлора проводили в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве между ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова» и ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России (договор № 2 от 07.06.2018 г.) на основании решения этического комитета ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» НИИ кардиологии Минздрава России (протокол № 10 от 04.12.2018 г.) и при финансовой поддержке гранта Президента РФ (грант № МД-2464.2018.8). Настоящее исследование проводилось согласно правилам ICH GCP и требованиями Хельсинской Декларации (редакция 2008) и требованиям ГОСТ РФ (2005).

Таблица 1 – Схема и методы клинических исследований

Table 1 – Scheme and methods of clinical research

	Догоспитальный этап	1 день	30 день
Подписание информированного согласия	X		
Оценка клинического статуса		X	X
Уровень сахара в крови	X		X
Липидный профиль	X	X	X
Уровень гемоглобина в крови	X		X
Общий анализ крови (количество лимфоцитов, лейкоцитов, клеток крови)	X		X
Расчет индекса массы тела	X		X
Общий анализ мочи (наличие сахара, эпителия)	X		X
Остаток белка в моче	X	X	X
Выполнение ЭКГ	X	X	X
Оценка конечных точек			X
Оценка неблагоприятных явлений (тошнота, диарея, боли в области ЖКТ)			X

Статистическую обработку данных проводили с использованием программ Microsoft Excel 2010. Статистически значимыми по двустороннему критерию Стьюдента считали отличия при $p < 0,05$.

Исследование проводилось как локальное открытое проспективное в параллельных группах клиническое исследование, в котором приняли участие пациенты, находящиеся на амбулаторном наблюдении в кардиологическом центре и подписавшие информированное согласие. Пациенты принимали ежедневно хлебобулочные изделия с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора в рационе лечебного питания вместо традиционных хлебобулочных изделий по рациону гипокалорийной диеты. Из исследования исключались: пациенты с заболеванием желудочно-кишечного тракта, мочекаменной и желчекаменной болезнями; нарушениями выделительной функции почек; острыми приступами бронхиальной астмы, дыхательной недостаточностью; аллергической реакцией на компоненты хлебобулочных изделий.

Проведена оценка клинического состояния пациентов, динамика лабораторных показателей, индекса массы тела. Оценена переносимость и безопасность употребления хлебобулочных изделий с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора у данной категории пациентов.

Схема и методы клинических исследований представлены в таблице 1.

Результаты и их обсуждение

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что оптимальной дозировкой цельносмолотых семян сафлора является 10 %, масла сафлора – 2 % от массы муки пшеничной высшего сорта. При введении менее 10 % (3, 5, 7 %) цельносмолотых семян сафлора технический результат, указанный в цели исследования, не достигается. Введение добавки в количестве свыше 10 % (15 %) способствует повышению биологической ценности готовых изделий, но при этом ухудшаются органолептические и физико-химические показатели хлеба.

По органолептическим и физико-химическим показателям новый продукт – хлеб с добавкой ЦСС и масла сафлора – соответствует требованиям, указанным в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, хлебобулочные изделия по органолептическим и физико-химическим показателям соответствовали требованиям ГОСТ 27842-88 и ГОСТ 26987-86. Опытные образцы имели гладкую, без трещин поверхность, равномерную пористость и светло-желтый цвет в изломе, свойственный данному виду изделий вкус и запах с приятным тонким привкусом и ароматом вносимой добавки. Отмечено небольшое увеличение показателей пористости, кислотности, формоустойчивости и влажности, чем в контрольном образце.

Таблица 2 – Органолептические и физико-химические показатели хлеба с добавкой измельченных семян и масла сафлора

Table 2 – Sensory and physico-chemical characteristics of bread with crushed seeds and safflower oil

Показатель	Характеристика исследуемых образцов хлеба	
	Контрольный образец	Экспериментальный образец
Вкус и запах	Ярко выраженный вкус и аромат, свойственные данному виду изделий, без постороннего вкуса и запаха.	Ярко выраженный вкус и аромат, свойственные данному виду изделий, с приятным тонким привкусом и ароматом вносимой добавки семян сафлора, без постороннего вкуса и запаха.
Структура	Тонкостенная, мелкая, равномерная, сильноразвитая, без трещин и разрывов.	
Цвет	Светло-желтый, равномерный по всему объему.	Светло-желтый, равномерный по всему объему, с видимыми вкраплениями светло-коричневой добавки.
Вид на изломе	Пропеченые изделия с равномерной пористостью, без пустот и следов непромеса.	
Поверхность	Без трещин и разрывов, не подгоревшая, сухая.	
Форма	Правильная, без вмятин, с выпуклой верхней поверхностью.	
Массовая доля влаги, %	43,0 ± 0,5	45,0 ± 0,5
Кислотность, град	2,0 ± 0,2	2,5 ± 0,2
Пористость, %	65 ± 2	68 ± 2
Формоустойчивость	0,50 ± 0,1	0,60 ± 0,1

Таблица 3 – Химический состав, энергетическая ценность и степень удовлетворения суточной потребности в нутриентах при употреблении 100 г хлеба с добавкой из цельносмолотых семян и масла сафлора

Table 3 – Chemical composition, energy value, and the degree of daily nutrient requirements when using 100 g of bread with whole ground seeds and safflower oil

Основные пищевые вещества	Показатели образцов				Суточная потребность, г (мг)
	контрольный образец		экспериментальный образец		
	содержание в 100 г	удовлетворение суточной потребности, %	содержание в 100 г	удовлетворение суточной потребности, %	
Белок, г	7,9	10,5	8,3	11,1	75
Жир, г	2,4	2,8	3,7	4,5	83
Углеводы, г	49,1	13,5	48,1	13,2	365
Пищевые волокна, г	2,2	7,3	5,7	19,0	30
Зола, г	0,31		0,5		
ПНЖК, г	0,45	4,1	1,2	10,9	11
Минеральные вещества, мг: калий	76,1	2,2	97,7	2,8	3500
кальций	11,2	1,1	13,8	1,5	1000
магний	10,1	2,5	20,6	5,15	400
фосфор	53,5	6,7	74,8	9,5	800
железо, мг	0,75	5,3	0,9	6,4	14
селен, мкг	3,6	5,1	3,7	5,3	70
Витамины, мг: B_1	0,10	7,1	0,13	9,3	1,4
B_2	0,11	6,9	0,12	7,5	1,6
B_5	0,20	3,3	0,41	6,8	6
PP	1,9	10,5	1,96	10, 9	18
E	0,9	9,0	0,94	9,4	10
Энергетическая ценность, ккал / кДж	237,3/992,0	9,5	246,8/1031,6	9,9	2500/10467

Химический состав, энергетическая ценность и степень удовлетворения суточной потребности в нутриентах при употреблении 100 г хлеба с добавкой из цельносмолотых семян и масла сафлора представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, экспериментальный образец, приготовленный с использованием нетрадиционной добавки из цельносмолотых семян и масла сафлора, по химическому составу превосходит контрольный образец (хлеб на основе муки пшеничной второго сорта). Показано незначительное увеличение энергетической ценности (до 4 %) экспериментального образца хлеба по сравнению с контрольным. Однако это обусловлено повышением содержания белка и жира, который представлен наличием полиненасыщенных жирных кислот с преобладанием линолевой кислоты (ω-6) до 78 %.

В результате проведенных исследований разработана рецептура хлеба с добавкой цельносмолотых семян и масла сафлора, представленная в таблице 4.

Технологический процесс приготовления хлеба с добавкой из цельносмолотых семян и масла сафлора заключается в следующем: в дежу тестомесильной машины вводят предварительно просеянную муку, дрожжевую суспензию, воду (температура 30 °С), соль, сахар, растительное масло и измельченные семена сафлора. После этого перемешивают содержимое дежи на тестомесильной машине 7 минут на первой скорости, затем 10 минут на второй скорости. После перемешивания происходит брожение теста 60–90 мин. Затем производят разделку теста на тестовые заготовки массой 580 г и формование изделий. Полученные изделия расстаивают в расстоечной камере 40–60 мин при температуре 36 °С и относительной влажности воздуха 78 %. Хлеб выпекают 25 мин при температуре 180 °С. Затем хлеб остывает, после чего производят его отпуск.

Схематично технологический процесс представлен на рисунке 1.

Для медико-биологической оценки хлебобулочных изделий с добавкой нетрадиционного растительного сырья был проведен анализ диетотерапии с включением в рацион разработанных хлебобулоч-

Таблица 4 – Рецептура хлеба с добавкой цельносмолотых семян и масла сафлора

Table 4 – Bread recipe with whole ground seeds and safflower oils

Наименование сырья	Количество сырья, кг
Мука второго сорта	100
ЦСС	10,638
Дрожжи прессованные	3,191
Сахар	6,205
Соль	1,773
Масло сафлоровое	2,305
Вода	56,738
Итого	180,850
Выход продукта, %	163

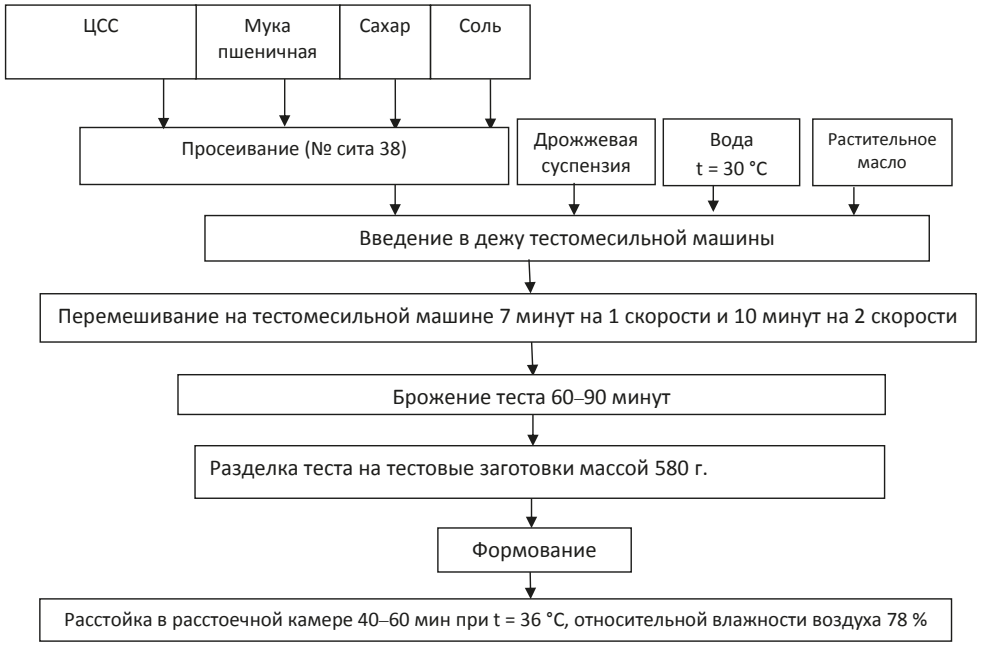


Рисунок 1 – Технологическая схема производства хлеба с добавлением цельносмолотых семян и масла сафлора

Figure 1 – Technological scheme of bread production with whole ground seeds and safflower oils

ных изделий пациентам в возрасте от 18 до 29 лет с избыточной массой тела.

Группу исследования составили 15 пациентов, ежедневно получавших в рационе лечебного питания (1551,1 ± 94,7 ккал/сут) 100 г хлебобулочных изделий с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора.

Группу контроля составили 15 пациентов с избыточной массой тела, пользовавшихся в лечебном питании стандартным гипокалорийным (согласно приказу Минздрава России № 395н от 21.06.2013, 1570,4 ± 98,3 ккал/сут) рационом.

Всем пациентам, включенным в исследование, ежедневно в течение 1 месяца проводили комплексное обследование согласно существующим рекомендациям по диагностике и ведению пациентов с избыточной массой тела. Диетотерапия всех пациентов проходила в сочетании с комплексом физических нагрузок, соблюдением режима и характера питания.

Переносимость лечебной гипокалорийной диеты, включающей хлебобулочные изделия с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора, была удовлетворительной. Основные результаты антропометрических исследований представлены в таблице 5.

Было установлено, что в результате употребления в диетотерапии разработанных хлебобулочных изделий у пациентов основной группы индекс массы тела (ИМТ) значимо снизился ($p < 0,05$) по отношению к исходному уровню. У пациентов контрольной группы ИМТ практически не изменился.

Таблица 5 – Основные антропометрические результаты исследования (группа контроля /группа исследования)

Table 5 – The main anthropometric results of the study (control group/study group)

Показатель	Норма	Скрининг	1-й день	30-й день
Количество пациентов	30			
Данные группы контроля (15 человек)				
Масса тела, кг		79,6 ± 4,2	79,6 ± 4,2	78,8 ± 3,9
Индекс массы тела, кг/м^2	18,5–24,9	27,3 ± 2,4	27,3 ± 2,4	27,0 ± 2,5
Жировая масса, %	Муж.: 15–20 % Жен.: 25–30 %	28,9 ± 2,8	28,9 ± 2,8	28,2 ± 2,4
Отношение: окружность талии (ОТ)/окружность бедер (ОБ), см	Муж.: ↓0,9 Жен.: ↓0,85 см	0,94 ± 0,02	0,94 ± 0,02	0,93 ± 0,03
Данные основной группы (15 человек)				
Масса тела, кг		80,5 ± 3,2	80,5 ± 3,2	77,5 ± 3,7
Индекс массы тела, кг/м^2	18,5–24,9	27,7 ± 2,5	27,7 ± 2,5	26,3 ± 2,2
Жировая масса, %	Муж.: 15–20 % Жен.: 25–30 %	29,1 ± 2,8	29,1 ± 2,8	26,9 ± 2,9
Отношение: окружность талии (ОТ)/окружность бедер (ОБ), см	Муж.: ↓0,9 Жен.: ↓0,85 см	0,94 ± 0,03	0,94 ± 0,03	0,9 ± 0,02

Другим показателем эффективности диетотерапии является отношение ОТ/ОБ. У пациентов основной группы наблюдалось значимое снижение показателя ОТ/ОБ ($p < 0,05$).

В процессе месячного курса диетотерапии не только снижалась масса тела у пациентов в основной группе, но и менялся их вегетативный статус. У пациентов в основной группе отмечалась нормализация обменных процессов: снижение уровня глюкозы в крови, уровня триглицеридов. Избыточная масса тела у пациентов контрольной группы сопровождалось гликемией, дислипидемией, увеличением общего периферического сопротивления сосудов и артериального давления (АДС).

Результаты ЭКГ показали уменьшение ЧСС с 85 ± 6,3 удар/минуту до 81 ± 5,2 удар/минуту ($p < 0,05$) у пациентов основной группы. В контрольной группе изменений ЧСС в течение наблюдения не регистрировалось.

Несмотря на то что диетотерапия протекала на фоне медленного течения обменных процессов и липолиза, начиная с 20 дня отмечалось значимое и устойчивое снижение АДС ($p < 0,05$), ОТ/ОБ ($p < 0,05$), а к 29 дню было отмечено значимое снижение ИМТ ($p < 0,05$). Это свидетельствует о правильном сочетании принципов здорового питания и физических нагрузок.

Результаты исследования показали, что хлебобулочные изделия с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора в составе стандартизированной гипокалорийной диеты являются хорошим алиментарным средством повышения эффективности лечебного питания у людей с избыточной массой тела, способствуя снижению жировой массы тела, объема внеклеточной жидкости, антропометрических показателей, по сравнению с пациентами, находившимися только на стандартизированной гипокалорийной диете. Эффекты хлебобулочных изделий с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора обусловлены пищевым составом продукта: высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, сложных углеводов, пищевых волокон, витаминов, минералов и других микроэлементов. Даже на этапе наблюдения пациентов с избыточной массой тела, при включении в рацион хлебобулочных изделий с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора, наблюдается улучшение показателей холестеринового обмена.

В ходе проведения исследования в медицинском учреждении серьезных непредвиденных нежелательных реакций зарегистрировано не было. Никто из пациентов не закончил исследование досрочно.

Выводы

Таким образом, в ходе проведенных исследований отмечено улучшение органолептических и физико-химических показателей хлеба за счет применения нетрадиционной добавки из цельносмолотых семян и масла сафлора. Выявлено повышение пищевой и энергетической ценности разработанного продукта за счет особенностей химического состава вводимой добавки из цельносмолотых семян сафлора. Разработаны рецептура и технология нового продукта – хлеба с нетрадиционной добавкой из цельносмолотых семян и масла сафлора. На основании проведенных исследований для пациентов с избыточной массой тела доказана терапевтическая эффективность гипокалорийной диеты при включении в нее хлебобулочных изделий с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора. При этом у пациентов отмечена динамика улучшения самочувствия, а также отсутствие побочных реакций. Разработана оптимальная методика лечения.

Результаты исследования позволяют рекомендовать употребление хлебобулочных изделий с цельносмолотыми семенами и маслом сафлора в питании пациентов в возрасте 18–29 лет с избыточной массой тела.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследования поддержаны грантом Президента Российской Федерации для молодых российских ученых МД-2464.2018.8 по теме «Проектирование состава и технологий сбалансированных продуктов питания, направленных на первичную и вторичную профилактику сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений».

Список литературы

1. Матвеева, И. В. Хлебопекарные улучшители / И. В. Матвеева // Сборник тезисов семинара «Применение пищевых добавок в производстве продуктов питания». – СПб. – 2005. – С. 23–25.

2. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Поздняковский. – Новосибирск: Сиб. Унив. Из-во, 2004. – 547 с.

3. Позняковский, В. М. Пищевые и биологически активные добавки / В. М. Позняковский, А. Н. Австриевских, А. А. Вековцев. – М. – Кемерово : Издательское объединение «Российские университеты»: «Кузбассвузиздат: АСТШ». – 2005. – 275 с

4. Драгомирецкий, Ю. А. Целебные свойства жиров и масел / Ю. А. Драгомирецкий. – Донецк : Сталкер, 1997. – 352 с.

5. Норов, М. С. Сафлор – перспективная кормовая культура в условиях богары Таджикистана / М. С. Норов // Кормопроизводство. – 2005. – № 11. – С. 17.

6. Полушкин, П. В. Влияние водного режима и густоты состояния на продуктивность сафлора красильного на светло-каштановых почвах Саратовского Заволжья: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Полушкин Петр Владимирович. – Саратов, 2007. – 176 с.

7. Шиков, А. Н. Растительные масла и масляные экстракты: технология, стандартизация, свойства / А. Н. Шиков, В. Г. Макаров, В. Е. Рыженков. – М. : Русский врач, 2004. – 264 с.

8. Fenugreek fibre in bread: Effects on dough development and bread quality / G. Huang, Q. Guo, C. Wang [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 71. – P. 274–280. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.040.

9. Almeida, E. L. Dietary fibre sources in bread: influence on technological quality / E. L. Almeida, Y. K. Chang, C. J. Steel // LWT – Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 50, № 2. – P. 545–553. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.012.

10. Effects of roasting and boiling on the chemical composition, amino acids and oil stability of safflower seeds / A. A. Mariod, S. Y. Ahmed, S. I. Abdelwahab [et al.] // International Journal of Food Science & Technology. – 2012. – Vol. 47, № 8. – P. 1737–1743. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03028.x.

11. Chemical composition and oxidative stability of safflower oil prepared with expeller from safflower seeds roasted at different temperatures / Y.-C. Lee, I.-H. Kim, J. Chang [et al.] // Journal of Food Science. – 2004. – Vol. 69, № 1. – P. 33–38. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb17852.x.

12. Ulloa, J. A. Physicochemical and functional properties of a protein isolate produced from safflower (*Carthamus tinctorius L.*) meal by ultrafiltration / J. A. Ulloa, P. Rosas-Ulloa, B. E. Ulloa-Rangel // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2011. – Vol. 91, № 3. – P. 572–577. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.4227.

13. Betschart, A. A. Safflower protein isolates: functional properties in simple systems and breads / A. A. Betschart, R. Y. Fong, M. M. Hanamoto // Journal of Food Science. – 2006. – Vol. 44, № 4. – P. 1022–1035. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1979.tb03437.x.

14. Камышева, И. М. Сафлор – ценный источник пищевого белка / И. М. Камышева, И. В. Крылова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2018. – № 13. – С. 619–624.

15. Перспективы использования сафлора как источника натуральных пищевых красителей / Н. В. Рудометова, Е. В. Красникова, А. Г. Дубовская [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 10. – С. 73–76.

16. Перспективы использования масла семян сафлора красильного в пищевой и фармацевтической промышленности / В. В. Зубков, А. В. Милёхин, В. А. Куркин [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 5–3. – С. 1135–1139.

17. Буцких, М. К. Перспективы использования масла из семян сафлора красильного в пищевой промышленности и медицине / М. К. Буцких, Т. В. Иосафатова // Сборник материалов I всероссийской студенческой научно-практической конференции «Гигиена: здоровье и профилактика», посвященной 95-летию САМГМУ / Самарский государственный медицинский университет. – Самара, 2014. – С. 32–33.

18. Использование сафлорового жмыха и шрота для повышения пищевой и биологической ценности продуктов питания / Т. И. Тупольских, В. А. Сердюк, А. С. Головин [и др.] // «Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения» : Сборник статей 11-й международной научно-практической конференции в рамках 21-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш – 2018» / Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону, 2018. – С. 586–589.

19. Исследование аминокислотного состава сафлорового жмыха / А. Н. Остриков, Е. З. Матвеев, А. В. Терёхина [и др.] // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и безопасность пищевых продуктов» / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2018. – С. 33–37.

20. Rudometova, N. V. Method of Isolation and Identification of *Carthamin* in Safflower. Aplication's Perspectives in Russian Food Products / N. V. Rudometova, A. P. Pasovskij, E. A. Blohina // Proceedings of the 5th International Safflower Conference : "Safflower: a multipurpose species with unexploited potential and world adaptability". – Williston, ND, USA, 2001. – P. 309–313.

References

1. Matveeva IV. Khlebopekarnye uluchshiteli [Bread improvers]. Sbornik tezisov seminara "Primenenie pishchevykh dobavok v proizvodstve produktov pitaniya" [Proceedings of the seminar "The use of food additives in food production"]. St. Petersburg; 2005. p. 23–25. (In Russ.).

2. Spirichev VB, Shatnyuk LN, Pozdnyakovskiy VM. Obogashchenie pishchevykh produktov vitaminami i mineral′nymi veshchestvami. Nauka i tekhnologiya [Food fortification with vitamins and minerals. Science and technology]. Novosibirsk: Siberian University; 2004. 547 p. (In Russ.).

3. Poznyakovskiy VM, Avstrievskikh AN, Vekovtsev AA. Pishchevye i biologicheski aktivnye dobavki [Food and dietary supplements]. Moscow – Kemerovo: Russian Universities Publishing Association: Kuzbassvuzuzdat; 2005. 275 p. (In Russ.).

4. Dragomiretskiy YuA. Tselebnye svoystva zhirov i masel [The healing properties of fats and oils]. Donetsk: Stalker; 1997. 352 p. (In Russ.).

5. Norov MS. Saflor – perspektivnaya kormovaya kul′tura v usloviyakh bogary Tadzhikistana [Safflower as a promising fodder crop under dry weather conditions in Tajikistan]. Fodder Production. 2005;(11):17. (In Russ.).

6. Polushkin PV. Vliyanie vodnogo rezhima i gustoty sostoyaniya na produktivnost′ saflora krasil′nogo na svetlo-kashtanovykh pochvakh Saratovskogo Zavolzh′ya [Effect of water regime and state density on the productivity of safflower dye of the light chestnut soils of the Saratov Trans-Volga region]. Dr. agricultural sci. dicc. Saratov: N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University; 2007. 176 p.

7. Shikov AN, Makarov VG, Ryzhenkov VE. Rastitel′nye masla i maslyanye ehkstrakty: tekhnologiya, standartizatsiya, svoystva [Vegetable oils and oil extracts: technology, standardization, properties]. Moscow: Russkiy Vrach; 2004. 264 p. (In Russ.).

8. Huang G, Guo Q, Wang C, Ding HH, Cui SW. Fenugreek fibre in bread: Effects on dough development and bread quality. LWT – Food Science and Technology. 2016;71:274–280. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.040.

9. Almeida EL, Chang YK, Steel CJ. Dietary fibre sources in bread: influence on technological quality. LWT – Food Science and Technology. 2013;50(2):545–553. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.012.

10. Mariod AA, Ahmed SY, Abdelwahab SI, Cheng SF, Eltom AM, Yagoub SO, et al. Effects of roasting and boiling on the chemical composition, amino acids and oil stability of safflower seeds. International Journal of Food Science & Technology. 2012;47(8):1737–1743. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03028.x.

11. Lee Y-C, Kim I-H, Chang J, Rhee Y-K, Oh H-I, Park H-K. Chemical composition and oxidative stability of safflower oil prepared with expeller from safflower seeds roasted at different temperatures. Journal of Food Science. 2004;69(1):33–38. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb17852.x.

12. Ulloa JA, Rosas-Ulloa P, Ulloa-Rangel BE. Physicochemical and functional properties of a protein isolate produced from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) meal by ultrafiltration. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2011;91(3):572–577. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.4227.

13. Betschart AA, Fong RY, Hanamoto MM. Safflower protein isolates: functional properties in simple systems and breads. Journal of Food Science. 2006;44(4):1022–1035. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1979.tb03437.x.

14. Kamysheva IM, Krylova IV. Saflor – tsennyy istochnik pishchevogo belka [Safflower as a valuable source of food protein]. Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol′zovaniya [New and non-traditional plants and the prospects for their use]. 2018;(13):619–624. (In Russ.).

15. Rudometova NV, Krasnikova YeV, Dubovskaya AG, Vakhrusheva TYe. Prospects of use of a safflower as source of natural food colour. Storage and processing of farm products. 2006;(10):73–76. (In Russ.).

16. Zubkov VV, Milyokhin AV, Kurkin VA, Kharisova AV, Platonov IA, Pavlova LV. Prospects of safflower seeds oil in food and pharmaceutical industry. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2014;15(5–3):1135–1139. (In Russ.).

17. Butskikh MK, Iosafatova TV. Perspektivy ispol′zovaniya masla iz semyan saflora krasil′nogo v pishchevoy promyshlennosti i meditsine [Prospects of safflower seed oil in the food industry and medicine]. Sbornike materialov I vserossiyskoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Gigiena: zdorov′e i profilaktika”, posvyashchennoy 95-letiyu SAMGMU [Proceedings of the First all-russian student scientific and practical conference “Hygiene: health and prevention”, dedicated to the 95th anniversary of Samara State Medical University]; 2014; Samara. Samara: Ofort; 2014. p. 32–33. (In Russ.).

18. Tupol′skikh TI, Serdyuk VA, Golovin AS, Ganchurukova PK. Ispol′zovanie saflorovogo zhmykha i shrota dlya povysheniya pishchevoy i biologicheskoy tsennosti produktov pitaniya [Safflower meal as improver of the nutritional and biological food value]. “Sostoyanie i perspektivy razvitiya sel′skokhozyaystvennogo mashinostroeniya”: Sbornik statey 11-y mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v ramkakh 21-y mezhdunarodnoy agropromyshlennoy vystavki “Interagromash – 2018” [Status and prospects of development of agricultural engineering: Proceedings of the 11th International Scientific-Practical Conference in the Framework of the 21st international agricultural exhibition “Interagromash – 2018”]; 2018; Rostov-on-Don. Rostov-on-Don: DSTU: PRINT; 2018. p. 586–589. (In Russ.).

19. Ostrikov AN, Matveev EZ, Teryokhina AV, Kopylov MV. Issledovanie aminokislotnogo sostava saflorovogo zhmykha [Amino acid composition of safflower cake]. Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Innovatsionnye tekhnologii i bezopasnost′ pishchevykh produktov” [Proceedings of the International Scientific-Practical Conference “Innovative technologies and safety of food products”]; 2018; Krasnodar. Krasnodar: Ehkoinvest; 2018. p. 33–37. (In Russ.).

20. Rudometova NV, Pasovskij AP, Blohina EA. Method of Isolation and Identification of Carthamin in Safflower. Aplication’s Perspectives in Russian Food Products. Proceedings of the 5th International Safflower Conference: “Safflower: a multipurpose species with unexploited potential and world adaptability”; 2001: Williston, ND, USA. Williston, ND, USA: North Dakota State University; 2001. p. 309–313.

Куценкова Василисса Сергеевна
аспирант кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, e-mail: vasilissakutsenkova@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-2468-9725

Vasilissa S. Kutsenkova
Postgraduate Student of the Department of Food Technology, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia, e-mail: vasilissakutsenkova@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-2468-9725

Неповинных Наталия Владимировна
д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, e-mail: nnepovinnykh@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-2923-9202

Nataliya V. Nepovinnykh
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Food Technology, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia, e-mail: nnepovinnykh@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-2923-9202

Лямина Надежда Павловна
д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры факультетской терапии, заместитель директора по науке, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 410012, Россия, Саратов, ул. Большая Казачья, 112, e-mail: lyana_n@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6939-3234

Сенчихин Валерий Николаевич
канд. мед. наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 410012, Россия, Саратов, ул. Большая Казачья, 112, e-mail: sarniik@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-0496-4504

Nadezda P. Lyamina
Dr.Sci.(Med.), Professor, Professor of the Department of Faculty Therapy, Deputy Director for Science, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 112, Bol'shaya Kazach'ya Str., Saratov, 410012, Russia, e-mail: lyana_n@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6939-3234

Valery N. Senchikhin
Cand.Sci.(Med.), Senior Researcher, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 112, Bol'shaya Kazach'ya Str., Saratov, 410012, Russia, e-mail: sarniik@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-0496-4504

ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-32-42
Оригинальная статья
УДК 637.1:615.322
http://fptt.ru/

Методические аспекты контроля качества молочных продуктов с растительными добавками

Н. А. Москвина*, Ю. В. Голубцова

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная 6

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

Дата поступления в редакцию: 26.02.2019
Дата принятия в печать: 21.03.2019

© Н. А. Москвина, Ю. В. Голубцова, 2019

Аннотация. Для расширения ассортимента сбалансированных по составу, качественных и безопасных молокосодержащих продуктов необходима постоянная работа по созданию новых технологий, контролю качества молокосодержащих продуктов, а также по разработке и дополнению методов идентификации вносимых растительных добавок. В статье представлены результаты по разработке и оценке качества творожного мусса с пюре из тыквы с применением физико-химических методов и молекулярно-генетического анализа. С использованием органолептического и физико-химических методов анализа показано соответствие качества и безопасности плодов тыквы твердокорой (*C. pepo* L.) сорта Адажио требованиям ГОСТ 7975-2013 и СанПин 2.3.2.1078-01. Предложен способ производства тыквенного пюре. Экспериментально установлено соответствие органолептических и физико-химических показателей тыквенного пюре требованиям ГОСТ 32742-2014. Определен состав биологически активных нутриентов в пюре: содержание пектиновых веществ – 2,27 г/100г, клетчатки – 1,5 г/100г, β-каротина – 2,97 мг/100г. Научно-обоснованы и разработаны рецептуры, предложена технология производства продукта повышенной пищевой ценности – творожного мусса с пюре из тыквы. Проведена оценка качества разработанного творожного мусса по показателям качества и безопасности. Для идентификации тыквы в полуфабрикате и молочном продукте применен молекулярно-генетический анализ. На основе базы данных GenBank NCBI в качестве гена-мишени выбран ген matK хлоропластного генома. С помощью различных программных пакетов на основе гена matK разработаны и сконструированы универсальные праймеры. Экспериментальным путем подобраны оптимальные параметры проведения амплификации фрагментов видоспецифичной ДНК тыквы. Электрофореграммы визуализируют наличие плодов тыквы в пюре и муссе творожном. Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать для идентификации плодов тыквы в пищевых продуктах классический метод ПЦР с определением продуктов амплификации в агарозном геле с использованием праймеров, разработанных на основе гена matK хлоропластного генома.

Ключевые слова. Молочные продукты, растительное сырье, контроль качества, безопасность, идентификация сырья, ПЦР

Для цитирования: Москвина Н. А. Методические аспекты контроля качества молочных продуктов с растительными добавками / Н. А. Москвина, Ю. В. Голубцова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 32–42. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-32-42.

Original article
Available online at http://fptt.ru/

Dairy Products with Herbal Supplements: Methodical Aspects of Quality Control

N.A. Moskvina*, Yu.V. Golubtsova

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

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

Received: February 26, 2019
Accepted: March 21, 2019

© N.A. Moskvina, Yu.V. Golubtsova, 2019

Abstract. In order to expand the range of balanced, high-quality, and safe dairy products, constant work is required to create new technologies, control the quality, as well as to develop new methods for the identification of plant additives. The paper presents some results of the development and quality assessment of cottage cheese mousse with pumpkin puree using physicochemical methods and molecular genetic analysis. An analysis of organoleptic and physicochemical methods revealed that the quality and safety of Adagio pumpkin (*S. rero.*) corresponds with the State Standard 7975-2013 and Sanitary Regulations 2.3.2.1078-01. The authors introduce a new method for pumpkin puree production. An experiment demonstrated that pumpkin puree meets

organoleptic and physico-chemical indicators stated in the requirements of State Standard 32742-2014. The composition of biologically active nutrients was determined as follows: the content of pectin substances was 2.27 g/100 g, fiber – 1.5 g/100 g, and β-carotene – 2.97 mg/100 g. The paper describes a scientifically-based formula and a new technology for the production of a high nutritional value product, i.e. curd mousse with pumpkin puree. The research also included a quality and safety assessment of the developed mousse. A molecular genetic analysis was used to identify pumpkin in the semi-finished product and dairy product. Based on the GenBank NCBI database, the matK chloroplast genome gene was chosen as the target gene. With the help of various software packages based on the matK gene, universal primers were developed and designed. Optimal parameters for amplifying fragments of species-specific pumpkin DNA were defined experimentally. Electrophoregrams were made to visualize the presence of pumpkin in the puree and cottage cheese mousse. As a result, the classical polimerase chaim reaction (PCR) method was recommended to identify pumpkin in food products with the determination of amplification products in agarose gel using primers developed on the basis of the matK gene of the chloroplast genome.

Keywords. Dairy products, vegetable raw materials, quality control, safety, identification of raw materials, PCR

For citation: Moskvina NA, Golubtsova YuV. Dairy Products with Herbal Supplements: Methodical Aspects of Quality Control. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):32–42. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-32-42.

Введение

Обеспечение рациона питания населения России качественными, безопасными и сбалансированными по составу продуктами является одним из основных направлений социальной политики государства. В связи с этим разработка и создание новых видов молочных продуктов, в частности обогащенных физиологически функциональными ингредиентами, а также разработка методов оценки их потребительских свойств является приоритетной задачей. Одним из перспективных направлений развития ассортимента молокосодержащих продуктов является применение растительного сырья. Об этом свидетельствуют ряд научных разработок, связанных с обоснованием использования растительного сырья в производстве; с исследованием функциональной направленности молочных продуктов на основе различных видов растительного сырья; совершенствованием технологий и улучшением пищевой ценности и качественных показателей [1–7]. Важной, но не до конца решенной, проблемой остается отсутствие методов идентификации растительных компонентов в составе продуктов и, как следствие, регламентированных стандартизованных показателей для целей идентификации. Основные положения по процедуре установления подлинности и выявлению фальсификации молока и продуктов его переработки приведены в Техническом Регламенте Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» [8] и Методических указаниях по оценке подлинности и выявления фальсификации молочной продукции [9]. Но данные методы не всегда эффективны для идентификации молочных продуктов, не в полной мере учитывают ускоренные темпы развития сырьевой и технологической базы, современные требования к качеству молочных продуктов.

В научной литературе обсуждаются вопросы, касающиеся контроля качества молокосодержащих продуктов. Для них необходимы разработка и стандартизация новых современных методов контроля. В противном случае ситуация на рынке пищевых продуктов будет оставаться сложной и незаконной, так как все производимые продукты должны проходить тщательный контроль и подтверждение соответствия. При этом недобросовестные производители будут фальсифицировать продукцию [10].

В настоящее время разрабатываются высокоэффективные методы контроля и идентификации молока и молочных продуктов, о чем свидетельствуют ряд разработок российских и зарубежных ученых [11–25].

При выявлении фальсификации молочных и молокосодержащих продуктов используются органолептические, аналитические, физические и физико-химические методы анализа.

В последние годы ведется активная разработка методов идентификации растительных ингредиентов в продуктах питания с использованием молекулярно-генетического анализа [26–30].

Разработан метод идентификации растительного сырья в молочных продуктах сложного состава, основанный на ДНК-диагностике. Метод позволяет выявить следующее плодово-ягодное сырье: *Rubus idaeus*, *Fragaria ananassa*, *Ríbes úva-críspa, Prunus fruticosa*, *Rosa majalis Herrm*, *Actinidia deliciosa*, *Músa paradisiaca* [31].

Таким образом, на современном этапе формируется ассортиментная база «здоровых» молокосодержащих продуктов питания с растительными добавками, методическая и технологическая база по применению молекулярно-генетических методов, в частности основанных на ПЦР, для идентификации плодового и ягодного сырья в пищевых системах.

Однако для расширения ассортимента сбалансированных по составу, качественных и безопасных молокосодержащих продуктов необходима дальнейшая работа по созданию новых технологий, контролю качества молокосодержащих продуктов, а также по разработке и дополнению методов идентификации вносимых растительных добавок.

Цель исследования – разработка и оценка качества творожного мусса с пюре из тыквы с применением физико-химических методов и молекулярно-генетического анализа.

Объекты и методы исследования

Исследования выполнены на кафедре бионанотехнологий ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

Отдельные этапы работы выполнены в рамках федеральной целевой программы «Научные и науч-

но-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» ГК № 14.740.11.1219 по теме: «Молекулярно-генетический анализ ДНК растительного происхождения с целью разработки ПЦР-тест-систем для идентификации фальсификации продуктов на их основе», соглашение № 4.В37.2.968.

Объектами исследований являлись: плоды тыквы среднеспелого сорта Адажио (бренд СеДек) районированного в Сибири, разновидность твердокорой тыквы (*C. pepo* L.); пюре, приготовленное из тыквы продовольственной свежей сорта Адажио; модельные образцы творожного мусса без внесения и с внесением пюре тыквы; самостоятельно полученные препараты ДНК из тыквы свежей, продуктов ее переработки (пюре) и готового молочного продукта – мусса творожного с тыквенным пюре.

При выполнении работы использовали стандартные, общепринятые и специальные методы исследований: систематизация и анализ, физико-химические, микробиологические и органолептические. Гигиенические требования к качеству и безопасности сырья и пищевых продуктов удовлетворяли требованиям, изложенным в ТР ТС 021/2011 [32]. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием пакета прикладных программ Statistica-6,0, Microsoft Excel [33]. Все исследования проводили в 5-кратной повторности и обрабатывали с вычислением средних арифметических величин, их стандартных отклонений и доверительных интервалов.

Для разработки метода идентификации плодов тыквы в продукте проведен анализ имеющихся в Генбанке NCBI нуклеотидных последовательностей тыквы гена matK хлоропластного генома.

Праймеры подобраны с использованием программы PrimerQuest (http://eu.idtdna.com/Primerquest/Home/Index). Компьютерная обработка, выравнивание последовательностей проведена в программах ClustalW и GeneDoc.

Видоспецифичные праймеры для проведения ПЦР синтезированы в ООО «БиоСинТек» (г. Новосибирск).

Идентификацию плодового сырья тыквы в пюре и творожном муссе проводили методом ПЦР согласно методическому руководству Ю. В. Голубцовой [34]. При выделении ДНК плодов тыквы пользовались набором «Сорб-ГМО-А».

Реакцию амплификации проводили в объеме 15 мкл в реакционном буфере следующего состава: 40–100 нг ДНК, праймеры (олигонуклетидные затравки) 0,1 мММоль, 0,2 mMdNTP, буфер для амплификации (10 мМТрис-HCl (pH 8,9), 55 мМKCl; 2,5 мММgCl_2, 0,01 % Tween 20), 0,5 е.а./реакцию термостабильной Taq-полимеразы. Реакцию амплификации проводили на термоциклере «Терцик» (НПФ «ДНК-Технология», Россия). Режим амплификации подбирали экспериментально. Детекцию результатов амплификации проводили с помощью электрофоретического разделения продуктов амплификации в 3 % агарозном геле. Образцы считали положительными (содержащими ДНК плодов тыквы), если на электрофореграмме присутствовала четко окрашенная полоса. В анализе использовали «отрицательный контроль» (ионизированная вода) для контроля реагентов ПЦР-анализа на предмет контаминации ампликонами. Дорожка с отрицательным контролем на электрофореграмме должна отсутствовать.

Результаты и их обсуждение

В последние годы в технологиях производства продуктов питания широко применяется плодово-ягодное растительное сырье, которое оказывает положительное влияние на потребительские свойства готового продукта. Такие товароведные характеристики плодов тыквы, как высокое содержание углеводов, минеральных веществ, витаминов, солей кальция, калия, магния, фосфора, кремниевой кислоты, железа [35], каротина [36], простота в подготовке к производству, позволяют эффективно использовать их в различных пищевых технологиях, в том числе в технологиях получения молочных продуктов. При проведении экспертизы свежих плодов основной целью является подтверждение соответствия должным образом идентифицированной продукции требованиям нормативных документов (НД) по качеству и безопасности и, следовательно, пригодности для непосредственного употребления. Органолептическая оценка качества плодов тыквы показала отсутствие дефектов. Внешний вид, степень зрелости и размер плодов соответствуют стандарту. Тыква сорта Адажио имеет специфический, ванильный запах; вкус – средней сладости; отсутствуют посторонние привкусы и запахи. Результаты органолептической оценки свидетельствуют о соответствии исследуемой тыквы требованиям ГОСТ 7975-2013 [37]. Химический состав плодов тыквы, характеризующий ее пищевую и биологическую ценность, представлен в таблице 1.

Анализ данных химического состава плодов тыквы показал, что она является источником простых сахаров, пектиновых веществ: суммарное содержа-

Таблица 1 – Химический состав исследуемой свежей твердокорой тыквы сорта Адажио

Table 1 – Chemical composition of the Adagio pumpkin

Наименование показателя	Фактическое содержание
Сухие вещества, %	7,62 ± 0,40
Сахара, %	6,33 ± 0,11
Клетчатка, %	1,12 ± 0,05
Титруемая кислотность %	0,15 ± 0,001
Массовая доля белков, %	0,84 ± 0,04
Жиры, %	0,12 ± 0,005
Зола, %	0,70 ± 0,004
Калий, мг/100 г	204,00 ± 11,3
Кальций, мг/100 г	25,00 ± 0,15
Магний, мг/100 г	13,91 ± 0,8
Натрий, мг/100 г	3,80 ± 0,02
Фосфор, мг/100 г	24,12 ± 1,6
Железо, мг/100 г	0,45 ± 0,02
β-каротин, мг/100 г	9,73 ± 0,5
Витамин С, мг/100 г	15,00 ± 0,09

Таблица 2 – Содержание токсичных элементов в плодах тыквы сорта Адажио

Table 2 – The content of toxic elements in the Adagio pumpkin

Плоды	Наименование элемента, мг/кг			
	свинец	мышьяк	кадмий	ртуть
Мякоть	0,023	Менее 0,02	0,011	Менее 0,00002
ДУ, мг/кг согласно СанПин 2.3.2.1078-01	Не более 0,4	Не более 0,2	Не более 0,03	Не более 0,02

ние сахаров в пределах 6,3 %, содержание клетчатки – 1,12 %. Общее количество золы составляет – 0,7 %. В ее составе обнаружены такие физиологически ценные макроэлементы, как калий, магний, кальций, натрий, фосфор, железо. Содержание витамина С составляет 15 мг/100 г.

Содержание токсичных элементов – свинца, мышьяка, кадмия и ртути в плодах тыквы не превышает допустимый уровень согласно СанПин 2.3.2.1078-01 (табл. 2).

Предложен способ производства тыквенного пюре, особенностью которого является сокращенное время тепловой обработки при разваривании для сохранения биологически активных веществ, добавление лимонной кислоты и сорбата калия в качестве консервантов. Органолептическая оценка пюре показала, что оно имеет однородную, равномерно протертую массу, вкус и запах соответствуют тыквенному, цвет однородный желто-оранжевый, присущий зрелым плодам. Физико-химические показатели тыквенного пюре представлены в таблице 3.

Массовая доля сухих веществ соответствует требованиям ГОСТ 32742-2014 [38], посторонние примеси не обнаружены. Экспериментально установлено, что по органолептическим и физико-химическим показателям тыквенное пюре соответствует ГОСТ 32742-2014 и может использоваться в качестве добавки для создания творожного мусса.

С целью обоснования применения тыквенного пюре для повышения пищевой ценности молочного

Таблица 3 – Физико-химические показатели качества тыквенного пюре

Table 3 – Physico-chemical quality properties of the pumpkin puree

Наименование показателя	Требования ГОСТ 32742-2014	Фактические значения
Массовая доля растворимых сухих веществ, %, не менее	5	9,6 ± 1,0
Посторонние примеси	Не допускаются	отсутствуют
Массовая доля титруемых кислот, %	Не нормируется	0,12 ± 0,01
pH	Не нормируется	5,91 ± 0,06
Массовая доля пектиновых веществ, %	Не нормируется	2,27 ± 0,03
Массовая доля клетчатки, %	Не нормируется	1,5 ± 0,12

Таблица 4 – Состав биологически активных нутриентов в пюре тыквы

Table 4 – Composition of the biologically active nutrients in the pumpkin puree

Наименование нутриента	Содержание в 100 г
Белки, г	0,76 ± 0,04
Жиры, г	0,15 ± 0,005
Углеводы, г	4,9 ± 0,04
Клетчатка,г	1,5 ± 0,12
Пектиновые вещества, г	2,27 ± 0,03
Калий, мг	234,00 ± 11,3
Кальций, мг	28,00 ± 0,15
Магний, мг	11,41 ± 0,8
Натрий, мг	2,80 ± 0,02
Фосфор, мг	29,12 ± 1,6
Железо, мг	0,57 ± 0,02
β-каротин, мг	2,973 ± 0,5
Витамин С, мг	5,00 ± 0,09

продукта было исследовано содержание биологически активных нутриентов в разработанном пюре (табл. 4).

Табличные данные свидетельствуют о том, что в тыквенном пюре в значительных количествах содержатся такие биологически активные нутриенты, как пектиновые вещества (суточная потребность составляет 2г), β -каротин (суточная потребность 5 мг), калий (суточная потребность от 400 для детей, до 2500 мг для взрослых), клетчатка.

Для разработки мусса творожного с тыквенным пюре в качестве исходных компонентов использовали: творог обезжиренный, молоко сухое обезжиренное, воду, желатин, цитрат натрия, сахар, пюре из тыквы. В ходе разработки рецептуры подбирали оптимальные концентрации ингредиентов, обеспечивающие высокие органолептические и физико-химические показатели качества готового продукта. В качестве основы и контрольного образца служил мусс творожный без внесения тыквы. Рецептура контрольного образца мусса творожного включала (масса, %): творог обезжиренный – 35,0; молоко сухое обезжиренное – 6,0; сахар – 20,0; желатин – 1,5; вода – 37,5. Содержание сухих веществ контрольного образца составляет 34 %. Творог, используемый для приготовления модельных образцов, имел характеристики, соответствующие требованиям ГОСТ 31453-2013 «Творог. Технические условия» [39].

В ходе разработки рецептуры подбирали оптимальные концентрации ингредиентов, обеспечивающие высокие органолептические и физико-химические показатели качества готового продукта. Методом органолептического анализа обосновано количество внесения тыквенного пюре в рецептуру мусса. Оно соответствует 35 % от массы (табл. 5).

С целью подбора соотношения компонентов и составления научно-обоснованной рецептуры мусса творожного с тыквенным пюре рассматривали со-

Таблица 5 – Характеристика органолептических показателей образцов мусса творожного, в зависимости от массовой доли вносимого тыквенного пюре

Table 5 – The organoleptic properties of curd mousse samples according to the mass fraction of the pumpkin puree

№ образца	Количество тыквенного пюре ,%	Наименование показателя качества, оценка в баллах				
		Вкус	Запах	Цвет	Консистенция и внешний вид	Общий балл
1	0 (контроль)	5,0 ± 0,01	5,0 ± 0,00	4,9 ± 0,24	4,9 ± 0,10	19,8 ± 0,02
2	5	4,4 ± 0,15	4,5 ± 0,20	4,1 ± 0,21	4,4 ± 0,22	17,4 ± 0,65
3	10	4,3 ± 0,19	4,3 ± 0,19	3,6 ± 0,16	4,3 ± 0,18	16,5 ± 0,43
4	15	4,3 ± 0,22	4,4 ± 0,21	3,8 ± 0,18	4,5 ± 0,22	17,0 ± 0,62
5	20	4,5 ± 0,21	4,0 ± 0,8	4,0 ± 0,21	4,5 ± 0,23	17,0 ± 0,70
6	25	4,5 ± 0,20	4,0 ± 0,20	4,5 ± 0,20	4,8 ± 0,20	17,8 ± 0,68
7	30	4,5 ± 0,21	4,5 ± 0,16	4,5 ± 0,22	4,6 ±0,22	18,1 ± 0,84
8	35	5,0 ± 0,00	5,0 ± 0,00	5,0 ± 0,00	5,0 ± 0,00	20,0 ± 0,00
9	40	4,8 ± 0,23	5,0 ± 0,00	4,8 ± 0,21	5,0 ± 0,02	19,6 ± 0,40
10	45	4,5 ± 0,22	4,5 ± 0,15	4,7 ± 0,20	4,6 ± 0,23	18,3 ± 0,72

Таблица 6 – Соотношение компонентов в составе разработанного мусса творожного с пюре из тыквы

Table 6 – The mixing ratio in the composition of the mousse

Компоненты	Масса, %	Содержание сухих веществ, %
Творог обезжиренный	16,0	3,2
Молоко сухое обезжиренное	3,0	2,88
Желатин	2,0	1,68
Натрия цитрат	0,65	0,46
Сахар	22,0	22,0
Пюре тыквы	35,0	4,55
Вода	21,35	
Итого:	100	34,77

вместное влияние на органолептические показатели массовой доли влаги, количества вносимых желатина и сахара при заданных значениях концентрации наполнителя с использованием трехмерных графиков – поверхностей откликов.

Изучение влияния концентрации сахара, желатина, влажности на органолептические показатели мусса творожного с наполнителем из тыквы в концентрации 35 % показало, что наилучшие баллы консистенции (> 4,0) и показателя «вкус + запах» (> 9,0) наблюдаются при концентрации желатина в продукте – 1,8–2,4 %, концентрации сахара – 20,0–24,0 %. При этом влажность моделируемого продукта в первом случае варьирует в пределах 66–72 %, во втором – в пределах 62–72 %. На основании проведенных исследований разработана рецептура мусса творожного с пюре из плодов тыквы (табл. 6).

При заданных концентрациях тыквенного пюре, сахара и желатина массу творога, цитрата натрия, сухого молока и воды подбирали с учетом того, чтобы влажность продукта была в пределах 65–66 %, активная кислотность в диапазоне pH 5,4–5,8.

Согласно разработанной рецептуре предложена технология производства мусса творожного с пюре из плодов тыквы. Проведены товароведные исследования показателей качества готового продукта по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. Установлены сроки хранения разработанного продукта.

Результаты свидетельствуют, что мусс творожный имеет высокие органолептические показатели качества на протяжении первых 9 суток хранения и оценивается на «отлично»/ К 12 суткам наблюдается незначительные изменение вкуса, запаха, цвета и консистенции продукта: консистенция становится более липкой, слишком мажущейся, вкус и запах выражены слабее, продукт оценивается на «хорошо».

Увеличение содержания массовой доли влаги во время хранения происходит после 6 суток хранения, но остается в пределах нормы до 9 суток хранения. При хранении до 12 суток содержание влаги имеет предельное значение (68 %), при дальнейшем хранении продукта содержание влаги увеличивается, ухудшаются органолептические показатели. В процессе хранения повышается активная кислотность и к 12 суткам pH составляет 4,21.

Таблица 7 – Микробиологические показатели безопасности разработанных муссов творожных в течение хранения

Table 7 – Microbiological safety indicators of the mousse

Наименование показателя норма		Значение показателя при хранении, сут.						
		3	6	9	12	15	18	21
Масса продукта (г), в которой не допускается:	БГКП (колиформы)	0,01	Не обнаружены					
	S. aureus	1,0	Не обнаружены					
	Патогенные, в том числе сальмонеллы	25,0	Не обнаружены					
Дрожжи, КОЕ/ г, не более		50	не обн.	4	12	17	40	55
Плесени, КОЕ/ г, не более		50	не обн.	6	19	26	44	58

Таблица 8 – Показатели безопасности мусса творожного с наполнителем из тыквы

Table 8 – Safety indicators of the mousse

Наименование элемента		ДУ содержания, мг/кг, (для радионуклидов - Бк/кг), не более	Фактические значения
Токсичные элементы	Свинец	0,3	Менее 0,01
	Мышьяк	0,2	Менее 0,05
	Кадмий	0,1	Менее 0,01
	Ртуть	0,02	Менее 0,001
Микотоксины	Афлатоксин М1	0,0005	Менее 0,0005
Радионуклиды	Цезий-137	100	0,7
	Стронций-90	25	0,2
Пестициды	Гексахлорциклогексан (α β γ – изомеры)	1,25	Менее 0,02
	ДДТ и его метаболиты	1,0	Менее 0,06

Таблица 9 – Показатели качества мусса творожного с наполнителем из тыквенного пюре

Table 9 – Quality indicators of the mousse

Наименование показателя	Значение показателя
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный, кисло-сладкий, с привкусом и запахом тыквы. Без посторонних привкусов и запахов.
Консистенция	Однородная, взбитая, слегка мажущаяся. С мелкими включениями наполнителя тыквы. Хорошая стойкость пены. Глянцевая поверхность.
Цвет	Однородный по всей массе. Равномерный светло-желтый, светло-оранжевый.
Массовая доля сахарозы, не менее, %	20
Температура при выпуске с предприятия, °С	4 ± 2
Фосфатаза	отсутствует

Изменение микробиологических показателей и показателей безопасности разработанных муссов творожных в течение их хранения приведены в таблицах 7 и 8. Анализ табличных данных показывает, что микробиологические показатели творожного мусса остаются в пределах нормы до 18 суток хранения. По микробиологическим показателям, содержанию токсичных элементов, радионуклидов разработанный продукт соответствует требованиям СанПиН 2.3.2 1078-01 и требованиям безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов по ТР ТС 021/2011. Разработаны регламентируемые показатели для продукта. По органолептическим и физико-химическим показателям продукт должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 9. Показатели пищевой ценности на разработанный продукт представлены в таблице 10.

На основании полученных результатов можно отметить, что уровень удовлетворения суточной потребности при потреблении 100 г продукта по таким нутриентам, как пектиновые вещества, составляет 40 %, по β-каротину – 15 % от рекомендуемой НИИ питания адекватной нормы, что

Таблица 10 – Показатели пищевой ценности мусса творожного с наполнителем из тыквенного пюре, г/100г

Table 10 – Nutritional values of the mousse, g/100g

Наименование нутриента	Суточная потребность [МР 2.3.1.2432-08]	Содержание в 100 г продукта	Уровень удовлетворения суточной потребности, %
Белки, г	58–117	4,5	–
Жиры, г	60–154	0,3	–
Углеводы, г	170–420	24,5	14–5
Клетчатка,г	20	0,5	2,5
Пектиновые вещества, г	2,0	0,8	40
Калий, мг	2500	135,0	5,4
Кальций, мг	1200	63,6	5,3
Магний, мг	400	11,3	2,8
Фосфор, мг	800	70,0	9,0
Железо, мг	10	0,3	3,0
β-каротин, мг	5	0,8	15,2
Витамин С, мг	90	3,75	4,2

Таблица 11 – Использованные в работе номера NCBI представителей рода Cucurbita.

Table 11 – NCBI numbers of the genus Cucurbita

Ботанический род растения	Амплифицируемый фрагмент	Номера NCBI нуклеотидных последовательностей изучаемых видов рода Cucurbita
Cucurbita	maturase K (matK) gene	HQ438599; HQ438600; HQ438601; HQ438602; Q438603; HQ438605; HQ438606; HQ438607; HQ438612; HQ438597

Таблица 12 – Оптимальные параметры амплификации фрагментов видоспецифичной ДНК тыквы при использовании различных видов праймеров

Table 12 – Optimum parameters for the amplification of pumpkin orphan gene according to various types of primers

Наименование параметров	Праймеры, разработанные на основе гена matK хлоропластного генома
Концентрация праймеров, пкмоль	10
Режим амплификации	1. 95 °C – 3 мин. 2. 95 °C, 10 с 60 °C, 10 с } 40 циклов 72 °C, 20 с

позволяет позиционировать продукт не только как продукт повышенной пищевой ценности, но и как обогащенный. На данный вид продукта разработаны и утверждены технические условия (ТУ 9282-250-020683315-2018) и технологическая инструкция (ТИ 9282-250-020683315-2018).

Для идентификации плодов тыквы в муссе творожном использована полимеразно-цепная реакция (ПЦР). На основе базы данных GenBank NCBI в качестве гена-мишени выбран ген matK хлоропластного генома (табл. 11). На основании выбранных в базе Genbamk NCBI нуклеотидных последовательностей видов рода Cucurbita проведен поиск презентативных нуклеотидных последовательностей гена matK хлоропластного рода Cucurbita.

С помощью различных программных пакетов на основе гена matK разработаны и сконструированы универсальные праймеры, подобраны условия проведения амплификации (табл. 12).

Результаты по апробации оптимизированного метода ПЦР с использованием разработанных праймеров на основе гена matK хлоропластного генома представлены на электрофореграмме (рис. 1) где отмечаются четкие полосы, соответствующие молекулярной массе длин ампликонов используемых праймеров (297 bp – для фрагмента гена matK).

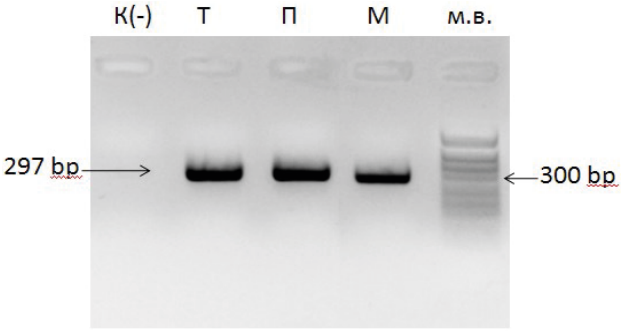


Рисунок 1 – Электрофореграмма продуктов амплификации ДНК тыквы в пюре и муссе творожном с использованием праймеров, разработанных на основе гена matK хлоропластного генома: К(–) – отрицательный контроль; Т – свежие плоды тыквы; П – пюре из тыквы; М – мусс творожный; м.в. – маркер молекулярного веса

Figure 1 – Electrophoregram of amplification products of pumpkin DNA in the mousse using primers developed on the basis of the matK gene of the chloroplast genome: К(-) – negative test; Т – fresh pumpkins; П – pumpkin cream; М - cottage cheese mousse; м.в. – molecular weight marker

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать для идентификации плодов тыквы в пищевых продуктах классический метод ПЦР с определением продуктов амплификации в агарозном геле с использованием праймеров, разработанных на основе гена matK хлоропластного генома.

Выводы

Проведенная экспериментальная работа позволила определить комплекс методических аспектов контроля качества молочных продуктов с растительными добавками на примере мусса творожного с пюре из тыквы.

К ним относят оценку биологической ценности и качества по органолептическим и физико-химическим показателям, а также оценку подлинности применяемого в технологии растительного сырья и полуфабрикатов с использованием молекулярно-генетического анализа. Установлено, что тыква твердокорая сорта Адажио, широко районируемая в Кемеровской области, является источников биологически активных веществ: β-каротина, клетчатки, пектиновых и минеральных веществ. Оценка качества плодов тыквы по органолептическим и физико-химическим показателям показала соответствие требованиям ГОСТ 7975-2013. Содержание токсичных элементов (свинца, мышьяка, кадмия и ртути) в плодах тыквы не превышает допустимый уровень и соответствует требованиям СанПин 2.3.2.1078-01.

Экспериментально установлено, что по органолептическим и физико-химическим показателям тыквенное пюре соответствует ГОСТ 32742-2014 и может использоваться в качестве добавки для создания творожного мусса.

Установлено, что в тыквенном пюре в значительных количествах содержатся такие биологически активные нутриенты как пектиновые вещества, β-каротин, калий и клетчатка. В переработанном продукте плодов и овощей практически невозможно идентифицировать вид используемого сырья, применяя органолептические и физико-химические методы анализа, а вкус и запах можно имитировать внесенными пищевыми добавками. Органолептические методы не пригодны в силу измельчения плодов, а физико-химические показатели, такие как содержание сухих веществ, сахаров, пектиновых веществ, ор-

ганических кислот, титруемая кислотность, у многих видов переработанного сырья очень близки.

Научно-обоснованы и разработаны рецептура, технология производства мусса творожного с пюре из тыквы с учетом сбалансированности компонентов, комплиментарности органолептических показателей (гармоничный вкус и привлекательный внешний вид), а также влияния вносимого плодового сырья на физико-химические показатели.

Определено оптимальное количество тыквенного пюре, вносимого в рецептуру (35 % от массы), совместное влияние рецептурных компонентов и плодового сырья на показатели качества готового продукта.

Проведены товароведные исследования показателей качества готового творожного мусса с пюре из тыквы по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям и содержанию токсичных элементов, радионуклидов. Показано, что внесение плодового сырья позволяет получить продукт повышенной пищевой ценности с высокими потребительскими свойствами. Показатели пищевой ценности мусса творожного с пюре из тыквы свидетельствуют, что уровень удовлетворения суточной потребности при потреблении 100 г продукта по таким нутриентам, как пектиновые вещества, составляет 40 %, по β-каротину – 15 % от рекомендуемой НИИ питания адекватной нормы, что позволяет позиционировать продукт не только как продукт повышенной пищевой ценности, но и как обогащенный. Установлены оптимальные сроки хранения разработанного мусса творожного с наполнителем из тыквенного пюре – 7 суток, на протяжении которых продукт сохраняет свои первоначальные свойства.

Для идентификации тыквы в полуфабрикате и молочном продукте применен молекулярно-генетический анализ. На основе базы данных GenBank NCBI в качестве гена-мишени выбран ген matK хлоропластного генома. С помощью различных программных пакетов на основе гена matK разработаны и сконструированы универсальные праймеры. Экспериментальным путем подобраны оптимальные параметры проведения амплификации фрагментов видоспецифичной ДНК тыквы. Результаты электрофореграмм показывают, что плоды тыквы надежно идентифицируются в пюре и муссе творожном при использовании праймеров, синтезированных на основе гена matK хлоропластного генома.

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать для идентификации плодов тыквы в пищевых продуктах классический метод ПЦР с определением продуктов амплификации в агарозном геле с использованием праймеров, разработанных на основе гена matK хлоропластного генома.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Бабулина, М. А. Разработка технологии кисломолочного десерта, обогащенного сывороточными белками пророщенными бобами чечевицы / М. А. Бабулина, Л. А. Силантьева // Пищевая промышленность. – 2014. – № 9. – С. 12–14.

2. Каблукова, Е. В. Перспективы использования растительного сырья для повышения пищевой ценности кисломолочных продуктов / Е. В. Каблукова, А. Д. Тошев // Материалы 66-й научной конференции «Наука ЮУрГУ» / Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск, 2014. – С. 364–367.

3. Малоева, Е. Н. Современные тенденции разработки молочных продуктов лечебно-профилактического назначения / Е. Н. Малоева, Е. Е. Ходакова // Качество продукции, технологий и образования : материалы X Международной научно-практической конференции / Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. – Магнитогорск, 2015. – С. 83–86.

4. Омарова, А. Совершенствование технологии национальных молочных продуктов с использованием растительного сырья / А. Омарова, Н. Машанова // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3–1. – С. 24–27.

5. Пилипенко, Т. В. Использование сырья растительного происхождения при создании продуктов питания с функциональными свойствами / Т. В. Пилипенко // Научный альманах. – 2016. – Т. 21, № 7. – С. 427–430. DOI: https://doi.org/10.17117/na.2016.07.01.427.

6. Рощупкина, О. Е. Перспектива сочетания вторичного сырья молочной промышленности и растительного сырья при создании кисломолочного продукта / О. Е. Рощупкина // Научные исследования. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 13–14.

7. Харитонова, И. Б. Возможность использования добавок растительного происхождения при производстве кисломолочных продуктов / И. Б. Харитонова, Л. А. Силантьева // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. – № 2. – С. 222–226.

8. ТР ТС 033/2013 О безопасности молока и молочной продукции. 2013. – 107 с.

9. МУ 4.1./4.2.2484-09 Оценка подлинности и выявление фальсификации молочной продукции: Методические указания. 2009. – 30 с.

10. Кобзева, Т. В. Контроль качества молокосодержащих продуктов / Т. В. Кобзева, Е. А. Юрова // Молочная промышленность. – 2011. – № 2. – С. 48–49.

11. Баранова, М. Л. Мнение эксперта. Необходимо внести изменения в нормативную базу / М. Л. Баранова // Контроль качества продукции. – 2016. – № 7. – С. 58–59.

12. Буданина, Л. Н. Применение метода ДСК для идентификации консервированных молочных продуктов / Л. Н. Буданина, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 37, № 2. – С. 98–103.

13. Дунин, С. А. Контроль качества молочной продукции по жирнокислотному составу / С. А. Дунин // Методы оценки соответствия. – 2012. – № 5. – С. 18–23.

14. Ивахненко, Т. Е. Исследование проблемы идентификации и выявления фальсификации молока и молочной продукции / Т. Е. Ивахненко // Особенности государственного регулирования внешнеторговой деятельности в современных условиях : материалы научно-практической конференции / Российская таможенная академия, Ростовский филиал. – Ростов, 2015. – С. 206–214.

15. Каламкарова, Л. И. К вопросу о фальсификации молока и молочной продукции в республике Казахстан / Л. И. Каламкарова // Медицина. – 2013. – № 11. – С. 5–8.

16. О фальсификации молока и молочных продуктов / А. Н. Мазаев, И. А. Шель, М. А. Попова [и др.] // Молодой ученый. – 2014. – Т. 71, № 12. – С. 90–92.

17. Малых, М. А. Проблемы идентификации молочной продукции и пути их решения / М. А. Малых, Е. Л. Полиектова // Контроль качества продукции. – 2017. – № 2. – С. 6–9.

18. Серажутдинова, Л. Д. Идентификация молочной продукции: проблемы и решения / Л. Д. Серажутдинова, М. А. Малых // Методы оценки соответствия. – 2013. – № 1. – С. 22–25.

19. Флоринская, Е. Э. Анализ перспективы развития идентификации и фальсификации молочной продукции / Е. Э. Флоринская // Международный научный журнал. – 2017. – № 4. – С. 67–72.

20. Установление фальсификации молочной продукции методами газовой хроматографии / Ф. А. Чмиленко, Н. П. Минаева, А. В. Сандомирский [и др.] // Методы и объекты химического анализа. – 2009. – Т. 4, № 1. – С. 60–66.

21. Школьникова, М. Н. Обзор современных методов идентификации цельномолочных продуктов / М. Н. Школьникова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 130, № 7. – С. 90–97.

22. Exploring authentic skim and nonfat dry milk powder variance for the development of nontargeted adulterant detection methods using nearinfrared spectroscopy and chemometrics / L. L. Botros, J. Jablonski, C. Chang [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2013. – Vol. 61, № 41. – P. 9810–9818. DOI: https://doi.org/10.1021/jf4023433.

23. Cozzolino, D. Recent trends on the use of infrared spectroscopy to trace and authenticate natural and agricultural food products / D. Cozzolino // Applied Spectroscopy Reviews. – 2012. – Vol. 47, № 7. – P. 518–530. DOI: https://doi.org/10.1080/05704928.2012.667858.

24. Rapid detection of melamine in milk powder by near infrared spectroscopy / C. Lu, B. Xiang, G. Hao [et al.] // Journal of Near Infrared Spectroscopy. – 2009. – Vol. 17, № 2. – P. 59–67. DOI: https://doi.org/10.1255/jnirs.829.

25. Onosovskaya, N. N. Identification of milk and milk products / N. N. Onosovskaya / Сыроделие и маслоделие. – 2011. – № 3. – С. 13–14.

26. Архипов, А. Н. Сравнительный анализ геномов организмов, используемых в производстве пищевых добавок / А. Н. Архипов, О. В. Мудрикова, Н. А. Масунов // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Т. 19, № 4. – С. 77–81.

27. Методы ДНК-технологии для идентификации растительного сырья в молочных продуктах / А. Ю. Просеков, О. В. Мудрикова, А. В. Булавина [и др.] // Молочная промышленность. – 2011. – № 12. – С. 62–63.

28. Фомина, Т. А. Разработка метода идентификации видовой принадлежности мясных и растительных ингредиентов на основе полимеразной цепной реакции в режиме реального времени: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.18.04 / Фомина Татьяна Алексеевна. – М., 2012. – 149 с.

29. Pat. JP2009279002 (A). Primer and method for detecting specific plant / Kimie I., Shigeru N., Katsutoshi O.; Nissin Foods Holdings Co Ltd. – № P2009–174728; заявл. 27.07.09; опубл. 03.12.09.

30. Pat. WO2006040373. Identification of dna in raw or processed foods and compound feeds / Bautista S. C., Jose M.; Puyet Catalina, Antonio; Schönhuth Meyer, Susana (ES). – № PCT/ES2005/000486; заявл. 08.09.2005; опубл. 20.04.2006.

31. Голубцова, Ю. В. Теория и практика видовой идентификации плодово-ягодного сырья в продуктах на молочной основе / Ю. В. Голубцова. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2017. – 140 с.

32. ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции. 2011.

33. Боровиков, В. П. Прогнозирование в системе Statistica в среде Windows DJVU / В. П. Боровиков, И. Г. Ивченко. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 380 с.

34. Голубцова, Ю. В. Идентификация плодово-ягодного сырья в продуктах питания методом ПЦР / Ю. В. Голубцова. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2017. – 17 с.

35. Скрипников, Ю. Г. Технологические особенности производства тыквенного пюре / Ю. Г. Скрипников, В. Ф. Винницкая, М. Ю. Коровкина // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 8. – С. 50–51.

36. Борисенко, В. В. Изучение биохимического состава плодов тыквы сорта «Витаминная» / В. В. Борисенко, Б. В. Фолиянц // Молодой учёный. – 2015. – Т. 102, № 22. – С. 98–100.

37. ГОСТ 7975-2013. Тыква продовольственная свежая. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2014. – 5 с.

38. ГОСТ 32742-2014. Полуфабрикаты. Пюре фруктовые и овощные консервированные асептическим способом. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2014. – 10 с.

39. ГОСТ 31453-2013. Творог. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2013. – 8 с.

References

1. Baulina MA, Silantyeva LA. Technology development of fermented milk desserts enriched with whey proteins and germinated beans of lentils. Food Industry. 2014;(9):12–14. (In Russ.).

2. Kablukova EV, Toshev AD. Perspektivy ispol′zovaniya rastitel′nogo syr′ya dlya povysheniya pishchevoy tsennosti kislomolochnykh produktov [Prospects for the use of plant materials to increase the nutritional value of fermented milk products]. Materialy 66-y nauchnoy konferentsii "Nauka YUUrGU" [Proceedings of the 66th Scientific Conference "Science of the South-Ural State University"]; 2014; Chelyabinsk. Chelyabinsk: South Ural State University; 2014. p. 364–367. (In Russ.).

3. Maloeva EN, Khodakova EE. Sovremennye tendentsii razrabotki molochnykh produktov lechebno-profilakticheskogo naznacheniya [Modern trends in the development of dairy products for therapeutic and prophylactic purposes]. Kachestvo produktsii, tekhnologiy i obrazovaniya: materialy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Quality of products, technologies, and education: Proceedings of the X International Scientific Practical Conference]; 2015; Magnitogorsk. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University; 2015. p. 83–86. (In Russ.).

4. Omarova A, Mashanova N. Sovershenstvovanie tekhnologii natsional′nykh molochnykh produktov s ispol′zovaniem rastitel′nogo syr′ya [Improving the technology of national dairy products with plant materials]. International student research bulletin. 2016;(3–1):151–152. (In Russ.).

5. Pilipenko TW. The use of vegetable raw materials in the creation of food with functional properties. Science Almanac. 2016;21(7–1):427–430. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.17117/na.2016.07.01.427.

6. Roshchupkina OE. Perspektiva sochetaniya vtorichnogo syr′ya molochnoy promyshlennosti i rastitel′nogo syr′ya pri sozdanii kislomolochnogo produkta [Perspective combining of secondary dairy and plant raw materials when creating a fermented milk product]. Scientific research. 2017;12(1):13–14. (In Russ.).

7. Ryabchenko IB, Silantieva LA. Possibility of use of additives of a phytogenesis by manufacture of sourmilk products. Processes and Food Production Equipment. 2011;(2):222–226. (In Russ.).

8. TR TS 033/2013 O bezopasnosti moloka i molochnoy produktsii [Technical Regulations of Customs Union 033/2013 On safety of milk and diary products]. 2013. 107 p.

9. MU 4.1./4.2.2484-09 Otsenka podlinnosti i vyyavlenie fal′sifikatsii molochnoy produktsii: Metodicheskie ukazaniya [Recommended Practices 4.1./4.2.2484-09: Assessment of authenticity and detection of falsification of dairy products: Recommended Practices]. 2009. 30 p.

10. Kobzeva TV, Yurova EA. Control of the quality of products containing milk. Dairy Industry. 2011;(2):48–49. (In Russ.).

11. Baranova ML. Mnenie ehksperta. Neobkhodimo vnesti izmeneniya v normativnuyu bazu [Expert opinion. Changes to the regulatory framework are necessary]. Production Quality Control. 2016;(7):58–59. (In Russ.).

12. Budanina LN, Vereshchagin AL, Bychin NV. Application of DSC method for canned milk product identification. Food Processing: Techniques and Technology. 2015;37(2):98–104. (In Russ.).

13. Dunin SA. Kontrol′ kachestva molochnoy produktsii po zhirnokislotnomu sostavu [Quality control of dairy products according to fatty acid composition]. Metody otsenki sootvetstviya [Methods of Conformity Assessment]. 2012;(5):18–23. (In Russ.).

14. Ivakhnenko TE. Investigation the identification and detection of milk and dairy products falsification problem. Osobennosti gosudarstvennogo regulirovaniya vneshnetorgovoy deyatel′nosti v sovremennykh usloviyakh: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii [State regulation of foreign trade activities in modern conditions: Proceedings of the scientific-practical conference]; 2015; Rostov-on-Don. Rostov-on-Don: Rostov Branch of Russian Customs Academy; 2015. p. 206–214. (In Russ.).

15. Kalamkarova LI. K voprosu o fal′sifikatsii moloka i molochnoy produktsii v respublike Kazakhstan [On the issue of falsification of milk and dairy products in the Republic of Kazakhstan]. Meditsina [Medicine]. 2013;(11):5–8. (In Russ.).

16. Mazaev AN, Shel′ IA, Popova MA, Uvarova VM, Prokhas′ko LS. O fal′sifikatsii moloka i molochnykh produktov [On the falsification of milk and dairy products]. Young Scientist. 2014;71(12):90–92. (In Russ.).

17. Malykh MA, Poliektova EL. Problemy identifikatsii molochnoy produktsii i puti ikh resheniya [Identification issues of dairy products and their solutions]. Production Quality Control. 2017;(2):6–9. (In Russ.).

18. Serazhutdinova LD, Malykh MA. Identifikatsiya molochnoy produktsii: problemy i resheniya [Identification of dairy products: problems and solutions]. Metody otsenki sootvetstviya [Methods of Conformity Assessment]. 2013;(1):22–25. (In Russ.).

19. Florinskaya EE. Analysis and prospects of development of identification and falsification of dairy products. The International Scientific Journal. 2017;(4):67–72. (In Russ.).

20. Chmilenko FA, Minaeva NP, Sandomirskij AV, Sidorova LP. Identification of milk products falsification by gas chromatographic method. Methods and objects of chemical analysis. 2009;4(1):60–66. (In Russ.).

21. Shkolnikova MN. Review of modern methods of whole-milk products identification. The Bulletin of KrasGAU. 2017;130(7):90–97. (In Russ.).

22. Botros LL, Jablonski J, Chang C, Bergana MM, Wehling P, Harnly JM, et al. Exploring authentic skim and nonfat dry milk powder variance for the development of nontargeted adulterant detection methods using nearinfrared spectroscopy and chemometrics. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2013;61(41):9810–9818. DOI: https://doi.org/10.1021/jf4023433.

23. Cozzolino D. Recent trends on the use of infrared spectroscopy to trace and authenticate natural and agricultural food products. Applied Spectroscopy Reviews. 2012;47(7):518–530. DOI: https://doi.org/10.1080/05704928.2012.667858.

24. Lu C, Xiang B, Hao G, Xu J, Wang Z, Chen C. Rapid detection of melamine in milk powder by near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy. 2009;17(2):59–67. DOI: https://doi.org/10.1255/jnirs.829.

25. Onosovskaya NN. Identification of milk and milk products. Magazine cheesemaking and buttermaking. 2011;(3):13–14.

26. Arhipov AN, Mudrikova OV, Masunov NA. Comparative genome analysis of organisms used in the production of food additives. Food Processing: Techniques and Technology. 2010;19(4):77–81. (In Russ.).

27. Prosekov AYu, Mudrikova OV, Bulavina AV, Arhipov AN. The methods of the DNA technologies for the vegetable raw materials identification in milk products. Dairy Industry. 2011;(12):62–63. (In Russ.).

28. Fomina TA. Razrabotka metoda identifikatsii vidovoy prinadlezhnosti myasnykh i rastitel′nykh ingredientov na osnove polimeraznoy tsepnoy reaktsii v rezhime real′nogo vremeni [Development of a method for identification of the species of meat and vegetable ingredients based on real-time polymerase chain reaction]. Cand. eng. sci. diss. Moscow: V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences; 2012. 149 p.

29. Kimie I, Shigeru N, Katsutoshi O. Primer and method for detecting specific plant. Patent P2009–174728. 2009.

30. Bautista SC, Jose M. Identification of dna in raw or processed foods and compound feeds. Patent PCT/ES2005/000486. 2006.

31. Golubtsova YuV. Teoriya i praktika vidovoy identifikatsii plodovo-yagodnogo syr′ya v produktakh na molochnoy osnove [Theory and practice of species identification of fruit and berry raw materials in dairy-based products]. Kemerovo: KemIFST; 2017. 140 p. (In Russ.).

32. TR TS 021/2011 O bezopasnosti pishchevoy produktsii [Technical Regulations of Customs Union 021/2011 On food safety]. 2011.

33. Borovikov VP, Ivchenko IG. Prognozirovanie v sisteme Statistica v srede Windows DJVU [Forecasting in the Statistica system in Windows environment DJVU]. Moscow: Finansy i statistika. 2000. 380 p. (In Russ.).

34. Golubtsova YuV. Identifikatsiya plodovo-yagodnogo syr′ya v produktakh pitaniya metodom PTSR [Identification of fruit and berry raw materials in food products by PCR method]. Kemerovo: KemIFST; 2017. 17 p. (In Russ.).

35. Skripnikow YG, Winnitskaya WF, Korowkina MY. Technological peculiarities of pumpkin puree production. Achievements of Science and Technology of AIC. 2008;(8):50–52. (In Russ.).

36. Borisenko VV, Foliyants BV. Izuchenie biokhimicheskogo sostava plodov tykvy sorta “Vitaminnaya” [The biochemical composition of the Vitamin pumpkin]. Young Scientist. 2015;102(22):98–100. (In Russ.).

37. State Standard 7975-2013. Fresh food pumpkin. Specifications. Moscow: Standartinform; 2014. 5 p.

38. State Standard 32742-2014. Semifinished products. Aseptically canned fruit and vegetable puree. Specifications. Moscow: Standartinform; 2014. 10 p.

39. State Standard 31453-2013. Tvorog. Specifications. Moscow: Standartinform; 2013. 8 p.

Москвина Надежда Александровн
аспирант кафедры биотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (3842) 58-10-11, e-mail: rik@kemsu.ru

Голубцова Юлия Владимировна
д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (3842) 58-10-11, e-mail: rik@kemsu.ru

Nadezhda A. Moskvina
Postgraduate Student of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (3842) 58-10-11, e-mail: rik@kemsu.ru

Evgenia Yu. Lobach
Dr.Sci.(Eng.), Associate professor, Associate professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (3842) 58-10-11, e-mail: rik@kemsu.ru

ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-43-49
Оригинальная статья
УДК 641.85:665.931.7
http://fptt.ru/

Исследование физико-химических и текстурных свойств желированных десертов без желатина

Н. В. Неповинных[1,*], О. Н. Петрова[1], Н. М. Белова[1], С. Еганехзад[2]

[1] *ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1*

[2] *Научно-исследовательский институт пищевых наук и технологий, 91895, Иран, г. Мешхед, шоссе Мешхед-Кучан, 12 км*

Дата поступления в редакцию: 11.03.2019
Дата принятия в печать: 28.03.2019

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

© Н. В. Неповинных, О. Н. Петрова, Н. М. Белова, С. Еганехзад, 2019

Аннотация. Целью данного исследования является решение технологической проблемы производства желированных десертов путем замены желатина (для преодоления религиозных и этических ограничений) некрахмальными полисахаридами растительного, бактериального и водорослевого происхождения – индивидуально или в бинарной системе, а также изучение структуры десертов, отвечающей за формирование гелевой сетки. Гидроколлоиды широко используются при изготовлении многих продуктов питания для улучшения качественных характеристик и срока годности. Изучаемыми полисахаридами являлись (отдельно или в бинарнах системах) альгинат натрия, пектин, йота-каррагинан, конжаковая камедь, камедь бобов рожкового дерева, ксантановая и гуаровая камеди. Определены полисахариды и их оптимальные концентрации (конжаковая камедь 0,4 % : ксантановая камедь 0,6 %; камедь бобов рожкового дерева 0,2 % : ксантановая камедь 0,8 %; йота-каррагинан 0,4 %) в качестве желирующих агентов при производстве десертов без желатина. Образование гелевой сетки в десертах происходит в результате сложного взаимодействия гидроколлоидов, молочного жира и сахара. Формирование структуры желированных десертов с используемыми полисахаридами происходит уже при температуре 18 ± 2 °C в течение 20–40 мин, в отличие от формирования структуры контрольного образца, протекающей при температуре 4 ± 2 °C в течение 2–3 часов. Органолептическая оценка исследуемых продуктов была оценена дегустационной комиссией по следующим критериям: вкус, цвет, консистенция, запах и внешний вид. Был проведен анализ индикаторов структуры десертов. Вероятный срок годности был определен на основе оценки влагосодержания и активности воды и составляет (при температуре 4 ± 2 °C) не более 24 часов. Было выявлено несколько экономически выгодных новых составов, успешно воспроизводящих основные признаки хорошо известного и широко потребляемого традиционного десерта с желатином.

Ключевые слова: Желированные десерты, некрахмальные полисахариды, желатин, йота-каррагинан, ксантановая камедь, камедь бобов рожкового дерева, конжаковая камедь

Для цитирования: Исследование физико-химических и текстурных свойств желированных десертов без желатина / Н. В. Неповинных, О. Н. Петрова, Н. М. Белова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 43–49. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-43-49.

Original article
Available online at http://fptt.ru/

Physico-Chemical and Texture Properties of Gelatin-Free Jelly Desserts

N.V. Nepovinnykh[1,*], O.N. Petrova[1], N.M. Belova[1], S. Yeganehzad[2]

[1] *N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia*

[2] *Research Institute of Food Science and Technology, Km 12, Mashhad-Quchan Highway, Mashhad, 91895, Iran*

Received: March 11, 2019
Accepted: March 28, 2019

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

© N.V. Nepovinnykh, O.N. Petrova, N.M. Belova, S. Yeganehzad, 2019

Abstract. The research features the technological challenge of producing jelly desserts by replacing gelatin by non-starch polysaccharides of plant, bacterial, and algal origin (separately or in binary mixtures) in order to overcome religious and ethical constraints. The authors focused on the texture which is responsible for gel network formation of desserts. Hydrocolloids are widely used in many food formulations to improve quality attributes and shelf-life. The polysaccharides under analysis included

alginate, pectin, iota-carrageenan, konjac glucomannan, xanthan, and guar gum, separately or in binary mixtures. The experiment made it possible to determine polysaccharides and their optimal concentrations (konjac glucomannan 0.4 % : xanthan gum 0.6 %; locust bean gum 0.2 % : xanthan gum 0.8 %; iota-carrageenan 0.4 %) as gelling agents for the production of desserts without gelatin. Formation of a gel network in desserts occurs as a result of a complex interaction of hydrocolloids, milk fat, and sugar. Structure formation of jelly desserts with polysaccharides occurs already at 18 ± 2°C in 20–40 minutes. In contrast, the structure formation of the control sample occurred at 4 ± 2°C in 2–3 hours. Sensory evaluation of the products was conducted by panellists according to the following criteria: taste, colour, consistency, aroma, and appearance. The paper also describes an analysis of texture indicators. The shelf-life was assessed according to moisture content and water activity as 24 hours at 4 ± 2°C. Several economically-viable new formulations were identified: they successfully reproduced the essential attributes of well-established and widely-consumed traditional gelatin desserts.

Keywords*:* Jelly desserts, non-starch polysaccharides, gelatin, iota-carrageenan, xanthan gum, locust bean gum, konjac glucomannan

For citation: Nepovinnykh NV, Petrova ON, Belova NM, Yeganehzad S. Physico-Chemical and Texture Properties of Gelatin-Free Jelly Desserts. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):43–49. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-43–49.

Введение

Традиционно желированные десерты производятся с использованием пищевого желатина, молока или сливок, сахара и ванилина. Для вегетарианцев и потребителей халяльных и кошерных продуктов. Проблема замены желатина на пищевые гидроколлоиды существует уже много лет. Но в последнее время, в связи с появлением вируса губчатой энцефалопатии крупного рогатого скота, интерес к этой проблеме возрос по всему миру [1]. Гидроколлоиды широко используются при изготовлении многих продуктов питания для улучшения качественных характеристик и срока годности. Одним из основных свойств гидроколлоидов является их способность к студнеобразованию. Гидроколлоиды образуют гели путем физических связей их полимерных цепей посредством соединения водорода, гидрофобной ассоциации и катионного сшивания. Именно из-за этого гидроколлоидные гели часто называют «физическими гелями» [2, 3].

Механизм и, получающиеся в результате, надмолекулярные структуры, формирующие макроскопическим образом пищевую систему и достаточно стабильную сеть желированного изделия, важны для полисахаридно-белковых систем.

Целью данного исследования является производство желированного десерта без желатина путем его замены (с целью преодоления религиозных и этических ограничений) полисахаридами (ПС) растительного, бактериального или водорослевого происхождения – индивидуально (ПС-1) или в бинарнах системах (ПС-1-ПС-2), а также изучение структуры десертов.

Объекты и методы исследования

Для изготовления десертных гелей были использованы следующие коммерческие образцы пищевых гидроколлоидов: конжаковая камедь, ксантановая камедь (Danisco, Франция); йота-каррагинан, гуаровая камедь (Sarda Starch Pvd. Ltd, Индия); камедь бобов рожкового дерева *Ceratonia siliqua* (Sigma-Aldrich Co. LLC, США); альгинат натрия (DuPont Nutrition & Health, Франция); пектин (ZPOW Pektowin, Польша); желатин (Россия).

Для приготовления десертов в качестве рецептурных компонентов были использованы сахар (ГОСТ 33222-2015); молоко жирностью 3,5 % (ГОСТ 31450-2013); сливки жирностью 20 % (ГОСТ 31451-2013); ванилин (ГОСТ 16599-71 с изм. № 1, 2). Питьевая вода (СанПиН 2.1.4.1074-01) была использована для растворения пищевых гидроколлоидов.

Дегустационная оценка образцов была произведена в лаборатории сенсорного анализа в Мешхедском научно-исследовательском институте пищевых наук и технологий (Иран). Органолептическое качество испытанных продуктов было оценено по следующим критериям: внешний вид, консистенция, запах, вкус и цвет. Каждая характеристика была оценена по 5 балльной шкале (0–1 очень плохо, 1–2 плохо, 2–3 удовлетворительно, 3–4 хорошо, 4–5 отлично). Все баллы суммировали и рассчитывали итоговый балл. Каждый член комиссии оценил каждый десерт по 3 раза.

Калорийность десертов определяли расчетным путем согласно общепринятой методике [4].

Активность воды (a_w) в десертах определяли с применением анализатора активности воды «HygroPalmAw» (Rotronic, Швейцария) с диэлектрическим датчиком влажности. Работа датчика основана на изменении проводимости гигроскопичного полимера в зависимости от относительной влажности камеры. Гигрометр состоит из ручного блока с дисплеем и клавишами управления и измерительного зонда активности воды. Анализируемый образец отбирается в стаканчик и помещается в измерительную камеру. Сверху устанавливается зонд активности воды. Цикл измерений длится от 3 до 5 минут, после чего на дисплее отображаются значения активности воды до третьего знака после запятой. Измерения проводились в соответствии с общепринятой методикой [5].

Содержание влаги (W) в десертах было определено термогравиметрическим методом с использованием анализатора влажности MX 50 (A&D, Япония). Три грамма образца помещали на алюминиевую пластину и нагревали до 160 °C в течение 5 мин. Было взято среднее значение трех измерений [6].

pH десертов определяли ионометрическим методом с использованием pH-метра марки Checker (Hanna, США), который был откалиброван по стандартным показателям буфера pH.

Таблица 1 – Рецептурный состав и сенсорная оценка десертов (выход на 100 г продукта)

Table 1 – Prescription composition and sensory evaluation of desserts (output per 100 g of product)

Гидроколлоиды	Концентрации гидроколлоидов, г	Рецептурные ингредиенты, г					Сенсорная оценка, итоговый показатель
		Сливки	Молоко	Ванилин	Сахар	Вода	
Желатин (контрольный образец)	3,5	34,7	17,3	1,2	8,3	35,0	5,0
Гуаровая камедь : ксантановая камедь	0,4:0,6	34,7	44,8			10,0	4,8
Камедь бобов рожкового дерева : ксантановая камедь	0,2:0,8	34,7	44,8			10,0	5,0
Конжаковая камедь : ксантановая камедь	0,4:0,6	34,7	44,8			10,0	5,0
Йота-каррагинан	0,4	34,7	51,4			4,0	5,0
Пектин	0,7	34,7	48,1			7,0	4,9
Альгинат натрия	0,7	34,7	48,1			7,0	4,5

Прочность десертов была исследована с помощью прибора Валента, предназначенного для измерения прочности желированных продуктов. Результат измерения представлен в граммах [7, 8]. Показатели прочности геля выдаются в диапазоне от 100 г до 3000 г. Погрешность измерений не больше 10 %. Прочность геля (Пг, г) – минимальный вес груза, который необходим для разрушения поверхности геля. Прибор представляет собой поршень с полусферической насадкой определенного размера (диаметр 16 мм, высота 10 мм). Поверхность геля, на который надавливала насадка, составляла 2×2 см.

Текстурные свойства желированных десертов (прочность, адгезия, сила адгезии, когезия, коэффициент упругости, упругость) изучены с помощью анализатора текстуры CT 3 (Brookfield, США). Анализатор текстуры CT3 предназначен для измерения создаваемой нагрузки зондами при сжатии испытуемого образца десерта, а также высоты перемещения зондов при определении физических и механических свойств, таких как прочность, адгезия, сила адгезии, когезия, коэффициент упругости, упругость. Принцип действия анализатора основан на преобразовании датчиком нагрузки, приложенной к испытываемому образцу, в аналоговый электрический сигнал, изменяющийся пропорционально этой нагрузке. Испытания проводятся путем однократного воздействия на испытуемый образец путем сжатия. В ходе теста в каждый момент времени измеряется усилие, которое необходимо приложить для деформации, вплоть до заданного момента окончания теста. Полученные зависимости позволяют оценить текстурные свойства желированных десертов. Для исследований была использована проба TA5 (цилиндрическая проба диаметром 12,7 мм), вес пробы – 10 г.

Результаты и их обсуждение

Рецептурный состав и данные сенсорной оценки десертов представлены в таблице 1.

Из данных, представленных в таблице 1, следует, что десерты, изготовленные с применением полисахаридов (камедь бобов рожкового дерева : ксантановая камедь; конжаковая камедь : ксантановая камедь; йота-каррагинан), имеют лучшие сенсорные характеристики, чем десерты на основе гуаровой и ксантановой камедей, пектина и альгината натрия. Итоговый показатель сенсорной оценки составил 5,0.

Данные по пищевой ценности и калорийности десертов представлены в таблице 2.

По данным, представленным в таблице 2, можно видеть, что калорийность десертов не изменяется при замене желатина на некрахмальные полисаха-

Таблица 2 – Пищевая ценность и калорийность десертов (выход на 100 г продукта)

Table 2 – Nutritional and calorie value of the desserts (output per 100 g of product)

Гидроколлоиды	Концентрации гидроколлоидов, г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Пищевые волокна/клетчатка, г	Зола, г	Калорийность, ккал
Желатин (контрольный образец)	3,5	4,5	4,1	11,7	–	0,39	102 ± 2
Гуаровая камедь : ксантановая камедь	0,4:0,6	2,3	5,0	13,2	0,69	0,52	109 ± 2
Камедь бобов рожкового дерева : ксантановая камедь	0,2:0,8	2,3	5,0	13,2	0,69	0,52	109 ± 2
Конжаковая камедь : ксантановая камедь	0,4:0,6	2,3	5,0	13,2	0,69	0,52	109 ± 2
Йота-каррагинан	0,4	2,5	5,3	13,2	0,28	0,57	112 ± 2
Пектин	0,7	2,4	5,2	13,3	0,48	0,54	110 ± 2
Альгинат натрия	0,7	2,4	5,2	13,3	0,48	0,54	110 ± 2

Таблица 3 – Физико-химические свойства десертов

Table 3 – Physical and chemical properties of the desserts

Гидроколлоиды	Концентрации гидроколлоидов, г	Прочность геля (Пг, г)	Активность воды (aw)	Содержание влаги (W), %	pH
Желатин (контрольный образец)	3,5	840	0,965 ± 0,003	70,8 ± 0,4	6,91 ± 0,02
Гуаровая камедь: ксантановая камедь	0,4:0,6	150	0,964 ± 0,003	70,8 ± 0,4	6,93 ± 0,01
Камедь бобов рожкового дерева: ксантановая камедь	0,2:0,8	250	0,965 ± 0,001	71,9 ± 0,2	6,92 ± 0,03
Конжаковая камедь: ксантановая камедь	0,4:0,6	290	0,964 ± 0,001	71,6 ± 0,1	6,93 ± 0,03
Йота-каррагинан	0,4	210	0,964 ± 0,003	70,8 ± 0,4	6,93 ± 0,03
Пектин	0,7	150	0,965 ± 0,003	71,6 ± 0,6	6,94 ± 0,03
Альгинат натрия	0,7	100	0, 965 ± 0,003	71,6 ± 0,6	6,93 ± 0,03

риды в связи с увеличением в рецептуре количества молока (табл. 1). Образование гелевой сетки в десертах происходит в результате сложного взаимодействия гидроколлоидов, молочного жира и сахара. Формирование структуры желированных десертов с используемыми полисахаридами происходит при температуре 18 ± 2 °С в течение 20–40 мин, в отличие от формирования структуры контрольного образца с использованием желатина, протекающей при температуре 4 ± 2 °С в течение 2–3 часов в условиях холодильной камеры [15].

Данные по физико-химическим свойствам десертов представлены в таблице 3.

Из данных, представленных в таблице 3, следует, что все образцы можно отнести к группе скоропортящихся продуктов, так как их показатель активности воды составляет более 0,9. Нужно отметить, что десерты с некрахмальными полисахаридами имеют не только лучшие сенсорные показатели (табл. 1), но и лучшие показатели прочности гелей, характеризующиеся более нежной пластичной текстурой, в отличие от контрольного образца, имеющего упругую «резиноподобную» консистенцию. При этом десерты с использованием альгината натрия и пектина при концентрации 0,7 % не держат форму и растекаются при порционировании. Поэтому использование данных полисахаридов в указанных концентрациях не целесообразно для приготовления желированных десертов. Следует отметить, что использование полисахаридов в больших концентрациях будет приводить к удорожанию готового продукта. Полученные результаты также подкрепляются данными о синергическом эффекте между используемыми гидроколлоидами. Не образующие гели, по отдельности полисахариды (ксантановая камедь и галактоманнаны) обычно используются в совместных комбинациях для улучшения текстурных свойств и получения прочных гелей [3, 9–14].

Таким образом, лучшие образцы десерты с полисахаридами были отобраны для дальнейшего исследования и производства.

При исследовании текстурных показателей желированных десертов (на анализаторе текстуры CT 3 Brookfield) судили о их прочности по величине напряжения сдвига в момент разрушения студня (разрыва сплошности) в сравнении с контрольным образцом. Приложенная нагрузка, создаваемая анализатором, деформирует испытуемый образец. Также производится измерение значения величины этой нагрузки. Обработка полученных экспериментальных данных осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения Texture PRO CT. Система в реальном времени регистрирует значение нагрузки, необходимой для погружения индентора на заданную глубину, и в зависимости от настроек оператора выводятся в табличном или графическом виде. На рисунке 1 представлен пример деформационной кривой, полученной на анализаторе текстуры CT 3 Brookfield.

Из рисунка 1 видно, что усилие, необходимое для продавливания образца, увеличивается до определённого предела. После чего наклон кривой уменьшается и усилие достигает практически постоянного значения (плато) пока не происходит продавливание поверхности (нарушение сплошности желе). В этот момент на кривой отмечается перелом (Peak Positive Force – положительный пик силы). Значение силы, приложенной в этот момент на единицу площади, принималось за величину прочности желированных десертов. После достижения заданной глубины по-

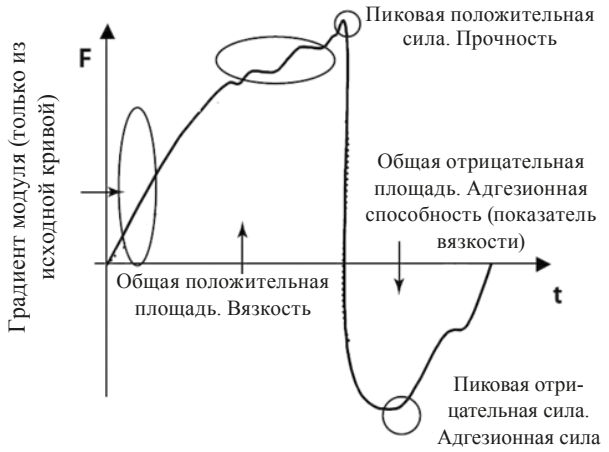


Рисунок 1 – Пример деформационной кривой, полученной на анализаторе CT 3 Brookfield

Figure 1 – An example of the deformation curve obtained on the CT 3 Brookfield analyzer

Таблица 4 – Текстурные показатели желированных десертов

Table 4 – Textural indicators of the gelatinized desserts

Гидроколлоиды	Концентрации гидроколлоидов, г	Прочность, МПа	Адгезия, МДж	Сила адгезии, Н	Когезия, МДж	Коэффициент упругости	Упругость, Н
Желатин (контрольный образец)	3,5	0,15 ± 0,02	0,48 ± 0,02	10,02 ± 0,02	0,52 ± 0,01	0,87 ± 0,01	1,02 ± 0,01
Камедь бобов рожкового дерева: ксантановая камедь	0,2:0,8	0,15 ± 0,02	1,43 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,97 ± 0,02	0,36 ± 0,02
Конжаковая камедь: ксантановая камедь	0,4:0,6	0,41 ± 0,26	1,22 ± 0,23	0,07 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,96 ± 0,02	0,51 ± 0,05
Йота-каррагинан	0,4	0,13 ± 0,03	0,19 ± 0,04	0,05 ± 0,04	0,32 ± 0,01	0,82 ± 0,06	0,24 ± 0,01

гружения (на представленном графике этот момент совпадает с достижением положительного пика) начинается движение индентора в обратную сторону. Величина усилия принимает отрицательное значение за счёт сил адгезионного взаимодействия поверхности индентора и образца, которые препятствуют его поднятию. При этом в определённый момент (Peak Negative Force – отрицательный пик силы) разрывные усилия превышают величину адгезионных сил и происходит отрыв индентора от поверхности образца.

При равномерном отрыве нагрузка прикладывается перпендикулярно плоскости исследуемого образца. При этом адгезия характеризуется нормальной силой, отнесённой к единице площади контакта, т. е. нормальным напряжением. Ход проведения испытаний аналогичен исследованию прочности желированных изделий, но в данном случае фиксируют величину не положительного, а отрицательного пика силы.

Проведение испытаний когезионных сил аналогично исследованию прочности желированных десертов. Однако в данном случае в держателе прибора и вместо поворотного столика закрепляют зажимы для проведения испытаний на разрыв. Исследуемый образец помещают между зажимами и проводят испытания до полного разделения образца на две части [16].

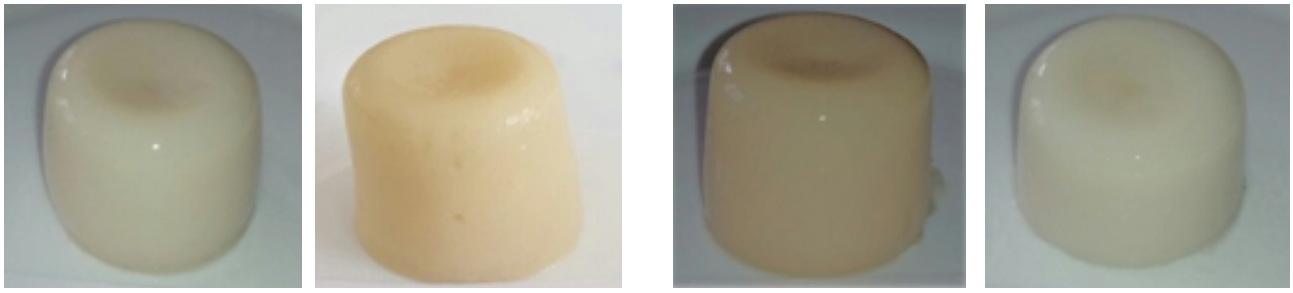
Обработка и хранение всех экспериментальных данных текстуры осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения Texture PRO CT.

Текстурные показатели желированных десертов, в сравнении с контрольным образцом, измеренные на анализаторе текстуры CT 3 Brookfield, представлены в таблице 4.

Как видно из данных таблицы 4, разработанные образцы характеризовались низкими показателями упругости, по сравнению с контрольным образцом, упругость которого составляла 1,02 ± 0,01 Н. Несмотря на сниженные показатели упругости, остальные текстурные показатели экспериментальных образцов были сравнимы с показателями контрольного образца и даже превосходили их. Это подтверждают данные, приведенные в таблице 4. Очевидно, что текстурные характеристики десертов с используемыми полисахаридами по показателям силы адгезии, когезии и упругости лучше, чем текстурные показатели контрольного образца с желатином (сила адгезии, упругость и когезия снижаются, что придает десертам более нежную консистенцию). Это подтверждается также сенсорной оценкой образцов.

На рисунке 2 представлены разработанные образцы желированных десертов без желатина в сравнении с контрольным образцом.

Десерты с некрахмальными полисахаридами не изменяли свойства структуры в течение 48 часов при температуре 4 ± 2 °С (не наблюдал-



(а) (б) (с) (д)

Рисунок 2 – Десерты: (а) контрольный образец с желатином 3,5 %; (б) камедь бобов рожкового дерева 0,2 % : ксантановая камедь 0,8 %; (с) конжаковая камедь 0,4 % : ксантановая камедь 0,6 %; (д) йота-каррагинан 0,4 %

Figure 2 – Desserts: (a) control sample with gelatin 3.5%; (b) locust bean gum 0.2% : xanthan gum 0.8 %; (c) konjac gum 0.4% : xanthan gum 0.6%; (d) iota-carrageenan 0.4%

ся синерезис). На основании исследования микробиологических показателей и требований СанПиН 2.3.2.1324-03 установлено, что оптимальный срок годности десертов (при температуре 4 ± 2 °С) не более 24 часов.

Выводы

В ходе исследований разработаны рецептуры желированных десертов с заменой желатина на некрахмальные полисахариды. Изучены сенсорные, физико-химические и текстурные показатели желированных десертов. Полученные данные показывают, что характеристики разработанных десертов без желатина сопоставимы с характеристиками контрольного образца по показателю прочности и даже превосходят их по таким текстурным показателям, как сила адгезии, когезия, упругость.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследования поддержаны грантом Президента Российской Федерации для молодых российских ученых МД-2464.2018.8 по теме «Проектирование состава и технологий сбалансированных продуктов питания, направленных на первичную и вторичную профилактику сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений» и научного проекта на тему «Разработка десертов с пониженной калорийностью и улучшенными качественными характеристиками», реализуемого между группами ученых Саратовского государственного аграрного университета (Россия) и Мешхедского научно-исследовательского института пищевых наук и технологий (Иран).

Список литературы

1. Gelatin alternatives for the food industry / N. A. Morrison, G. Sworn, R. C. Clark [et al.] // Progress in Colloid & Polymer Science. – 1999. – Vol. 114. – P. 127–131.

2. Agoub, A. A. Effect of guar gum on “weak gel” rheology of microdispersed oxidised cellulose (MDOC) / A. A. Agoub, E. R. Morris, X. Xie // Gums and Stabilisers for the Food Industry 17: The Changing Face of Food Manufacture: The Role of Hydrocolloids / P. A. Williams, G.O. Phillips. – Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry, 2014. – P. 184–189.

3. Phillips, G. O. Handbook of hydrocolloids / G. O. Phillips, P. A. Williams. – Cambridge, UK : Woodhead Publishing Limited, 2000. – 450 p.

4. Скурихин, И. М. Химический состав российских пищевых продуктов / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

5. ГОСТ Р ИСО 21807-2015. Микробиология пищевой продукции и кормов. Определение активности воды. М. : Стандартинформ, 2016. – 14 с.

6. Фатьянов, Е. В. Разработка усовершенствованных методик определения массовой доли влаги в пищевых продуктах / Е. В. Фатьянов, А. К. Алейников, А. В. Евтеев. – Саратов : Саратовский государственный аграрный университет, 2011. – 29 с.

7. ГОСТ 26185-84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. М. : Стандартинформ, 2018. – 32 с.

8. ГОСТ 11293-89. Желатин. Технические условия. М. : Издательство стандартов, 1991. – 24 с.

9. Imeson, A. P. Carrageenan / A. P. Imeson // Handbook of hydrocolloids / G. O. Phillips, P. A. Williams. – Boca Raton, USA : CRC Press LLC, 2002. – P. 87–102.

10. Norton, I. T. Fluid gels, mixed fluid gels and satiety / I. T. Norton, W. J. Frith, S. Ablett // Food Hydrocolloids. – 2006. – Vol. 20, № 2–3. – P. 229–239. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.03.011.

11. Verbeken, D. Textural properties of gelled dairy desserts containing κ-carrageenan and starch / D. Verbeken, O. Thas, K. Dewettinck // Food Hydrocolloids. – 2004. – Vol. 18, № 5. – P. 817–833. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.12.007.

12. Rees, D. A. Structure, conformation and mechanism in the formation of polysaccharide gels and networks / D. A. Rees // Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry. – 1969. – Vol. 24. – P. 267–332. DOI: https://doi.org/10.1016/S0065-2318(08)60352-2.

13. Abbaszadeh, A. The effect of polymer fine structure on synergistic interactions of xanthan with konjac glucomannan / A. Abbaszadeh, T. J. Foster // Gums and Stabilisers for the Food Industry 16 / P. A. Williams, G. O. Phillips. – Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry, 2012. – P. 151–162.

14. Птичкин, И. И. Пищевые полисахариды: структурные уровни и функциональность / И. И. Птичкин, Н. М. Птичкина. – Саратов : Типография № 6, 2012. – 95 с.

15. Ortega, D. Dessert gels prepared from alginate and gellan gum / D. Ortega, G. R. Sanderson // Gums and Stabilisers for the Food Industry 7 / G. O. Phillips, P. A. Williams, D. J. Wedlock. – Oxford : Oxford University Press, 1994. – P. 385–392.

16. Муратова, Е. И. Реология кондитерских масс: монография / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 188 с.

References

1. Morrison NA, Sworn G, Clark RC, Chen YL, Talashek T. Gelatin alternatives for the food industry. Progress in Colloid & Polymer Science. 1999;114:127–131.

2. Agoub AA, Morris ER, Xie X. Effect of guar gum on “weak gel” rheology of microdispersed oxidised cellulose (MDOC). In: Williams PA, Phillips GO, editors. Gums and Stabilisers for the Food Industry 17: The Changing Face of Food Manufacture: The Role of Hydrocolloids. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2014. p. 184–189.

3. Phillips GO, Williams PA. Handbook of hydrocolloids. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 2000. 450 p.

4. Skurikhin IM, Tutel′yan VA. Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov [Chemical composition of Russian foodstuffs]. Moscow: DeLi Print; 2002. 236 p. (In Russ.).

5. State Standard ISO 21807-2015. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Determination of water activity. Moscow: Standartinform; 2016. 14 p.

6. Fat′yanov EV, Aleynikov AK, Evteev AV. Razrabotka usovershenstvovannykh metodik opredeleniya massovoy doli vlagi v pishchevykh produktakh [Development of improved methods for determining the mass moisture fraction in food]. Saratov: Saratov State Agrarian University; 2011. 29 p. (In Russ.).

7. State Standard 26185-84. Seaweeds, sea-grasses and its processed products. Methods of physical and chemical analysis. Moscow: Standartinform; 2018. 32 p.

8. State Standard 11293-89. Gelatin. Specifications. Standards Publishing; 1991. 24 p.

9. Imeson AP. Carrageenan. In: Phillips GO, Williams PA. Handbook of hydrocolloids. Boca Raton, USA: CRC Press LLC, 2002. p. 87–102.

10. Norton IT, Frith WJ, Ablett S. Fluid gels, mixed fluid gels and satiety. Food Hydrocolloids. 2006;20(2–3):229–239. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.03.011.

11. Verbeken D, Thas O, Dewettinck K. Textural properties of gelled dairy desserts containing κ-carrageenan and starch. Food Hydrocolloids. 2004;18(5):817–833. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.12.007.

12. Rees DA. Structure, conformation and mechanism in the formation of polysaccharide gels and networks. Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry. 1969;24:267–332. DOI: https://doi.org/10.1016/S0065-2318(08)60352-2.

13. Abbaszadeh A, Foster TJ. The effect of polymer fine structure on synergistic interactions of xanthan with konjac glucomannan. In: Williams PA, Phillips GO, editors. Gums and Stabilisers for the Food Industry 16. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2012. p. 151–162.

14. Ptichkin II, Ptichkina NM. Pishchevye polisakharidy: strukturnye urovni i funktsional′nost′ [Food polysaccharides: structural levels and functionality]. Saratov: Typography № 6; 2012. 95 p. (In Russ.).

15. Ortega D, Sanderson GR. Dessert gels prepared from alginate and gellan gum. In: Phillips GO, Williams PA, Wedlock DJ, editors. Gums and Stabilisers for the Food Industry. Oxford: Oxford University Press; 1994. p. 385–392.

16. Muratova EI, Smolikhina PM. Reologiya konditerskikh mass: monografiya [Confectionery rheology: monograph]. Tambov: Tambov State Technical University; 2013. 188 p. (In Russ.).

Неповинных Наталия Владимировна
д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: nnepovinnykh@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-2923-9202

Nataliya V. Nepovinnykh
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Food Technology, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: nnepovinnykh@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-2923-9202

Петрова Оксана Николаевна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: oksanaklukina@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-8700-9160

Oksana N. Petrova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: oksanaklukina@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-8700-9160

Белова Нина Михайловна
аспирант кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1
https://orcid.org/0000-0001-9041-1353

Nina M. Belova
Postgraduate Student of the Department of Food Technology, N.I. Vavilov Saratov, State Agrarian University, 1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia
https://orcid.org/0000-0001-9041-1353

Самира Еганехзад
д-р наук, научный исследователь отдела пищевой промышленности, Научно-исследовательский институт пищевых наук и технологий, 91895, Иран, г. Мешхед, шоссе Мешхед-Кучан, 12 км, тел.: +98-51-35425416, e-mail: yeganehzad@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0001-7467-4778

Samira Yeganehzad
Dr.Sci., Scientific Researcher of the Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology, Km 12, Mashhad-Quchan Highway, Mashhad, 91895, Iran, phone: +98-51-35425416, e-mail: yeganehzad@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0001-7467-4778

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-50-61
УДК 634.11

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Исследование компонентов, формирующих органолептические характеристики плодов и ягод

И. М. Почицкая[1], Ю. Ф. Росляков[2,*], Н. В. Комарова[1], В. Л. Рослик[1]

[1] *РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29*

[2] *ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2*

Дата поступления в редакцию: 18.02.2019
Дата принятия в печать: 29.03.2019

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

© И. М. Почицкая, Ю. Ф. Росляков, Н. В. Комарова, В. Л. Рослик, 2019

Аннотация. Представлены результаты исследования потребительских свойств 18 сортов яблок, 12 сортов груш и 6 сортов садовой земляники, произрастающих в Республике Беларусь. Целью работы являлось исследование компонентного состава яблок, груш и садовой земляники, формирующих органолептические качества, для выбора сортов с лучшими потребительскими свойствами. Установлено, что для яблок сортов «Чаровница», «Заславское», «Белорусский Синап», «Память Сикоры» и «Грушевое» был характерен гексилацетат, а сортов «Алеся», «Белана», «Красавита» – бутилбутаноат и гексилбутаноат. Во всех образцах свежих груш ароматобразующие эфиры были представлены гексилацетатом и бутилацетатом. Груши, достигшие полной спелости, содержали характерные только для груш эфиры ненасыщенных кислот, придающие характерный грушевый аромат, метил-2,4-декадиеноат и два изомера (цис-, транс-) этил-2,4-декадиеноата. Все образцы земляники садовой содержали линалоол, который придает цветочный оттенок аромата. Количество его, в зависимости от сорта, отличалось в несколько раз: от 0,4 % (сорт «Русиш») до 4,53 % (сорт «Альфа»). Сорта яблок «Память Коваленко», «Красавита» и «Дыямент» отличались высоким содержанием сахаров (более 10 %), а сорта «Чаровница», «Белана» и «Зорка» имели низкую кислотность и могут быть рекомендованы для производства соковой продукции для питания детей. Все исследованные сорта груш имели невысокое содержание сахаров (около 7 %) и органических кислот (не более 0,3 %). Это делает их так же пригодными для создания продуктов для питания детей. Среднее содержание кислот для земляники садовой составляло 9,1 г/кг. Преобладающей кислотой является лимонная, однако, белорусская клубника содержит меньше сахара, чем приведено в базах данных, – 52,5 г/кг. Высоким сахарокислотным индексом (отношение содержания сахаров к кислотам) и наиболее гармоничным вкусом обладали сорта яблок: «Белана», «Дыямент», «Зорка», «Чаровница», груш – «Памяти Яковлева». Земляника садовая имела низкое значение сахарокислотного индекса, не более 6,2. В исследуемых образцах были определены катехины, фенольные кислоты, флавонолы, антоцианины, количество которых отличалось от вида и сорта плодов и ягод. Полученные данные о компонентном составе 18 сортов яблок, 12 сортов груш и 6 сортов садовой земляники белоруской селекции могут служить маркером подлинности продукции, изготовленной из них, путем сравнения с имеющейся базой данных основных качественных показателей и компонентного состава сырья.

Ключевые слова. Яблоки, груши, земляника, сахара, органические кислоты, дескрипторы аромата

Для цитирования: Исследование компонентов, формирующих органолептические характеристики плодов и ягод / И. М. Почицкая, Ю. Ф. Росляков, Н. В. Комарова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 50–61. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-50-61.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Sensory Components of Fruits and Berries

I.M. Pochitskaya[1], Yu.F. Roslyakov[2,*], N.V. Komarova[1], V.L. Roslik[1]

[1] *The Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, 29, Kozlov Str., Minsk, 220037, Republic of Belarus*

[2] *Kuban State Technological University, 2, Moscow Str., Krasnodar, 350072, Russia*

Received: February 18, 2019
Accepted: March 29, 2019

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

© I.M. Pochitskaya, Yu.F. Roslyakov, N.V. Komarova, V.L. Roslik, 2019

Abstract. The research featured consumer properties of 18 varieties of apples, 12 varieties of pears, and 6 varieties of strawberries grown in the Republic of Belarus. The research objective was to study the sensory component composition of apples, pears, and strawberries to select varieties with the best consumer properties. Hexylacetate was detected in Charovnitsa, Zaslavskoye, Belarusian Sinap, and Pamyat Sikory apples. As for the pear varieties, Alesya, Belan, and Krasavita were found to contain butylbutanoate and hexylbutanoate. In all the samples of fresh pears, aroma-forming esters were mainly represented by hexylacetate and butyl acetate. Pears that reached full ripeness contained esters of unsaturated acids that are responsible for a characteristic pear flavor: methyl 2.4-decadienoate and two isomers of (cis-, trans-) ethyl-2.4-decadienoate. All the samples of strawberry contained linalool, which gives a floral flavor. Its quantity differed according to the variety: from 0.4% (Rusish variety) to 4.53% (Alpha variety). The apple varieties of Pamyat Kovalenko, Krasavita, and Dyayment had a high content of sugars (≥ 10%). Charovnitsa, Belana, and Zorka had a low acidity and can be recommended for the production of juice products for children. All the studied varieties of pears had a low sugar content (about 7%) and organic acids (≤ 0.3%), which also makes them suitable for children. The average acid content for strawberry was 9.1 g/kg, while the predominant acid was citric. However, Belarusian strawberries contained less sugar than stated in the databases, an average of 52.5 g/kg. Belana, Dyayment, Zorka, and Charovnitsa apples and Pamyat Yakovleva pears demonstrated a high sugar-acid index and the most harmonious taste. Garden strawberries had a low sugar-acid index value, not more than 6.2. The samples revealed various amounts of catechins, phenolic acids, flavonols, and anthocyanins. The obtained data on the component composition of 18 varieties of apples, 12 varieties of pears, and 6 varieties of garden strawberries of the B elarusian selection can serve as a marker of the authenticity of products by comparing with the existing database of basic quality indicators and the composition of raw materials.

Keywords. Apples, pears, strawberries, sugars, organic acids, aroma descriptors

For citation: Pochitskaya IM, Roslyakov YuF, Komarova NV, Roslik VL. Sensory Components of Fruits and Berries. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):50–61. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-50-61.

Введение

Продукты питания в целом и плодово-ягодное сырье в частности представляют собой сложные объекты, состоящие из большого числа различных химических компонентов как природного происхождения, так и внесенных при технологической обработке или хранении. Многие из таких компонентов формируют характерное качество этих продуктов [1, 2].

Среди ряда характеристик для оценки качества плодов и ягод наиболее важными являются те, которые отвечают за аромат и вкусовые качества. Аромат плодов и ягод зависит от содержания ароматобразующих летучих соединений. Вкусовые характеристики зависят от содержания и баланса между органическими кислотами и сахарами, которые напрямую участвуют в процессе биосинтеза различных соединений, таких как аминокислоты, витамины и терпеновые ароматобразующие летучие вещества, которые оказывают влияние на фруктовый аромат [3].

Исследования содержания сахаров и органических кислот в яблоках, грушах и землянике показали, что сахара представлены глюкозой, фруктозой, реже сахарозой, а органические кислоты – яблочной, винной, лимонной, щавелевой [4–11].

Знание химического состава плодово-ягодного сырья, выявление компонентов, формирующих органолептические характеристики, их влияние на потребительские свойства – обязательное условие создания конкурентоспособной продукции [12].

В этой связи весьма актуальным является анализ компонентов и дескрипторов, отвечающих за вкус и аромат плодов и ягод.

Целью работы являлось исследование компонентного состава яблок, груш и садовой земляники, формирующих органолептические качества для выбора сортов с лучшими потребительскими свойствами.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись: яблоки 18 сортов («Спартан», «Антоновка», «Память Сикоры», «Белорусский Синап», «Поспех», «Имант», «Заславское», «Чаровница», «Весялина», «Алеся», «Память Коваленко», «Белорусское малиновое», «Зорка», «Сакавита», «Красавита», «Новавита», «Дыямент», «Белана»), груши 12 сортов («Пеппи», «Просто Мария», «Москвичка», «Памяти Яковлева», «Десертная россошанская», «Белорусская поздняя», «Памяти Мичурина», «Памяти Жегалова», «Высоцкого», «Золотоворотская», «Выставочная», «Конференция»), ягоды земляники садовой 6 сортов («Дукат», «Альфа», «Красный берег», «Вима Занта», «Зенга-Зенгана», «Кокинская ранняя»), районированных в Республике Беларусь.

Для установления химических соединений, формирующих аромат фруктов и ягод, осуществляли разделение летучих компонентов методом газовой хроматографии на капиллярной колонке «HP-5MS» длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм, толщиной пленки неподвижной фазы 0,25 мкм. Идентификацию проводили масс-селективным детектором «Agilent 5975B (VL MSD)» в комплекте с хроматографом «Agilent Technologies 6850 Series II» по ионному составу. Условия хроматографического анализа устанавливали следующие: начальная температура колонки 40 °C (2 мин); нагревание колонки со скоростью 10 °C/мин до температуры 240 °C; выдержка 8 мин; температура инжектора 250 °C; температура детектора 280 °C; скорость потока газа-носителя (гелий) – 0,5 см^3/мин. Количественный состав летучих компонентов рассчитывали методом внутренней нормализации площадей пиков, основанным на предположении, что отношение площади пика на хроматограмме данного вещества к сумме площадей всех пиков, умноженное на 100, дает содержание каждого из присутствующих в пробе веществ.

С применением метода ВЭЖХ был определен кислотный и углеводный составы. Для количе-

Таблица 1 – Компонентный состав аромата яблок (относительное содержание компонентов, %)

Table 1 – Component composition of apple flavor (relative content of the components, %)

Наименование ароматобразующего соединения	Сорт яблок								
	«Бела-на»	«Чаров-ница»	«Але-ся»	«Краса-вита»	«Заслав-ское»	«Белорус-ский синап»	«Память Сикоры»	«Память Коваленко»	«Сака-вита»
Этилбутаноат	–	–	0,7	0,1	1,5	0,8	1,5	2,8	0,4
Бутилацетат	–	2,6	–	–	5,5	3,8	5,5	–	29,9
1-Гексанол	11,8	0,4	1,9	6,4	0,4	1,6	1,0	–	–
i-амилацетат	0,50	1,0	–	–	1,2	1,3	1,6	38,7	4,5
i-бутилбутаноат	–	–	1,0	0,3	0,2	0,2	–	–	10,0
Бутилбутаноат	0,20	0,5	3,4	5,5	0,7	2,0	0,9	3,0	–
Гексилацетат	0,07	13,6	–	–	24,3	23,8	23,3	1,3	–
Лимонен	0,09	–	–	–	–	–	–	12,1	–
i-амилбутаноат	0,07	–	0,4	0,6	0,2	0,1	0,1	–	3,1
Октанол	–	–	–	–	–	0,1	–	–	48,9
Гексилпропионат	0,46		0,5	0,2	0,4	0,2	0,1	1,5	0,5
Метилоктаноат	–	–	–	–	0,2	0	0	5,6	0,5
2-метилгексил пропионат	0,67	–	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	–
Гексилбутаноат	5,42	3,0	11,5	–	8,5	20,1	10,9	–	–
Этилоктаноат	–	–	–	26,2	0,5	–	–	28,5	0,8
Эстрагол	0,72	0,3	0,2	0,2	0,8	0,5	0,6	0,2	0,2
2-метилгексил бутаноат	4,49	0,9	11,2	4,8	3,7	1,7	3,6	0,7	0,1
Бутилгексаноат	0,16	–	0,7	0,4	0,1	0,2	0,2	2,2	0,3
Гексилгексаноат	3,19	2,4	10,4	8,8	1,8	8,1	8,6	2,3	0,7
α-фарнезен	69,7	73,7	56,8	45,1	48,4	34,2	40,1	1,2	0,2
Дендроласин	1,53	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	1,1	0,2	0,1

ственного определения содержания органических кислот использовался ВЭЖХ метод с УФ-детектированием на длине волны 215 нм на приборе Agilent Technology с применением колонки С18 согласно МВИ. МН 2843-2008 [13].

Содержание углеводов (сахарозы, глюкозы и фруктозы) в образцах определяли также методом ВЭЖХ на приборе Agilent Technology с рефрактометрическим детектором и колонкой «Zorbax-NH2», заполненной силикагелем с привитым аминопропилсилановым слоем. Подробный алгоритм определения приведен в МВИ. МН 2842-2008 [14].

Содержание антоцианинов определяли методом ВЭЖХ с использованием диодно-матричного детектора по ГОСТ 32709-2014 [15]. Дополнительную идентификацию осуществляли по ионному составу с использованием масс-селективного детектора типа «ионная ловушка».

Фенольные вещества анализировали методом жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием при длине волны 280 нм. Для разделения компонентов применялась колонка Phenomenex Prodigy 5u ODS(3), 100 A, 250×4,6 мм с предколонкой ODS (Phenomenex, Torrance, CA). Мобильная фаза состояла из двух элюентов: А–0,05 м фосфат калия, pH 3.00 и В–70 % ацетонитрил + 30 % элюента А, скорость потока мобильной фазы была установлена 1,0 см^3/мин. Для эффективного разделения использовалась градиентная программа: 100 % элюента А в течение 3 мин, далее: 6 минут (96 % А и 4 % В), 15 мин (90 % А и 10 % В), 30 минут (85 % А и 15 % В), 35 минут (80 % А и 20 % В), 50 минут (77 % А и 23 % В), 60 мин (75 % А и 25 % В), 66 мин (70 % А и 30 % В), 83 мин (20 % А и 80 % В), и 85 мин (100 % А) с дополнительным временем 15 мин установки стабильности потока. Данные регистрировались обычно около 80 мин, хроматографирование выполнялось при комнатной температуре. Объем инжектирования составил 0,02 см^3. Для количественного определения использовался метод абсолютной градуировки по стандартным растворам определяемых веществ (гидроксиметилфуральдегида (HMF), арбутина, галловой кислоты, хлорогенной кислоты, катехина, кофейной кислоты, эпикатехина, п-кумаровой кислоты, феруловой кислоты, рутина и флоридзина) в смеси вода/метанол 50/50.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования состава летучих компонентов яблок позволили идентифицировать и оценить относительное содержание летучих компонентов, выявить компоненты, типичные для данного вида сырья и отличительные особенности, характерные для отдельных сортов яблок. Установлено, что основную часть летучих соединений яблок составляют сложные эфиры и альдегиды. Так, аромат свежих яблок обусловлен 9 сложными эфирами (бутилгексаноат, изо-амилбутаноат, гексилгексаноат, этилбутаноат, бутилбутаноат, гексилбутаноат, гексилилацетат, изоамил-ацетат и 2-метилгексилбутаноат). Во всех сортах яблок было обнаружено высокое содержание таких эфиров как гексилгексаноат, бутилбутаноат, гексилбутаноат, гексилацетат

Таблица 2 – Компонентный состав аромата груш (относительное содержание компонентов, %)

Table 2 – Component composition of pear flavor (relative content of the components, %)

Наименование ароматобразующего соединения	Сорт груш						
	«Память Мичурина»	«Белорусская поздняя»	«Выставочная»	«Пеппи»	«Память Яковлева»	«Память Жегалова»	«Конференция»
Гексаналь	–	36,1	61,8	52,7	1,2	1,9	–
Бутилацетат	15,3	19,2	4,3	5,7	11,2	14,6	40,3
1-Hexanol	–	–	2,2	10,3	–	0,1	–
Этилгексаноат	1,0	6,6	0,8	1,1	–	–	0,2
Гексилацетат	67,7	12,2	32,1	30,6	87,6	83,4	24,1
Этилоктаноат	0,6	–	–	–	–	–	–
Метил-2,4-декадиеноат	1,6	1,4	–	–	–	–	1,0
Этил-2,4-декадиеноат	12,3	21,4	0,4	–	–	–	1,1
Этил-2,4-декадиеноат	0,6	2,9	0,3	–	–	–	–
α-фарнезен	–	–	–	–	–	–	29,2

и 2-метилгексилбутаноат. Установлена зависимость относительного содержания этих компонентов от сорта яблок. Так, в аромате яблок сортов «Чаровница», «Заславское», «Белорусский Синап», «Память Сикоры» и «Грушевое» преобладает гексилацетат, а для яблок сортов «Алеся», «Белана», «Красавита» аромат обусловлен другими эфирами: бутилбутаноат, гексилбутаноат. Среди неэфирных компонентов во всех яблоках присутствуют углеводород фарнезен (в кожице яблок), эстрагол (табл. 1).

В таблице 2 представлены результаты определения состава ароматобразующих соединений груш белорусской селекции. Ароматобразующие эфиры в образцах свежих груш представлены гексилацетатом и бутилацетатом. В некоторых образцах присутствовали также углеводород фарнезен, альдегид гексаналь и спирт гексанол. Груши, подвергнутые дозреванию, содержали характерные только для груш эфиры ненасыщенных кислот – метил-2,4-декадиеноат и два изомера (цис-, транс-) этил-2,4-декадиеноата. Это придает грушам и продукции из них характерный грушевый аромат. Недозревшие груши такие компоненты не содержат, что представляет сложность в идентификации соковой продукции из них.

Одними из компонентов, определяющих запах садовой земляники, являются фуранеол и мезифу-

Таблица 3 – Компонентный состав аромата садовой земляники (относительное содержание компонентов, %)

Table 3 – Component composition of garden strawberry flavor (relative content of the components, %)

Наименование ароматобразующего соединения	Сорт садовой земляники						
	«Дукан»	«Кокинская»	«Красный берег»	«Зенга-Зенгана»	«Вима Занта»	«Кимберли»	«Деснянка»
Этилбутаноат	35,0	42,5	20,6	23,3	16,9	27,5	27,9
Этил-изоамилат	6,6	6,0	0,3	–	4,7	5,2	0,8
Метилгексаноат	0,6	–	2,1	0,9	3,3	1,4	1,7
Этилгексаноат	27,0	25,9	42,6	58,4	53,4	29,5	39,5
Гексилацетат	7,0	3,5	6,7	6,3	4,0	5,0	3,0
2-гексенилацетат	17,0	8,4	21,1	2,0	11,1	21,6	20,1
Мезифуран	0,94	1,43	0,31	1,4	0,54	–	–
Линалоол	0,7	0,48	1,3	1,1	0,6	2,12	2,35
Фенилметил-ацетат	–	–	0,22	0,2	–	0,33	–
Этилбензоат	0,36	–	–	0,12	–	–	–
Гексилбутаноат	–	–	0,17	0,66	–	0,20	–
Этилоктаноат	0.6	0,4	1,21	1,6	1,31	0,95	0,9
2-гидроксиметил бензоат	–	–	–	0,9	–	–	–
1-метилгексил бутаноат	–	–	–	0,92	–	–	–
Тетрацикло[3.3.1.0(2,8).0(4,6)]-нон-2-ен	–	–	–	1,7	–	–	–
Гексилгексаноат	–	–	–	0,4	–	–	–
Этилдеканоат	–	–	0,22	–	–	–	–
Ундекан	0,44	–	0,42	–	–	0,47	0,6
Этил 3-фенил-2-пропеноат	–	–	–	0,41	–	–	–
γ-декалактон	–	–	–	–	1,28	–	–
Тетрадекан	0,5	0,33	–	–	–	–	–
Неролидол	–	0,4	0,54	0,41	–	–	0,83
Гексадекан	–	–	0,31	–	0,65	–	0,87

Таблица 4 – Содержание органических кислот и сахаров в яблоках различных сортов

Table 4 – Content of organic acids and sugars in apples of various varieties

Наименование сорта яблок	Массовая концентрация кислот, г/кг						Массовая концентрация сахаров, г/кг		
	щавелевой	винной	яблочной	уксусной	лимонной	янтарной	фруктозы	глюкозы	сахарозы
«Память Сикоры»	0,17	0,043	8,00	–	0,09	0,059	51,1	14,0	14,6
«Белорусский синап»	0,17	0,033	8,98	–	0,11	0,084	52,3	7,8	14,1
«Поспех»	0,14	0,045	8,74	–	0,08	0,077	39,7	8,6	26,2
«Имант»	0,19	0,068	7,39	–	0,13	0,100	59,3	11,9	20,6
«Заславское»	0,22	0,190	10,09	–	0,14	0,082	59,3	11,1	17,9
«Чаровница»	0,21	0,067	4,25	–	0,06	0,046	54,1	10,0	20,4
«Веселина»	0,19	0,100	7,06	–	0,09	0,070	53,3	9,6	17,8
«Алеся»	0,17	0,047	7,61	–	0,12	0,094	44,7	10,3	24,5
«Память Коваленко»	0,18	0,090	7,31	–	0,06	0,041	56,5	8,7	37,1
«Белорусское малиновое»	0,22	0,079	6,96	–	0,13	0,084	62,3	13,4	23,2
«Зорка»	0,20	0,050	4,96	0,05	0,20	0,140	44,7	10,3	24,5
«Сакавита»	0,15	0,027	10,47	0,13	0,10	0,150	44,9	0	34,5
«Красавита»	0,18	0,070	7,69	2,37	0,15	0,270	57,9	4,7	45,0
«Новавита»	0,17	0,210	8,19	–	0,11	0,150	33,3	3,5	28,1
«Дыямент»	0,21	0,017	7,21	0,05	0,10	0,100	66,0	14,9	32,6
«Белана»	0,22	0,054	4,70	0,07	0,27	0,110	71,8	24,7	2,2

ран. Во всех образцах земляники садовой обнаружен линалоол, количество которого для разных сортов несколько различается: от 0,4 % (сорт «Русиш») до 4,53 % (сорт «Альфа»), который придает земляни-ке цветочный оттенок запаха. Органолептическая оценка запаха земляники показала, что ягоды имеют запах, напоминающий запах лесной земляники (табл. 3).

Кислый вкус фруктов и ягод обусловлен содержанием органических кислот, сладкий зависит от содержания низкомолекулярных углеводов, терпкость создают танины и/или их низкомолекулярные формы – катехины и флавонолы. Среди кислот в растительном сырье наибольшее влияние на вкус оказывают три оксикарбоновые кислоты – яблочная, винная и лимонная. В процессе переработки и хранения могут появляться в продукции уксусная и молочная кислоты [16]. Сладость определяют, в основном, углеводы — обширный класс органических соединений с сильно различающимися свойствами. Соединения этого класса составляют около 80 % сухой массы растений и около 10 % фруктово-ягодных соков. Среди углеводов решающими вкусовыми свойствами обладают моносахариды (глюкоза и фруктоза) и дисахарид – сахароза. Причем, эти соединения вносят различный вклад в создание ощущения сладости. Если принять сладость сахарозы равной 100 %, то сладость глюкозы равна 74 %, сладость фруктозы – 173 % [17].

Таким образом, учитывая содержание основных кислот и сахаров в фруктово-ягодной продукции, можно предсказывать основные вкусовые свойства такой продукции. Полученные результаты исследования фруктово-ягодного сырья по содержанию кислот и сахаров приведены в таблицах 4–6.

Результаты исследования (табл. 4) позволили установить сорта яблок белорусской селекции с высоким содержанием сахаров: «Память Коваленко», «Красавита» и «Дыямент». Данные сорта способны

Таблица 5 – Содержание органических кислот и сахаров в грушах различных сортов

Table 5 – Content of organic acids and sugars in various pear varieties

Наименование сорта груш	Массовая концентрация кислот, г/кг						Массовая концентрация сахаров, г/кг		
	щавелевой	винной	яблочной	уксусной	лимонной	янтарной	фруктозы	глюкозы	сахарозы
«Памяти Яковлева»	0,15	0,310	2,17	–	0,25	0,076	34,1	12,1	28,6
«Десертная россошанская»	0,06	–	0,32	–	0,58	0,028	47,8	9,1	24,5
«Белорусская поздняя»	0,07	0,022	0,55	–	0,43	0,037	19,63	10,79	13,14
«Пеппи»	0,19	0,110	0,99	–	0,22	0,095	38,7	12,9	13,1
«Просто Мария»	0,10	0,092	0,30	–	0,23	0,041	45,4	7,6	18,8
«Памяти Мичурина»	0,22	0,062	1,46	0,068	0,36	0,083	52,2	2,48	13,6
«Высоцкого»	0,18	0,023	0,80	0,073	0,18	0,093	41,52	3,85	12,63
«Золотоворотская»	0,20	0,220	3,12	0,064	2,82	0,069	63,59	16,6	3,78
«Память Жегалова»	0,18	0,065	2,08	0,068	0,23	1,31	44,2	3,03	7,6
«Выставочная»	0,22	0,052	0,97	0,050	0,22	0,095	73,27	11,08	3,54

Таблица 6 – Содержание органических кислот и сахаров в землянике садовой различных сортов

Table 6 – Content of organic acids and sugars in different strawberry varieties

Наименование сорта земляники садовой	Массовая концентрация кислот, г/кг					Массовая концентрация сахаров, г/кг		
	щавелевой	винной	яблочной	уксусной	лимонной	глюкозы	фруктозы	сахарозы
«Дукат»	0,20	0,05	1,70	0,11	5,46	5,02	45,16	3,12
«Альфа»	0,10	0,02	6,21	–	6,64	15,49	30,65	10,82
«Красный берег»	0,27	–	4,07	–	4,79	15,56	33,68	4,54
«Вими Занга»	0,36	0,04	2,24	0,11	6,06	15,92	32,47	9,71
«Зенга-Зенгана»	0,41	0,04	4,87	0,34	5,52	13,83	28,45	7,03
«Кокинская ранняя»	0,35	0,05	1,18	0,16	3,32	13,28	27,66	2,88

накапливать более 10 % сахаров даже в нестабильных погодных условиях умеренно-континентального климата со средней летней температурой, не превышающей 18 °С. Сорта яблок «Чаровница», «Белана» и «Зорка» обладают низкой кислотностью и могут быть рекомендованы в качестве сырья для производства соковой продукции для питания детей. Особое внимание заслуживает сорт яблок «Красавита», содержащий максимальную концентрацию янтарной кислоты 0,27 г/кг. Это в 3 раза превышает среднестатистическое содержание в белорусских яблоках.

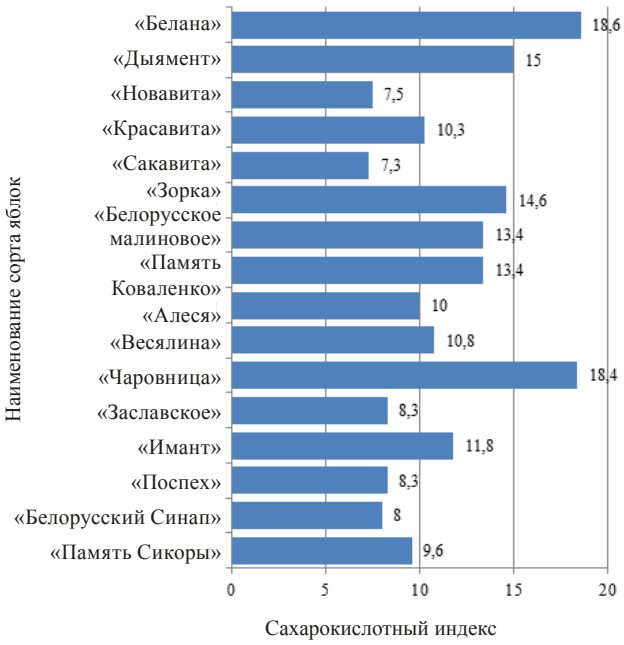
Анализ содержания органических кислот и сахаров (табл. 5) в различных сортах груш показал, что все исследованные сорта груш отличаются не высоким содержанием сахаров (в среднем, не более 7 %) и низкой концентрацией органических кислот (в среднем, по сортам, не более 0,3 %). Это делает их благоприятным сырьем для создания продуктов для питания детей. Установлено, что в грушах сорта «Десертная россошанская» преобладающей кислотой является лимонная, в отличие от остальных исследуемых сортов, в которых преобладает яблочная кислота.

Так, среднее содержание кислот для земляники садовой составляет 9,1 г/кг, преобладающей кислотой является лимонная. Среднее содержание сахаров – 52,5 г/кг. Установлено, что белорусская клубника содержит меньше сахара, чем приведено в базах данных.

Вкус фруктов во многом определяется отношением сахара к кислоте. По содержанию кислоты сорта могут различаться в 10 и более раз. В связи с этим именно содержание кислоты в плодах в большой степени определяет сахарокислотный индекс и вкус плодов. Наибольшую гармоничность вкуса имеют, как правило, плоды при сахарокислотном индексе равном 15–25 (рис. 1, 2).

Наиболее гармоничным вкусом обладают сорта яблок – «Белана», «Дыямент», «Зорка», «Чаровница», груш – «Памяти Яковлева». Земляника садовая белорусской селекции, к сожалению, отличается низким значением сахаро-кислотного индекса, не превышающего значение 6,2.

Большое влияние на вкусовые качества фруктово-ягодной продукции играют катехины, которые являются представителями группы олигомерных и полимерных соединений – танинов придающих терпкость. Преобладающими соединениями во всех



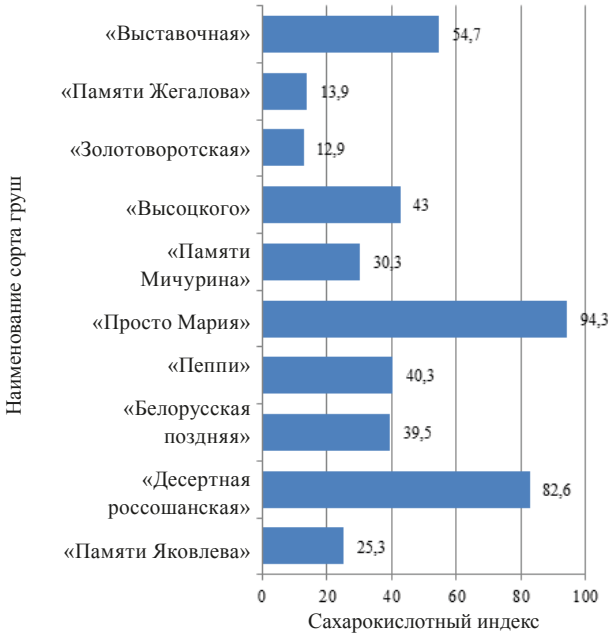


Рисунок 1 – Сахарокислотный индекс яблок и груш различных сортов

Figure 1 – Sugar acid index in various varieties of apples and pears

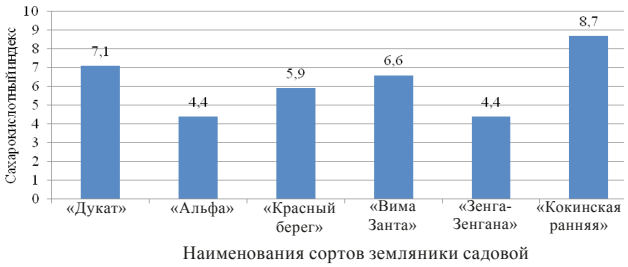


Рисунок 2 – Сахарокислотный индекс земляники садовой различных сортов

Figure 2 – Sugar acid index in different strawberry varieties

образцах фруктов и ягод являются катехин и эпикатехин [18–20].

Ощущение терпкости усиливается кислотностью и смягчается сладостью. Поэтому количественная оценка содержания катехинов представляет возможность оценивать такую составляющую вкуса продукции, как ее терпкость. Результаты содержания катехинов в свежих яблоках и грушах различных сортов белорусской селекции представлены в таблице 7.

В целом, катехины являются наиболее представительной группой полифенольных соединений. Преобладающими соединениями во всех образцах фруктов и ягод являются катехин и эпикатехин. В яблоках отмечено значительное количество катехинов, примерно 2 и 6 мг/100г соответственно катехина и эпикатехина.

Катехины содержатся не только в кожице плодов, но и в мякоти, что отличает эту группу полифенольных соединений от других флаваноидов, содержащихся во внешней оболочке. Поэтому в соковой и винодельческой продукции содержание этих соединений примерно такое же, как и в экстрактах соответствующих фруктов и ягод. Эти соединения могут быть использованы как маркеры качества продукции. Высокое содержание катехинов коррелирует с содержанием танинов и соответственно с вяжущим вкусом фруктов и ягод.

Кроме кислотно-сахарного состава и количественного содержания катехинов, на органолептические свойства соковой и винодельческой продукции большое влияние оказывает содержание в ней таких классов соединений, как фенольные кислоты, флаванолы и антоцианины. Соединения этих классов в натуральных продуктах (фруктово-ягодном сырье и свежеприготовленных соках) существуют в химически связанной форме с различными сахарными остатками (моно-, ди- и полисахаридами), благодаря чему, в не переработанных продуктах, существует большое многообразие их форм (табл. 8).

Таблица 7 – Содержание катехинов в яблоках и грушах различных сортов

Table 7 – Content of catechins in various varieties of apples and pears

Наименование сорта	Содержание катехинов, мг/100г				
	Галлокатехин	Катехин	Эпикатехин	Эпигаллокатехин галлат	Эпикатехин галлат
Груши					
«Памяти Яковлева»	–	0,02	0,12	–	–
«Десертная россошанская»	0,04	0	0,01	–	–
«Белорусская поздняя»	0,04	0,01	0,01	–	–
«Пеппи»	–	0,02	0,02	0,08	–
«Просто Мария»	–	0,02	0,06	–	–
«Памяти Мичурина»	–	0,03	0,1	–	–
«Высоцкого»	–	0,02	0,02	–	–
«Золотоворотская»	0,04	0,05	0,34	–	–
«Памяти Жегалова»	–	0,05	0,5	–	–
«Выставочная»	–	0,01	0,01		0,06
Яблоки					
«Память Сикоры»	0,03	0,42	1,28	–	–
«Белорусский Синап»	0,04	0,32	1,75	–	–
«Поспех»	0,04	0,65	1,97	0,06	–
«Имант»	0,04	1,32	2,51	–	–
«Заславское»	0,03	1,55	2,05	–	0,05
«Чаровница»	0,04	1,24	0,85	0,08	–
«Веселина»	0,04	1,13	2,30	0,09	0,06
«Алеся»	0,03	0,88	2,15	–	0,05
«Память Коваленко»	0,04	0,77	1,72	–	–
«Белорусское малиновое»	–	1,24	2,15	–	0,06
«Зорка»	0,02	0,44	0,79	–	–
«Сакавита»	–	0,91	2,96	–	–
«Красавита»	0,04	0,62	2,56	–	–
«Новавита»	–	1,12	1,51	0,04	0,06
«Дыямент»	–	0,55	3,67	–	–
«Белана»	–	0,47	1,95	–	–

Таблица 8 – Полифенольный состав плодов яблок различных сортов

Table 8 – Polyphenolic composition of various apple varieties

Молекулярный ион в МС спектре mz	Содержание в мг/100г				Предполагаемые соединения
	сорт Новавита	сорт Дыямент	сорт Сакавита	сорт Белана	
865	–	–	–	–	ПроантоцианидинС1
577	12,4	1,14	10,13	5,34	Проантоцианидин В1
865	–	–	–	–	Проантоцианидин С2
577	37,1	7,89	31,04	20,46	Проантоцианидин В2
577	6,64	0,85	3,74	–	Проантоцианидин В3
577	3,3	0,69	4,74	–	Проантоцианидин В4
289	3,27	0,35	2,98	0,67	Катехин
325	1,22	1,2	0,6	0,6	Кофеил-глюкозид
353	18,2	5,79	15,77	12,8	5-Кофеилхинная к-та
865	–	–	–	–	Проантоцианидин С3
289	10,4	3,23	–	4,48	Эпикатехин
337	9,75	0,42	5,01	0,62	Кумароилхинная к-та
337	0,61	0,25	0,4	0,22	Кумароилхинная к-та
483	–	–	3,21	0,5	Производное галлокатехина
567	18,1	3,66	13,47	38,12	Флоретин-глюкоарабинозид
463	–	0,4	0,3	4,1	Кверцетин-3-галактозид
481, 435	5,9	1,76	3,9	15,2	Флоретин-глюкозид (аддукт с НСООН)
463	0,53	0,04	0,09		Кверцетин-3-глюкозид
433	0,13	0,04	0,08	0,29	Кверцетин-3-арабинозид
433	0,25	0,04	0,18	0,49	Кверцетин-3-ксилозид
447	1,42	0,24	0,86	1,33	Кверцетин-3-рамнозид
429	1,22	–	0,04	0,7	Не идентифицировано

Анализ хроматограмм экстрактов разных сортов яблок свидетельствует о том, что имеется определенная зависимость относительных содержаний полифенольных соединений от сортовой принадлежности (табл. 8). Хлорогенные кислоты во всех образцах составляют от 72 до 82 % от суммы всех пиков, которые придают обычно вяжущий вкус фруктам и продукции из них. Гликозиды флавонолов составляют небольшую часть. Однако соотношение разных гликозидов является примерно постоянным и может быть использовано как критерий подлинности яблочной продукции.

Яблоки сортов «Белана» и «Новавита» отличаются от других сортов повышенным содержанием производного флоретина – предположительно флоретин-глюкоарабинозида.

В таблице 9 представлены результаты идентификации и оценки содержания основных компонентов, обнаруженных в свежих грушах. Большинство идентифицированных компонентов относятся к четырем группам соединений: флаванолам, гликозидам фенольных кислот, хлорогенным кислотам и гли-

Таблица 9 – Компонентный состав плодов груш различных сортов

Table 9 – Component composition of various pear varieties

Молекулярный ион в МС спектре mz	Содержание в мг/100г					Предполагаемые соединения
	«Выставочная»	«Белорусская поздняя»	«Десертная россошанская»	«Золотово-роцкого»	«Высоцкого»	
359	0,8	0,7	0,2	–	0,3	Гликозид сиреневой кислоты
371	0,5	0,3	0,8	0,3	0,8	Гликозид п-кумаровой кислоты
577	1,5	–	–	1,2	–	Проантоцианидин В2
515	0,06	0,2	0,14	0,07	0,15	Дикофеоилхинная кислота
353	2,1	6,0	3,7	11,2	10,3	5-кофеилхинная кислота
353	0,1	0,18	0,02	0,08	0,06	4-кофеилхинная кислота
337	0,13	0,07	0,01	0,25	0,09	п-кумароилхинная кислота
337	0,11	0,12	0,13	0,1	0,2	п-кумароилхинная кислота
359	0,1	0,1	0,04	0,02	–	Гликозид сиреневой кислоты
609	0,13	0,5	0,27	0,83	0,43	Рутин
549	0,04	0,1	0,15	1,02	0,4	Ацетат кверцетин
623	0,61	0,2	0,32	0,22	0,33	Изорамнезид-рутинозида
623	0,38	0,24	0,24	0,11	–	Изорамнезид-рутинозида

Таблица 10 – Полифенольный состав ягод садовой земляники различных сортов

Table 10 – Polyphenolic composition of various strawberry varieties

Молекулярный ион в МС спектре mz	Содержание в мг/100г						Предполагаемые соединения
	«Дукат»	«Альфа»	«Красный берег»	«Вими Занга»	«Зенга-Зенгана»	«Кокинская ранняя»	
433	22,7	17,2	19,6	20,4	19,4	15,8	Пеларгонидин-3-глюкозид
579	–	–	0,2	0,4	0,3	0,4	Пеларгонидин-3-рутинозид
495	12,6	2,3	11,6	10,4	11,5	2,1	Цианидин-3-глюкозид
	2,2	1,6	2,3	1,9	2,0	1,3	Пеонидин-глюкозид
	1,9	2,0	2,1	2,3	1,8	1,6	Мальвидин-3-арабинозид

козидам флавонолов. К флаванолам относится проантоцианин В2 и катехины.

Из фенольных кислот найдены глюкозиды сиреневой и п-кумаровой кислот, последняя образует комплекс с муравьиной кислотой. Свободных фенольных кислот не обнаружено. Наиболее многочисленную группу составляют хлорогенные кислоты, которые являются простейшими представителями полимерных соединений – лигнинов. К хлорогенным кислотам относятся 5-кофеилхинная кислота, 4-кофеилхинная кислота, два изомера п-кумароилхинной кислоты и дикофеоилхинная кислота. Из хлорогенных кислот в наибольшем количестве содержится 5-кофеоилхинная кислота в грушах сорта «Золотовороцкая» (11,2 мг/100 г). Из флавонолов обнаружены 4 соединения, рутин, ацетат кверцетин – глюкозида и два изомера изорамнезид-рутинозида. Количество флавонольных глюкозидов – менее 1 мг/100 г. Однако эти соединения могут использоваться как характеристические признаки грушевого сока.

В землянике садовой разных сортов были идентифицированы пеларгонидин-3-глюкозид и пеларгонидин-3-рутинозид, а также обнаружены еще пики трех производных пеларгонидина (табл. 10). Все образцы в качестве характеристического содержали пеларгонидин-3-глюкозид в наибольшем количестве.

Выводы

Таким образом, было установлено:

1. Аромат свежих плодов и ягод обусловлен сложными эфирами и альдегидами. Все исследованные сорта содержали большое количество таких эфиров как гексилгексаноат, бутилбутаноат, гексилбутаноат, гексилацетат и 2-метилгексилбутаноат. При этом в аромате яблок сортов «Чаровница», «Заславское», «Белорусский Синап», «Память Сикоры» и «Грушевое» преобладает гексилацетат, а для яблок сортов «Алеся», «Белана», «Красавита» аромат обусловлен такими эфирами как бутилбутаноат, гексилбутаноат.

В образцах свежих груш ароматобразующие эфиры были представлены в основном гексилацетатом и бутилацетатом. Груши, подвергнутые дозреванию, содержали характерные только для груш эфиры ненасыщенных кислот, придающие характерный грушевый аромат – метил-2,4-декадиеноат и два изомера (цис-, транс-) этил-2,4-декадиеноата.

Все образцы земляники садовой содержали линалоол, который придает цветочный оттенок аромата. Его количество, в зависимости от сорта, отличалось в несколько раз: от 0,4 % (сорт «Русиш») до 4,53 % (сорт «Альфа»).

2. Сорта яблок «Память Коваленко», «Красавита» и «Дыямент» отличались высоким содержанием сахаров (более 10 %). Низкая кислотность установлена в сортах яблок «Чаровница», «Белана» и «Зорка», поэтому они могут быть рекомендованы для производства соковой продукции для питания детей.

Все исследованные сорта груш отличались содержанием сахаров (около 7 %) и низкой концентрацией органических кислот (не более 0,3 %). Это делает их пригодными для создания продуктов для питания детей.

Среднее содержание кислот для земляники садовой составляло 9,1 г/кг, при этом преобладающей кислотой является лимонная. Установлено, что белорусская клубника содержит меньше сахара, чем приведено в базах данных, – 52,5 г/кг.

3. Важной характеристикой вкуса плодов и ягод является сахарокислотный индекс (отношение содержания сахаров к кислотам). Наибольшую гармоничность вкуса имеют плоды при сахарокислотном индексе равном 15–25.

Наиболее гармоничным вкусом обладали сорта яблок: «Белана», «Дыямент», «Зорка», «Чаровница» и груш – «Памяти Яковлева». Земляника садовая белорусской селекции, к сожалению, отличается низким значением сахарокислотного индекса, не превышающий 6,2.

4. На вкусовые качества фруктово-ягодной продукции большое влияние оказывают танины, придающие терпкость. При этом преобладающими соединениями во всех образцах фруктов и ягод являются катехин и эпикатехин. Ощущение терпкости усиливается кислотностью и смягчается сладостью. Поэтому количественная оценка содержания катехинов представляет возможность оценивать такую составляющую вкуса продукции, как ее терпкость.

Установлена определенная зависимость относительных содержаний полифенольных соединений от сортовой принадлежности. Хлорогенные кислоты во всех образцах составляли от 72 до 82 % от суммы всех полифенолов, которые придавали вяжущий вкус фруктам. Отмеченное небольшое содержание гликозидов флавонолов. Однако соотношение различных гликозидов является примерно постоянным

и может быть использовано как критерий подлинности яблочной продукции.

В образцах свежих груш основные компоненты полифенолов относятся к четырем группам соединений: флаванолам, гликозидам фенольных кислот, хлорогенным кислотам и гликозидам флавонолов. К флаванолам относится проантоцианин B_2 и катехины. Из хлорогенных кислот в наибольшем количестве содержится 5-кофеоилхинная кислота в грушах сорта «Золотовороцкая» (11,2 мг/100 г). Из флавонолов обнаружены 4 соединения: рутин (Que-rut), ацетат кверцетин – глюкозида (Que-gluAc) и два изомера изорамнезид-рутинозида (Iram-rut). Количество флавонольных глюкозидов – менее 1 мг/100 г, однако, эти соединения могут использоваться как характеристические признаки грушевого сока.

В землянике садовой разных сортов были идентифицированы пеларгонидин-3-глюкозид и пеларгонидин-3-рутинозид, цианидин-3-глюкозид, пеонидин-глюкозид, мальвидин-3-арабинозид. Все образцы садовой земляники в наибольшем количествео содержали пеларгонидин-3-глюкозид.

Получены современные данные о компонентном составе 18 сортов яблок, 12 сортов груш и 6 сортов садовой земляники белоруской селекции, которые могут служить маркером подлинности, полученной из них, продукции, позволяющим проводить идентификацию готовой продукции путем сравнения с имеющейся базой данных основных качественных показателей и компонентного состава сырья.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Список литературы

1. Росляков, Ю. Ф. Теоретические основы формирования вкусовых ощущений при употреблении пищевых продуктов / Ю. Ф. Росляков, И. М. Почицкая, В. В. Литвяк // Известия ВУЗОВ. Пищевая технология. – 2016. – Т. 352, № 4. – С. 109–115.

2. Жаркова, И. М. Исследование запаха хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки, приготовленного на разных закваскаx и подкислителе / И. М. Жаркова, Т. А. Кучменко, Ю. Ф. Росляков // Хлебопродукты. – 2015. – № 8. – С. 47–49.

3. Putting primary metabolism into perspective to obtain better fruits / B. Beauvoit, I. Belouah, N. Bertin [et al.] // Annals of Botany. – 2018. – Vol. 122, № 4. – P. 1–21. DOI: https://doi.org/10.1093/aob/mcy057.

4. Sweet taste in apple: the role of sorbitol, individual sugars, organic acids and volatile compounds / E. Aprea, M. Charles, I. Endrizzi [et al.] // Journal of Hygienic Engineering and Design. – 2017. – Vol. 7. DOI: https://doi.org/10.1038/srep44950.

5. Variation in Organic Acid, Sugar and Phenolic Compounds in Fruits of Historical Apple Cultivars / F. Celik, M. Gundogdu, S. Ercisli [et al.] // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2018. – Vol. 46, № 2. – P. 622–629. DOI: https://doi.org/10.15835/nbha46211160.

6. Determination of Predominant Organic Acid Components in *Malus* Species: Correlation with Apple Domestication / B. Ma, Y. Yuan, M. Gao [et al.] // Metabolites. – 2018. – Vol. 8, № 4. DOI: https://doi.org/10.3390/metabo8040074.

7. Characteristics of organic acids in the fruit of different pear species // S. Sha, J. Li, J. Wu [et al.] // African Journal of Agricultural Research. – 2011. – Vol. 6, № 10. – P. 2403–2410.

8. Phenolic compounds profile, carbohydrates and external fruit quality of the 'Concorde' pear (*Pyrus communis* L.) after bagging / M. Hudina, F. Stampar, P. Orazem [et al.] // Canadian Journal of Plant Science. – 2012. – Vol. 92, № 1. – P. 67–75. DOI: https://doi.org/10.4141/cjps2011-095.

9. Hudina, M. Sugars and organic acids contents of European (Pyrus Communis L.) and Asian (Pyrus Serotina REHD.) pear cultivars / M. Hudina, F. Stampar // Acta Alimentaria. – 2000. – Vol. 29, № 3. – P. 217–230. DOI: https://doi.org/10.1556/AAlim.29.2000.3.2.

10. Sugars and acids of strawberry varieties / H. Kallio, M. Hakala, A.-M. Pelkkikangas [et al.] // European Food Research and Technology. – 2000. – Vol. 212, № 1. – P. 81–85. DOI: https://doi.org/10.1007/s002170000244.

11. The flavor and nutritional characteristic of four strawberry varieties cultured in soilless system / L. Liu, M.-L. Ji, M. Chen [et al.] // Food Science and Nutrition. – 2016. – Vol. 4, № 6. – P. 858–868. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.346.

12. Уланова, И. Г. Исследование потребительских свойств и биологической ценности плодов, ягод и продукции их переработки (на примере Центрально-Черноземной зоны РФ): автореф дис. … канд. техн. наук: 05.18.15 / Уланова Ирина Германовна. – СПб, 2001. – 149 с.

13. МВИ. МН 2843-2008. Определение содержания органических кислот в плодовых винах и виноматериалах. – Минск : Белорусский государственный институт метрологии, 2008 – 15с.

14. МВИ. МН 2842-2008. Определение содержания фруктозы, глюкозы, сахарозы в плодовых винах и виноматериалах. – Минск : Белорусский государственный институт метрологии, 2008 – 10с.

15. ГОСТ 32709-2014. Продукция соковая. Методы определения антоцианинов. – М. : Стандартинформ, 2016. – 20 с.

16. Панасюк, А. Л. Изменение содержания органических кислот при производстве плодовых напитков и вин / А. Л. Панасюк, Е. И. Кузьмина, О. С. Егорова // Пиво и напитки. – 2014. – № 2 – С. 36–38.

17. Справочник химика. М. – Л. : Химия, 1968. – 973 с.

18. Bernatoniene, J. The Role of Catechins in Cellular Responses to Oxidative Stress / J. Bernatoniene, D. M. Kopustinskiene // Molecules. – 2018. – Vol. 23, № 4. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules23040965.

19. A Comparative Study of Phenolic Content in Apple Fruits / L. Mindaugas, D. Kviklys, P. Viskelis [et al.] // International Journal of Food Properties. – 2015. – Vol. 18, № 5. – P. 945–953. DOI: https://doi.org/10.1080/10942912.2014.911311.

20. Arts, I. C. W. Catechin Contents of Foods Commonly Consumed in the Netherlands. 1. Fruits, Vegetables, Staple Foods, and Processed Foods / I. C. W. Arts, B. van de Putte, P. C. H. Hollman // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2000. – Vol. 48, № 5. – P. 1746–1751. DOI: https://doi.org/10.1021/jf000025h.

References

1. Roslyakov YuF, Pochytskaya IM, Litvyak VV. Theoretical bases of formation of taste sensations in the use of food. News of Institutes of higher education. Food Technology. 2016;352(4):109–115. (In Russ.).

2. Zharkova IM, Kuchmenko TA, Roslyakov YuF. Research of a smell of the bread from mix of rye and wheat flour made on different ferments and acidifiers. Bread products. 2015;(8):47–49. (In Russ.).

3. Beauvoit B, Belouah I, Bertin N, Cakpo CB, Colombié S, Dai Z, et al. Putting primary metabolism into perspective to obtain better fruits. Annals of Botany. 2018;122(4):1–21. DOI: https://doi.org/10.1093/aob/mcy057.

4. Aprea E, Charles M, Endrizzi I, Laura Corollaro M, Betta E, Biasioli F, et al. Sweet taste in apple: the role of sorbitol, individual sugars, organic acids and volatile compounds. Journal of Hygienic Engineering and Design. 2017;7. DOI: https://doi.org/10.1038/srep44950.

5. Celik F, Gundogdu M, Ercisli S, Kaki B, Berk S, Ilhan G, et al. Variation in Organic Acid, Sugar and Phenolic Compounds in Fruits of Historical Apple Cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2018;46(2):622–629. DOI: https://doi.org/10.15835/nbha46211160.

6. Ma B, Yuan Y, Gao M, Li C, Ogutu C, Li M, et al. Determination of Predominant Organic Acid Components in *Malus* Species: Correlation with Apple Domestication. Metabolites. 2018;8(4). DOI: https://doi.org/10.3390/metabo8040074.

7. Sha S, Li J, Wu J, Zhang S. Characteristics of organic acids in the fruit of different pear species. African Journal of Agricultural Research. 2011;6(10):2403–2410.

8. Hudina M, Stampar F, Orazem P, Petkovsek MM, Veberic R. Phenolic compounds profile, carbohydrates and external fruit quality of the 'Concorde' pear (*Pyrus communis* L.) after bagging. Canadian Journal of Plant Science. 2012;92(1):67–75. DOI: https://doi.org/10.4141/cjps2011-095.

9. Hudina M, Stampar F. Sugars and organic acids contents of European (Pyrus Communis L.) and Asian (Pyrus Serotina REHD.) pear cultivars. Acta Alimentaria. 2000;29(3):217–230. DOI: https://doi.org/10.1556/AAlim.29.2000.3.2.

10. Kallio H, Hakala M, Pelkkikangas A-M, Lapveteläinen A. Sugars and acids of strawberry varieties. European Food Research and Technology. 2000;212(1):81–85. DOI: https://doi.org/10.1007/s002170000244.

11. Liu L, Ji M-L, Chen M, Sun M-Y, Fu X-L, Li L, et al. The flavor and nutritional characteristic of four strawberry varieties cultured in soilless system. Food Science and Nutrition. 2016;4(6):858–868. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.346.

12. Ulanova IG. Issledovanie potrebitel′skikh svoystv i biologicheskoy tsennosti plodov, yagod i pro-duktsii ikh pererabotki (na primere Tsentral′no-Chernozemnoy zony RF) [Consumer properties and biological value of fruits, berries, and products of their processing (a case study of the Central Chernozyom zone of the Russian Federation)]. Cand. eng. sci. diss. St. Petersburg: St. Petersburg University of Trade and Economics; 2001. 149 p.

13. MVI. MN 2843-2008. Opredelenie soderzhaniya organicheskikh kislot v plodovykh vinakh i vinomaterialakh [MP 2843-2008. Determination of the content of organic acids in fruit wines and wine materials]. Minsk: Belarusian State Institute of Metrology; 2008. 15 p.

14. MVI. MN 2842-2008. Opredelenie soderzhaniya fruktozy, glyukozy, sakharozy v plodovykh vinakh i vinomaterialakh [MP 2842-2008. Determination of fructose, glucose, and sucrose in fruit wines and wine materials]. Minsk: Belarusian State Institute of Metrology; 2008. 10 p.

15. State Standard 32709-2014. Juice products. Methods for determination of Anthocyanins. Moscow: Standartinform; 2016. 20 p.

16. Panasyuk AL, Kuzmina EI, Egorova OS. Change Organic Acid Content of Various Fruit Raw Material for Producing Beverages and Wines. Beer and beverages. 2014;(2):36–38. (In Russ.).

17. Spravochnik khimika [Manual in chemistry]. Moscow – Leningrad: Khimiya; 1968. 973 p. (In Russ.).

18. Bernatoniene J, Kopustinskiene DM. The Role of Catechins in Cellular Responses to Oxidative Stress. Molecules. 2018;23(4). DOI: https://doi.org/10.3390/molecules23040965.

19. Mindaugas L, Kviklys D, Viskelis P, Raudonis R, Janulis V. A Comparative Study of Phenolic Content in Apple Fruits. International Journal of Food Properties. 2015;18(5):945–953. DOI: https://doi.org/10.1080/10942912.2014.911311.

20. Arts ICW, van de Putte B, Hollman CH. Catechin Contents of Foods Commonly Consumed in the Netherlands. 1. Fruits, Vegetables, Staple Foods, and Processed Foods. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2000;48(5):1746–1751. DOI: https://doi.org/10.1021/jf000025h.

Почицкая Ирина Михайловна
канд. сельзох. наук, начальник республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29, тел.: +375-17-294-36-04, e-mail: pochitskaja@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-5347-6676

Росляков Юрий Федорович
д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры техники и технологии хлебопродуктов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: + 7 (861) 255-15-98, e-mail: lizaveta_ros@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1431-4804

Комарова Наталья Викторовна
канд. техн. наук, заведующая лабораторией физико-химических исследований, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29, тел.: +375-17-294-12-65, e-mail: aleko-2006@tut.by
https://orcid.org/0000-0002-8281-7975

Рослик Валентина Лолиевна
заведующая лабораторией хроматографических исследований, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29, тел.: +375-17-294-72-97, e-mail: valentina.roslik@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7012-9617

Irina M. Pochitskaya
Cand.Sci.(Agr.), Head of Republican Control and Testing Complex on Quality and Food Safety, The Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, 29, Kozlov Str., Minsk, 220037, Republic of Belarus, phone: +375-17-294-36-04, e-mail: pochitskaja@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-5347-6676

Yury F. Roslyakov
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Technology and Bread Products, Kuban State Technological University, 2, Moscow Str., Krasnodar, 350072, Russia, phone: + 7 (861) 255-15-98, e-mail: lizaveta_ros@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1431-4804

Natallia V. Komarova
Cand.Sci.(Eng.), Head of the Laboratory of Physical and Chemical Research, The Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, 29, Kozlov Str., Minsk, 220037, Republic of Belarus, phone: +375-17-294-12-65, e-mail: aleko-2006@tut.by
https://orcid.org/0000-0002-8281-7975

Valentina L. Roslik
Head of the Laboratory of Chromatographic Research, The Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, 29, Kozlov Str., Minsk, 220037, Republic of Belarus, phone: +375-17-294-72-97, e-mail: valentina.roslik@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7012-9617

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-62-69
УДК 664.14

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Использование сиропов в рецептуре сахаристых кондитерских изделий повышенной пищевой ценности

И. Ю. Резниченко[1,*], Н. А. Фролова[2], В. В. Кучебо[1], С. В. Туров[1]

[1] *ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6*

[2] *Амурский государственный университет 675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21*

**e-mail: Irina.reznichenko@gmail.com*

Дата поступления в редакцию: 19.02.2019
Дата принятия в печать: 21.03.2019

© И. Ю. Резниченко, Н. А. Фролова, В. В. Кучебо, С. В. Туров, 2019

Аннотация. Разработка кондитерских изделий повышенной пищевой ценности с целью пополнения ассортимента продуктами питания не только доступными по ценовой категории, но и восполняющими дефицит витаминов и минеральных веществ в рационе, требует поиска новых сырьевых компонентов, обладающих физиологической ценностью и доступных на местном потребительском рынке. Растительные сиропы представляют собой интерес с точки зрения применения в производстве сахаристых кондитерских изделий, особенно сиропы, дополнительно обогащенные витаминами и минеральными веществами. Исследована и экспериментально доказана целесообразность использования обогащенных сиропов в производстве леденцовой карамели. Данный вид карамели характеризуется высокой энергетической ценностью и отсутствием в составе биологически ценных веществ, в связи с чем применение сиропов позволяет повысить биологическую ценность готовых изделий. Объектами исследования являлись образцы карамели леденцовой, приготовленные без внесения сиропов и с внесением обогащенных сиропов шиповника, облепихи, лимонника, клюквы. В работе приведена характеристика пищевой ценности, лечебно-профилактических свойств используемых сиропов, представлены данные по оценке качества разработанной леденцовой карамели по органолептическим и физико-химическим показателям. Дана характеристика пищевой ценности карамели, обогащенной сиропами.

Ключевые слова. Карамель леденцовая, сиропы, рецептура, оценка качества, пищевая ценность

Для цитирования: Использование сиропов в рецептуре сахаристых кондитерских изделий повышенной пищевой ценности / И. Ю. Резниченко, Н. А. Фролова, В. В. Кучебо [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 62–69. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-62-69.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Syrups in Sugar Confectionery Products of High Nutritional Value

I.Yu. Reznichenko[1,*], N.A. Frolova[2], V.V. Kuchebo[1], S.V. Turov[1]

[1] *Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia*

[2] *Amur State University, 21, Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, 675027, Russia*

**e-mail: Irina.reznichenko@gmail.com*

Received: February 19, 2019
Accepted: March 21, 2019

© I.Yu. Reznichenko, N.A. Frolova, V.V. Kuchebo, S.V. Turov, 2019

Abstract. Confectionery products of high nutritional value are affordable and rich in vitamins and minerals. Their development requires new raw materials with a high physiological value, which would be available on the local consumer market. Vegetable syrups can be used in sugar confectionery products, especially if they are fortified with vitamins and minerals. The present research proves the expediency of using fortified syrups in the production of sugar glasses. This type of caramel has a high energy value but no biologically valuable substances in the composition. Therefore, fortified syrups increase the biological value of the product. The study featured samples of sugar glasses with syrups fortified with rosehip, sea buckthorn, lemongrass, and cranberries. The paper describes their nutritional value, as well as the therapeutic and prophylactic properties of the syrups. It also contains data on the sensory quality, physic-chemical parameters, and the nutritional value.

Keywords. Sugar glasses, syrups, recipe, quality assessment, nutritional value

For citation: Reznichenko IYu, Frolova NA, Kuchebo VV, Turov SV. Syrups in Sugar Confectionery Products of High Nutritional Value. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):62–69. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-62-69.

Введение

Карамель леденцовая характеризуется высокой энергетической ценностью и отсутствием в своем составе биологически ценных ингредиентов. Карамель является доступным по ценовой категории сахаристым кондитерским изделием и пользуется неизменным спросом потребителей. Технология ее приготовления позволяет моделировать рецептуры без изменения технологических режимов и параметров. Еще одним преимуществом разработки карамели являются ее длительные сроки хранения из-за наличия в составе сахара и патоки – натуральных консервантов.

Для обоснования применения в рецептуре карамели леденцовой сиропов проанализировали химический состав и профилактическую направленность рассматриваемых сиропов, а также применение продуктов переработки облепихи, шиповника, клюквы и лимонника в производстве пищевых продуктов.

Обзор научной литературы за последние пятнадцать лет показал перспективность применения облепихи, клюквы, лимонника и шиповника в производстве пищевых продуктов, а также в кондитерских изделиях.

В Могилевском государственном университете (Республика Беларусь) проведены исследования химического состава облепихи и клюквы, изучено влияние режимов хранения на химический состав и даны рекомендации по режимам хранения ягод, установлены оптимальные режимы хранения – бланширование в собственном соку и замораживание [1].

С целью рационального использования ягодного сырья Забайкалья исследованы варианты получения сиропов и напитков из ягод клюквы. Анализ химического состава клюквы показал, что содержание некоторых биологически активных веществ в ягодном сырье превышают данные по аналогичному сырью средней полосы России [2]. Полезные свойства клюквы и целесообразность ее применение для получения сока с целью профилактики различных заболеваний исследованы в Южно-Уральском Государственном университете [3]. Исследован химический состав клюквы, произрастающей в Омской области, даны рекомендации по использованию клюквенного пюре в производстве пищевых продуктов, в том числе фруктово-ягодных кондитерских изделиях [4].

Исследование антоциановых соединений в клюкве установило, что качественный набор антоциановых пигментов ягод клюквы обусловливает яркие красные цветовые оттенки, которые являются следствием присутствия производных цианидина и пеонидина, в редких случаях идентифицируются производные мальвидина [5]. Результаты данных исследований позволяют рассматривать возможность применения ягод в качестве натуральных красителей.

Представлены итоги исследования комплексной переработки плодов клюквы и облепихи для получения напитков: морсов и соков. Исследована биологическая ценность продуктов переработки и предложена рациональная технология переработки клюквы с сохранением биологически активных веществ сырья в припасы, которые можно использовать как полуфабрикаты в кондитерской промышленности [6, 7].

Плоды шиповника нашли широкое практическое применение в производстве сиропов, порошков, пищевых растительных добавок для использования в пищевой промышленности. Разработаны купажированные соки из овощей и шиповника для повышения иммунитета, рецептуры мучных кондитерских изделий с использованием плодов шиповника, продукты детского питания. Научно доказано лечебное и профилактическое влияние растений из-за наличия в их составе различных биологически активных веществ, которые при поступлении в организм оказывают на него положительное действие [8–10].

Сироп шиповника характеризуется богатым составом биологически ценных веществ, необходимых для поддержания здоровья человека: флавоноиды, дубильные вещества, витамины, аминокислоты, каротиноиды. Среди его функциональных действий можно выделить: иммуностимулирующее, мочегонное, желчегонное, общеукрепляющее, восстанавливающее, успокаивающее, противовоспалительное, антибактериальное. Высокое содержание витаминов С и РР позволяет использовать сироп в качестве профилактики гиповитаминозов. Сироп шиповника применяют для активизации защитных систем организма, для повышения иммунитета, для профилактики сезонных простудных заболеваний. В качестве противопоказаний для применения выделяют: наличие тромбофлебита и дерматологических заболеваний, сахарный диабет. Также следует учитывать индивидуальную непереносимость и возможность аллергических реакций.

Сироп облепихи также отличается рядом полезных свойств. Применение сиропа улучшает общее состояние организма человека, предотвращает преждевременное старение, обладает заживляющим и противовоспалительным свойствами. Рекомендуется при снижении остроты зрения и длительном пребывании возле компьютера. Жирные кислоты, которыми богата ягода, улучшают усвоение белка.

Сироп лимонника обладает высокой биологической ценностью. Проведенные исследования пищевой ценности и химического состава лимонника китайского показали, что в лимоннике содержатся витамины А, В1 (тиамин), В2 (рибофлавин), В4 (холин), В5 (пантотеновая кислота), В6 (пиридоксин), В7 (биотин), В9 (фолат), С, Е и бета-каротин. Также в состав входят кальций, медь, железо, магний, марганец, фосфор, калий, натрий, селен, цинк, биофлавоноиды, лимонная кислота, криптоксантин, лютеин и зеаксантин. Богатый состав биологически ценных веществ лег в основу разработки карамели обогащенной, обладающей иммуностимулирующим действием и не содержащей в своей рецептуре синтетических ароматизаторов и красителей [11–13].

Рекомендуется употреблять сироп лимонника при головных болях и снижении работоспособности. Фосфор, которым богат сироп лимонника, улучша-

ет зрение. Сироп имеет широкий диапазон профилактических свойств: используют при расстройстве желудка и кишечника, при отравлениях, рекомендуется при кашле, способствует быстрому заживлению кожи. В небольших дозах сироп понижает уровень сахара в крови. Эфирные масла и микроэлементы, которые входят в состав растения, участвуют в обменных процессах.

Имеются противопоказания применения сиропа лимонника: при гипертонии, излишней нервной возбудимости и бессоннице, при хронических инфекционных заболеваниях и интоксикациях, а также индивидуальная непереносимость компонентов.

Сироп клюквы богат минеральными веществами, среди которых марганец, кальций, магний, железо, калий, натрий и цинк. В сиропе содержатся такие витамины, как аскорбиновая кислота, тиамин, рибофлавин, ниацин и жирорастворимые витамины Е и К. Сироп клюквы эффективен при профилактике воспалительных заболеваний, сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, атеросклероза и инсульта. Благодаря высокому содержанию витамина С рекомендуется для повышения иммунитета. Клюквенный сироп противопоказан лицам, страдающим от аллергии на аспирин. Употребление клюквенного сиропа может спровоцировать образование камней в почках из-за высокой концентрации оксалата в продукте. Если сироп приготовлен на сахаре, то он противопоказан лицам, страдающим диабетом [14, 15].

Цель работы – обосновать возможность применения сиропов в производстве карамели леденцовой.

Для выполнения поставленной цели решали следующие задачи:

– изучить химический состав и профилактические свойства применяемого сырья для приготовления сиропов;

– обосновать разработку рецептур карамели обогащенной сиропами;

– разработать рецептуры карамели леденцовой с сиропами;

– исследовать показатели качества разработанной карамели;

– рассчитать пищевую ценность разработанной карамели леденцовой обогащенной, разработать рекомендации по ее применению.

Работу выполняли в рамках научно-исследовательской работы на кафедре управления качеством КемГУ по техническому заданию ОАО «Кемеровская фармацевтическая фабрика».

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись образцы карамели леденцовой, приготовленные без внесения сиропов и с внесением сиропов. Контрольным образцом служил образец карамели, приготовленный по традиционной рецептуре, без внесения сиропа [16]. В работе использовали сиропы шиповника, облепихи, клюквы и лимонника, обогащенные поливитаминным премиксом, выработанные ОАО «Кемеровская фармацевтическая фабрика» и соответствующие требованиям ТУ 9185-066-1899178-14. Отличительная особенность сиропа заключалась в том, что он содержал в своем составе витамины А, $Д_3$, Е, В1, В2, В6, В12, РР, С, В5.

В качестве методов исследований применяли измерительные и органолептические методы анализа. Показатели качества карамели определяли согласно регламентируемым требованиям ГОСТ 6477 «Карамель. Общие технические условия». Органолептические показатели карамели оценивали по ГОСТ 5897, массовую долю влаги – по ГОСТ 5900, кислотность карамели – по ГОСТ 5898, редуцирующие сахара – по ГОСТ 5903.

Карамель фигурную леденцовую готовили следующим образом: в сахарный раствор при непрерывном перемешивании, нагревании и контролировании температуры добавляли патоку, подогретую до температуры 50–60 °С. Затем сахаро-паточный сироп уваривали до получения карамельной массы с содержанием сухих веществ до 3 % и добавляли сироп. Горячую готовую карамельную массу охлаждали до температуры 90 °С. Затем массу проминали шпателем с целью удаления пузырьков воздуха и разливали в приготовленные формы. Формы охлаждали до температуры 25 ± 3 °С.

Результаты и их обсуждение

Анализ пищевой ценности традиционных сиропов свидетельствует о высокой энергетической ценности и широком спектре профилактической направленности. Но, в связи с высокотемпературными технологиями приготовления сиропов, в них, как правило, низкое содержание термонестабильных витаминов. Кемеровская фармацевтическая фабрика выпускает сиропы обогащенные витаминно-минеральными премиксами, которые отличаются высокой пищевой ценностью. Характеристика пищевой ценности обогащенных сиропов, приведенная в таблице 1, показала, что сиропы шиповника, облепихи, лимонника и клюквы являются источниками витамина С, минеральных веществ (железа, кальция, магния), содержат антоцианы и полифенольные соединения, характеризуется высоким содержанием биологически ценных веществ, являются доступным пищевым продуктом и пользуется неизменным спросом. В связи с этим была рассмотрена возможность использования обогащенных сиропов в приготовлении карамели леденцовой для увеличения ее пищевой ценности и исключения из рецептуры красителей и эссенции.

При разработке рецептуры учитывали имеющиеся литературные сведения о свойствах сиропов, их влиянии на характеристики готового продукта, рекомендуемые нормы потребления обогащенного сиропа, исключение из рецептуры красителей и эссенции, высоких потребительских свойств, сохранности качества в течение хранения, средней суточной норме потребления карамели повышенной пищевой ценности [17–21].

Образцы карамели готовили в лабораторных условиях путем уваривания сахаро-паточной массы до влажности 3–4 %. На стадии охлаждения карамельной массы при температуре 70–80 °С вводили сироп (шиповника, облепихи, клюквы или лимонника). Готовую карамельную массу формовали в виде

Таблица 1 – Пищевая ценность обогащенных сиропов*

Table 1 – Nutritional value of the fortified syrups*

Наименование веществ	Сироп шиповника	Сироп облепихи	Сироп лимонника	Сироп клюквы
Углеводы, г	59,9	59,9	59,9,0	59,9
Витамины, мг:				
С	144,0	120,0	275,0	120,0
А	0,7	0,7	4,4	0,7
Е	15,0	15,0	22,84	15,0
В1	1,0	1,0	5,0	1,0
В2	2,1	1,5	5,0	1,0
В5	7,5	7,5	22,5	7,8
В6	1,1	1,1	5,4	1,1
В12, мкг	3,6	3,6	10,8	3,6
Д, мкг	11,0	11,0	33,0	11,0
РР	31,0	30,7	59,0	30,9
биотин	0,1	0,1	650 мкг	0,1
Фолиевая кислота	0,4	0,4	1,8	0,4
К	1,5	4,2	–	–
Минеральные вещества, мг: Железо	7,8	6,8	0,17	0,6
Кальций	1,5	1,9	10,0	1,40
Магний	1,3	3,0	1,87	1,5
Фосфор	4,4	9,0	8,2	11,0

* – данные с маркировки сиропов обогащенных

Таблица 2 – Характеристика физико-химических показателей качества образцов карамели

Table 2 – Characteristics of the physico-chemical quality indicators of the sugar glasses

Наименование показателя	Характеристика образцов сиропов				
	По ГОСТ	шиповника	облепихи	лимонника	клюквы
Влажность, %, не более	3,0	2,2 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,2± 0,1
Кислотность, град., не менее	7,1	7,6 ± 0,1	7,5 ± 0,2	8,3 ± 0,1	8,9 ± 0,1
Массовая доля редуцирующих веществ, %, не более	22,0	15,5 ± 1,0	15,3 ± 1,1	15,7 ± 1,0	15,5 ± 1,1

Таблица 3 – Пищевая ценность карамели, на 100 г

Table 3 – Nutritional value of the candy glasses, per 100 g

Основные пищевые вещества и микронутриен	Леденцовая карамель	Карамель с сиропом шиповника	Карамель с сиропом облепихи	Карамель с сиропом лимонника	Карамель с сиропом клюквы
Углеводы, г	95,8	80,8	80,8	80,8	80,8
Витамины, мг:					
С	0	21,6	18,0	41,2	18,0
А	0	0,10	0,10	0,66	0,10
Е	0	2,25	2,25	3,43	2,25
В1 (тиамин)	0	0,15	0,15	0,75	0,15
В2 (рибофлавин)	0	1,05	2,25	0,75	0,15
В5	0	1,12	1,12	3,38	1,17
В6 (пиридоксин)	0	0,16	0,16	0,81	0,16
В12, мкг	0	0,54	0,54	1,62	0,54
Д, мкг	0	1,65	1,65	4,95	1,65
РР (ниацин)	0	4,65	4,60	8,85	4,61
биотин	0	0,015	0,015	0,097	0,015
Фолиевая кислота	0	0,06	0,06	0,27	0,06
К	0	0,225	0,63	–	–
Минеральные вещества, мг:					
Железо	0,2	1,17	1,02	0,10	0,60
Кальций	0,14	0,22	0,28	0,15	0,21
Магний	0,06	0,19	0,45	0,28	0,22
Фосфор	0,06	0,66	1,35	1,23	1,65

Таблица 4 – Удовлетворение суточной потребности при употреблении карамели обогащенной

Table 4 – Daily nutrient requirements with fortified sugar glasses in the diet

Основные пищевые вещества и микронутриенты	% удовлетворения от суточной нормы потребления (дети/взрослые)				
	Физиологическая норма потребления (дети/взрослые)	Карамель с сиропом шиповника	Карамель с сиропом облепихи	Карамель с сиропом лимонника	Карамель с сиропом клюквы
Витамины, мг:					
С	30/90	21/7	18/6	82/5	18/6
А	0,4/0, 9	25/11	25/11	165/73	25/11
Е	3/15	22/4,5	22/4,5	34/7	22/4,5
В1 (тиамин)	0,3/1,5	15/3	15/3	75/15	15/3
В2 (рибофлавин)	0,4/1,8	75/17	120/41	50/12,5	37/8,5
В5	1,0/5,0	36/6,7	36/6,7	100/20	35/7
В6 (пиридоксин)	0,4/2,0	10/2,4	10/2,4	60/12	10/2,4
В12, мкг	0,3/3,0	54/5,4	54/5,4	160/16	54/5,4
Д, мкг	10/15	5/3,3	5/3,3	14/10	5/3,3
РР (ниацин)	5/20	28/7	27/6,5	53/26	27/6,5
биотин, мгк	10/50	50/10	50/10	280/58	50/10
К, мкг	30/120	25/6	75/13	–	–
Минеральные вещества, мг: Железо	4/18	8/4	7,5/3		

фигурок и охлаждали при температуре 25 ± 3 °С. Дозировку сиропов осуществляли с учетом рекомендаций производителей по применению и суточной нормы потребления карамели (не более 30 г в сутки).

У образцов карамели оценивали органолептические и физико-химические показатели качества. Из органолептических показателей определяли вкус и запах, цвет, состояние поверхности и форму. Полученные данные свидетельствуют о высоких вкусоароматических характеристиках образцов карамели. Форма у всех образцов правильная, без деформации и перекоса шва; поверхность сухая, без трещин и вкраплений, гладкая, прозрачная и не липкая. Вкус и запах у всех образцов без посторонних привкусов и запахов, вкус приятно кисло-сладкий. Цвет характеризуется равномерной окраской от светло-желтого (у образца карамели с сиропом шиповника) до темно-желтого (у образцов карамели с сиропом облепихи и лимонника). У образца карамели с сиропом клюквы цвет розовато-желтый.

Из физико-химических показателей определяли массу одного изделия, влажность, кислотность и содержание редуцирующих веществ.

Средняя масса одного изделия составляет 12–13 г. Характеристика физико-химических показателей качества приведена в таблице 2.

Анализ показателей качества разработанной карамели свидетельствует о высоких вкусовых качествах и соответствии требованиям, регламентируемым нормативным документом.

Рассчитана пищевая ценность разработанной карамели леденцовой (табл. 3). Сравнительные данные пищевой, в том числе биологической, ценности карамели, обогащенной сиропами, и традиционной карамели леденцовой свидетельствуют о значительном увеличении доли минеральных веществ: железа, кальция, фосфора. Биологическая ценность увеличивается за счет появления витаминов группы В, а также жирорастворимых витаминов.

Показано, что при употреблении 30 г готовой карамели с сиропом шиповника или клюквы удовлетворение суточной потребности в витаминах группы В составит, в среднем, от 75 до 10 % для детей и от 17 до 2 % для взрослых, в железе от 8 до 3 % соответственно (табл. 4) [22]. Количество некоторых витаминов в карамели с сиропом лимонника и облепихи превышает 100 % от суточной потребности для детей. В связи с этим необходимо пересмотреть дозировку данных сиропов в рецептуре, чтобы рекомендовать данные виды карамели детям.

Выводы

Обоснована возможность применения обогащенных сиропов в производстве карамели леденцовой для повышения пищевой ценности. Анализ показателей качества обогащенной карамели свидетельствует о соответствии требованиям нормативных документов. Пищевая ценность разработанной карамели с сиропом шиповника и клюквы позволяет рекомендовать ее для применения детьми и взрослыми в количестве не более 30 г в сутки, что обеспечит удовлетворение суточной нормы в витаминах группы В, в среднем, от 75 до 10 % для детей и от 17 до 2 % для взрослых, в железе от 8 до 3 % соответственно. Карамель с сиропом лимонника и облепихи рекомендована для взрослых в количестве 30 г в сутки, что обеспечит удовлетворение потребности в витаминах группы В от 70 до 10 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность

Авторы выражают благодарность директору ОАО «Кемеровская фармацевтическая фабрика» Голубкову Владимиру Ивановичу.

Список литературы

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

2. Битуева, Э. Б. Разработка напитков на основе дикорастущих ягод Забайкалья / Э. Б. Битуева, М. В. Батясова // Вестник ВСГТУ. – 2009. – № 4. – С. 39–45.

3. Виноградова, А. А. Полезные свойства клюквы и ее применение в специализированном питании / А. А. Виноградова, Т. А. Толмачева // Современное бизнес-пространство: актуальные проблемы и перспективы. – 2014. – Т. 2, № 1. – С. 153–156.

4. Табаторович, А. Н. Использование дикорастущих ягодных ресурсов Омской области в производстве пищевых продуктов / А. Н. Табаторович, О. Д. Худякова // Вести МАНЭБ в Омской области. – 2013. – Т. 2, № 2. – С. 35–37.

5. Алексеенко, Е. В. Ягоды клюквы – перспективный источник биоактивных антоциановых красителей / Е. В. Алексеенко, М. М. Азарова // Пищевая промышленность. – 2018. – № 9. – С. 16–21.

6. Сидоренко, Т. А. Комплексная переработка плодов клюквы и облепихи (получение морсов и напитков из выжимок после отжатия соков; исследования в Белоруссии) / Т. А. Сидоренко // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2009. – № 1. – С. 166.

7. Табала, Е. Б. Формирование качественных характеристик припасов из дикорастущих ягод семейства брусничных / Е. Б. Табала // Пищевая промышленность. – 2017. – № 10. – С. 28–30.

8. Получение сублимированного купажированного сока из овощей, шиповника и лимона для повышения иммунитета и нарушениях обмена веществ / М. М. Омаров, М. Н. Исламов, З. А. Абдулхаликов [и др.] // Материалы XXXYII итоговой научно-технической конференции ДГТУ : научно-техническая конференция преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ФГБОУ ВО ДГТУ. – 2016. – С. 135–137.

9. Разработка рецептур мучных кондитерских изделий с использованием плодов шиповника / Н. Н. Типсина, В. В. Матюшев, Н. И. Селиванов [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 135, № 1. – С. 161–165.

10. Использование биологически активных веществ растительного происхождения в продуктах детского питания / Б. М. Мануйлов, А. Ю. Золотин, С. В. Симоненко [и др.] // Пищевая промышленность. – 2017. – № 9. – С. 11–13.

11. Фролова, Н. А. Разработка технологии и товароведная оценка карамели, обогащенной экстрактами биологически активного растительного и животного сырья / Н. А. Фролова, И. Ю. Резниченко, Н. Ф. Иванкина // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 27, № 4. – С. 164–170.

12. Резниченко, И. Ю. Влияние климатических условий на биологическую ценность ягодного сырья Амурской области / И. Ю. Резниченко, Н. А. Фролова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 4. – С. 92–100.

13. Фролова, Н. А. Анализ потребительских предпочтений жителей г. Благовещенска Амурской области в отношении карамели, обогащенной биологически активными веществами из растительного и животного сырья / Н. А. Фролова, И. Ю. Резниченко, Н. Ф. Иванкина // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 25, № 2. – С. 168–172.

14. Исследование химического состава ягод клюквы и использование их в пищевых продуктах / G. Khomych, Y. Matsuk, Y. Nakonechnaya [et al.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2017. – Т. 6, № 11 (90). – С. 59–65.

15. Разработка рецептуры и технологии производства сахаристых кондитерских изделий как факторов, формирующих их качество / Г. А. Дорн, А. И. Галиева, И. Ю. Резниченко [и др.] / Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2014. – Т. 24, № 1. – С. 62–68.

16. Рецептуры на карамель. – М. : Пищевая промышленность,1986. – 603 с.

17. Feeding the World Today and Tomorrow: The Importance of Food Science and Technology / J. D. Floros, R. Newsome, W. Fisher [et al.] // Food Science and Food Safety. – 2010. – Vol. 9, № 5. – P. 572–599. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00127.x.

18. Functionality of sugars in food and health / R. A. Clemens, J. M. Jones, M. Kern [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2016. – Vol. 15, № 9. – P. 433–470. DOI: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12194.

19. Thomas, B. Encyclopedia of Applied Plant Sciences / B. Thomas D. J. Murphy, B. G. Murray. – Academic Press. – 2003. – 2000 p.

20. The role of food retailers in improving resilience in global food supply / S. Macfadyen, J. M. Tylianakis, D. K. Letourneau [et al.] // Global Food Security. – 2015. – Vol. 7. – P. 1–8. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.01.001.

21. Approaches to reduce zinc and iron deficits in food systems / P. J. Gregory, A. Wahbi, J. Adu-Gyamfi [et al.] // Global Food Security. – 2017. – Vol. 15. – P. 1–10. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.03.003.

22. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200076084. – Дата обращения: 14.03.2019.

References

1. Timofeeva VN, Zen'kova ML. Use of perspective raw material for manufacture of products of preventive purpose. Storage and processing of farm products. 2006;(9):66–68. (In Russ.).

2. Bitueva EB, Batjasova MV. DESIGN of wild-growing berries of Transbaikalia drinks. ESSUTM Bulletin. 2009;(4):39–45. (In Russ.).

3. Vinogradova AA, Tolmacheva TA. Useful properties of cranberry and its application in specialized nutrition. Sovremennoe biznes-prostranstvo: aktual′nye problemy i perspektivy [Modern business environment: current problems and prospects]. 2014;2(1):153–156. (In Russ.).

4. Tabatorovich AN, Khudyakova OD. Ispol′zovanie dikorastushchikh yagodnykh resursov Omskoy oblasti v proizvodstve pishchevykh produktov [Wild berry resources of the Omsk region in food production]. Vesti MANEHB v Omskoy oblasti [Bulletin of the International Academy of Ecology, Safety of Man and Nature in the Omsk Region]. 2013;2(2):35–37. (In Russ.).

5. Alekseenko EV, Azarova MM. Cranberry is a promising source of bioactive anthocyanin dyes. Food Industry. 2018;(9):16–21. (In Russ.).

6. Sidorenko TA. Kompleksnaya pererabotka plodov klyukvy i oblepikhi (poluchenie morsov i napitkov iz vyzhimok posle otzhatiya sokov; issledovaniya v Belorussii) [Complex processing of cranberry and sea-buckthorn fruits (obtaining fruit drinks and marc drinks. Belarus studies)]. Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost′. Referativnyy zhurnal [Food and Processing Industry. Review Journal]. 2009;(1):166. (In Russ.).

7. Tabala EB. Formation characteristics of quality of supplies from wild-growing berries in berry family. Food Industry. 2017;(10):28–30. (In Russ.).

8. Omarov MM, Islamov MN, Abdulkhalikov ZA, Abdurakhmanova SA. Poluchenie sublimirovannogo kupazhirovannogo soka iz ovoshchey, shipovnika i limona dlya povysheniya immuniteta i narusheniyakh obmena veshchestv [Production of sublimated blended juice from vegetables, wild rose and lemon to improve immunity and metabolic disorders]. Materialy XXXYII itogovoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii DGTU: nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya prepodavateley, sotrudnikov, aspirantov i studentov FGBOU VO DGTU [Proceedings of the XXXYII Final Scientific and Technical Conference of the DSTU: scientific and technical conference of academics, graduate students and students of the Don State Technical University]; 2016; Makhachkala. Makhachkala: DSTU; 2016. 135–137. (In Russ.).

9. Tipsina NN, Matyushev VV, Selivanov NI, Chepelev NI. The development of flour product formulas with the use of wild rose fruit. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2016;135(1):161–165. (In Russ.).

10. Manuylov BM, Zolotin AYu, Simonenko SV, Antipova TA, Felik SV. Use of Biologically Active Substances of Vegetable Origin in Baby Food Products. Food Industry. 2017;(9):11–13. (In Russ.).

11. Frolova NA, Reznichenko IY, Ivankina NF. Technology and evaluation of hard-boiled sweets enriched with biologically active plant and animal raw materials extracts. Food Processing: Techniques and Technology. 2012;27(4):164–170. (In Russ.).

12. Reznichenko II, Frolova NA. The Influence of Climatic Conditions on the Biological Value of Berry Raw Materials of the Amur Region. Storage and processing of farm products. 2018;(4):92–100. (In Russ.).

13. Frolova NA, Reznichenko IY, Ivankina NF. Consumer preferences of Blagoveshchensk, Amur Region for caramel enriched biologically active substances from plant and animal materials. Food Processing: Techniques and Technology. 2012;25(2):168–172. (In Russ.).

14. Khomych G, Matsuk Yu, Nakonechnaya Ju, Oliynyk N, Medved L. Study of the chemical composition of cranberry and the use of berries in food technology. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017;6(11)(90):59–65. (In Russ.).

15. Dorn GA, Galieva AI, Reznichenko IYu, Guryanov JuG. Development formulation and production technology sugar confectionery as factors form them quality. Technology and merchandising of the innovative foodstuff. 2014;24(1):62–68. (In Russ.).

16. Retseptury na karamel′ [Caramel recipes]. Moscow: Food industry; 1986. 603 p. (In Russ.).

17. Floros JD, Newsome R, Fisher W, Barbosa-Cánovas GV, Chen H, Dunne CP, et al. Feeding the World Today and Tomorrow: The Importance of Food Science and Technology. Food Science and Food Safety. 2010;9(5):572–599. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00127.x.

18. Clemens RA, Jones JM, Kern M, Lee S-Y, Mayhew EJ, Slavin JL, et al. Functionality of sugars in food and health. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2016;15(9):433–470. DOI: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12194.

19. Thomas B, Murphy DJ, Murray BG. Encyclopedia of Applied Plant Sciences. Academic Press; 2003. 2000 p.

20. Macfadyen S, Tylianakis JM, Letourneau DK, Benton TG, Tittonell P, Perring MP, et al. The role of food retailers in improving resilience in global food supply. Global Food Security. 2015;7:1–8. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.01.001.

21. Gregory PJ, Wahbi A, Adu-Gyamfi J, Heiling M, Gruber R, Joy EJM, et al. Approaches to reduce zinc and iron deficits in food systems. Global Food Security. 2017;15:1–10. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.03.003.

22. MR 2.3.1.2432-08. Normy fiziologicheskikh potrebnostey v ehnergii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii [Instructional Guidelines 2.3.1.2432-08 Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of population of the Russian Federation]. [Internet]. [cited 2019 Mar 14]. Available from: http://docs.cntd.ru/document/1200076084.

Резниченко Ирина Юрьевна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой управления качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: Irina.Reznichenko@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7486-4704

Фролова Нина Анатольевна
канд. техн. наук, зам. декана по учебной работе Инженерно-физического факультета, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Амурский государственный университет, 675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21, тел.: +7 (4162) 23-46-51, e-mail: ninelfr@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-0141-1998

Кучебо Вачеслав Вадимович
студент, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: Kuchebo.2014@mail.ru

Туров Семен Валерьевич
студент, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: kemdwarf42@gmail.com

Irina Yu. Reznichenko
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Departmen of Quality Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: Irina.Reznichenko@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7486-4704

Nina A. Frolova
Cand.Sci.(Eng.), Deputy Dean for Academic Affairs, Faculty of Engineering and Physics, Associate Professor of the Department of Life Safety, Amur State University, 21, Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, 675027, Russia, phone: +7 (4162) 23-46-51, e-mail: ninelfr@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-0141-1998

Vacheslav V. Kuchebo
Student, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: Kuchebo.2014@mail.ru

Semen V. Turov
Student, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: kemdwarf42@gmail.com

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-70-76
УДК 66.069.83:664

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Возможности совершенствования распылительной сушки пищевых суспензий

Г. В. Алексеев*, О. А. Егорова, Д. Молдованов, А. Н. Егоров

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49

Дата поступления в редакцию: 21.11.2018
Дата принятия в печать: 21.03.2019

**e-mail: gva2003@mail.ru*

© Г. В. Алексеев, О. А. Егорова, Д. Молдованов, А. Н. Егоров, 2019

Аннотация. В настоящее время при получении порошкообразных продуктов из суспензий применяется распылительная сушка, как наиболее эффективный вид сушки таких сред. Сложность процесса сушки связана с проблемами термической деструкции составляющих. Это значительно ухудшает свойства продукта и накладывает значительные ограничения на температурные режимы. Целью работы является моделирование переходных режимов работы соленоидов для создания управляемого эффекта кавитации при наложении на струю акустических колебаний при использовании магнитострикционных генераторов ультразвука. В работе приведена предполагаемая конструкция распылительной форсунки для сушки суспензий со встречно включенными соленоидами, которые при разряде тока вызывают деформирование главной магистрали подачи суспензии. От динамики срабатывания соленоидов зависит интенсивность срабатывания кавитационных процессов. При моделировании процесса работы соленоидов предполагается, что основным критерием изменения интенсивности кавитации является средняя скорость изменения объема кавитационной полости в стадии ее захлопывания, отнесенная к одному циклу колебаний для сферической полости, и что повышение статического давления жидкости приводит к сдвигу фазы захлопывания кавитационной полости. В рамках выбранной математической модели был проведен численный эксперимент с моделированием в программе MathCAD, который выявил зависимости изменения U(t), L(t), R(t). Полученные исследования позволяют прогнозировать балластные индукционную и активную нагрузку (R, L) для управления переходными процессами в соленоиде ультразвукового генератора. Данные зависимости дают возможность подобрать более эффективные параметры для сушки суспензий, что особенно важно для термочувствительных компонентов.

Ключевые слова. Распылительная сушка, форсунка, ультразвук, кавитация, пищевая суспензия, MathCAD

Для цитирования: Возможности совершенствования распылительной сушки пищевых суспензий / Г. В. Алексеев, О. А. Егорова, Д. Молдованов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 70–76. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-70-76.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Spray Drying of Food Suspensions: Upgrading Capabilities

G.V. Alekseev*, O.A. Egorova, D. Moldovanov, A.N. Egorov

Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia

Received: November 21, 2018
Accepted: March 21, 2019

**e-mail: gva2003@mail.ru*

© G.V. Alekseev, O.A. Egorova, D. Moldovanov, A.N. Egorov, 2019

Abstract. Spray drying is currently used to obtain powder products from suspensions. It is considered the most effective type of drying for such media. The complexity of the drying process is associated with thermal destruction of components, which degrades the properties of the product and imposes significant restrictions on temperature condition. The present research features the simulation of transient modes of operation of the solenoids to generate a controlled cavitation effect when applied to a stream of acoustic vibrations using a magnetostrictive generator of ultrasound. The authors propose a new design of spray nozzle for drying suspensions with counter-connected solenoids. Such solenoids can cause deformation of the main suspension supply line. The intensity of the cavitation processes depends on the dynamics of the solenoid actuation. The paper introduces a mathematical modeling of transient modes of operation for ultrasonic frequency generator solenoids that create a controlled cavitation effect when applied to the jet of acoustic oscillations of this frequency. When modeling the process of operation of solenoids, the main criterion for changing the intensity of cavitation is the average rate of change in the volume of the cavity at the stage of its collapse,

related to one cycle of oscillations for a spherical cavity. An increase in the static pressure of the liquid led to a shift in the phase of the collapse of the cavity. As a result of the chosen mathematical model, a numerical experiment with modeling in the MathCAD program was carried out. It revealed some graphical dependences of the change in U(t), L(t), and R(t). The obtained data allow one to predict the ballast induction and active load (R, L) for the control of transients in the solenoid of the ultrasonic generator. These dependences make it possible to choose more effective parameters for drying suspensions, which is especially important for heat-sensitive components.

Keywords. Spray drying, nozzle, ultrasound, cavitation, pectin, MathCAD

For citation: Alekseev GV, Egorova OA, Moldovanov D, Egorov AN. Spray Drying of Food Suspensions: Upgrading Capabilities. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):70–76. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-70-76.

Введение

Работу предприятий пищевой промышленности в настоящее время трудно представить без использования различных пищевых добавок, чаще всего используемых в виде порошков [1]. Само производство таких порошков, как правило получаемых из вторичных пищевых продуктов, сопряжено с процессами экстракции и последующей сушки получаемых суспензий [2].

При увеличении относительной скорости движения фаз теплообмен улучшается. Вследствие этого, с одной стороны, отношение поверхности к объему и время контакта фаз для крупных капель малы. С другой стороны, с уменьшением размера капель уменьшается и скорость охлаждения и конденсации пара по причине их быстрого прогрева и наличия в теплоносителе неконденсирующихся газов. Очевидно, что должен существовать некоторый промежуточный размер капель, для которого условия теплоотдачи будут оптимальны [3–5].

Тепло- и массоперенос при распыление осуществляется на поверхности фаз. Движение капли происходит в среде, которая представляет собой смесь воздуха и насыщенного водяного пара. Компоненты смеси имеют одинаковую температуру [6].

На подогрев воды в капле затрачивается тепло. После прогрева всего объема воды капля приобретает тепловую инертность [7].

Исходя из способа подвода энергии, процесс распыления делят на гидравлическое, механическое, пневматическое, электростатическое, ультразвуковое, пульсационное, распыление с предварительным газонасыщением, электрогидравлическое и комбинированное распыление.

При распылении происходит распад жидкости. Это обусловлено капиллярными силами, турбулентной пульсацией, кавитацией и внешними инерционными силами.

Разрушение струи происходит вследствие развития в ней колебательных процессов, которые образуются под воздействием аэродинамической силы и внутренних возмущений.

При ультразвуковом распылении увеличение поверхностной энергии струи достигается путем наложения на нее акустических колебаний ультразвуковой частоты [8–11].

Как правило, применяются два способа подвода к жидкостной струе высокочастотного колебания: с помощью пьезоэлектрических и магнитострикционных генераторов [12]. Можно предположить, что в таких форсунках основную роль при распаде жидкости играет кавитация. Критерием интенсивности кавитации является средняя скорость изменения объема кавитационной полости в стадии ее захлопывания, отнесенная к одному циклу колебаний для сферической полости. Этот критерий определяется зависимостью:

$$\chi = \left(\frac{R_{max}}{R_{min}}\right)^3 \Delta t \times f. \quad (1)$$

Повышение статического давления жидкости приводит к сдвигу фазы захлопывания кавитационной полости. В результате возрастает интенсивность ударной волны, возникающей в конечной стадии сжатия, что дает возможность управлять кавитацией. Некоторые авторы считают, что кавитация может являться основным процессом, определяющим дробление жидкости даже при обычном гидравлическом распыливании [13].

В предлагаемой конструкции распылительной форсунки для сушки (рис. 1) (например, молока, пектина, инулина или других пищевых добавок или основного сырья), жестко соединенные с ферромагнитной подающей суспензию магистралью (2),

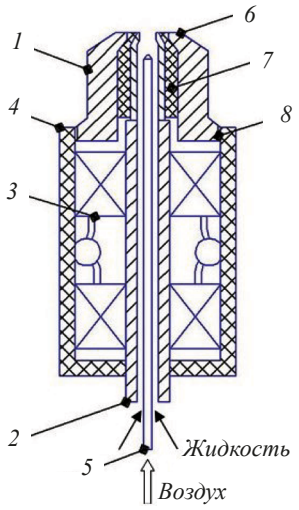


Рисунок 1 – Форсунка для распыления суспензии для сушки пищевых порошков: *1* – неметаллическая трубка для подачи горячего воздуха; *2* – ферромагнитная трубка для подачи суспензии; *3* – встречно включенные соленоиды; *4* – немагнитный корпус; *5* – сопло; *6* – форсунка; *7* – демпфирующий элемент; *8* – резьбовое соединение

Figure 1 – Nozzle for suspension spray for food powders drying: *1* – non-metallic tube for hot air supply; *2* – ferromagnetic tube for suspension feeding; *3* – counter-on solenoids; *4* – non-magnetic frame; *5* – nozzle; *6* – injector; *7* – damping element; *8* – threaded connection

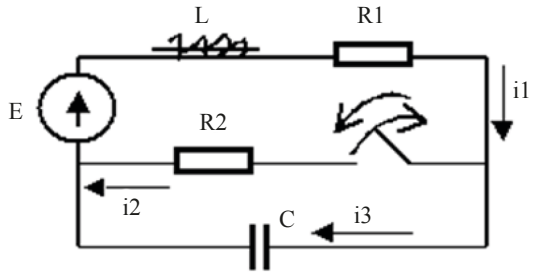


Рисунок 2 – Расчетная схема для определения реакции цепи. E – источник тока, L – катушка индуктивности, R_1 и R_2 – сопротивление, C – конденсатор

Figure 2 – Scheme for determining the reaction chain. E – current source, L – inductor, R_1 and R_2 – resistance, C – capacitor

встречно включенные соленоиды (3) при разряде тока вызывают мгновенную деформацию магистрали (2), которая заключена в корпус (4), к которому крепится цилиндрическое сопло с форсункой (6). Это соединение через демпфирующий элемент (7) посредством резьбы (8) обеспечивает герметичность конструкции, по оси которой через неметаллическую трубу подается горячий воздух [14–17].

Результаты и их обсуждение

Интенсивность кавитационных процессов зависит от динамики срабатывания соленоидов. Оценим возможность влияния на этот процесс путем процесса замыкания и размыкания цепи соленоидов.

Известно, что электрические импульсы могут возникать при определенных обстоятельствах в переходных процессах, происходящих при включении или выключении сетей, содержащих емкостную и индуктивную нагрузки [21].

Для выявления таких условий смоделируем ее работу для простейшей схемы включения указанных нагрузок.

Будем определять реакцию цепи для схемы (рис. 2), параметры которой: R_1 = 10 Ом, R_2 = 20 Ом, L = 0,02 Гн, C = 50 × 10^{-6}, E = 100 В, t_1 = 0,02 с.

Если воздействие, задаваемое электродвижущей силой источника напряжения или током, постоянно и равно, то определить реакцию электрической цепи можно таким образом:

$$e(t) = 100 \text{ В}, \quad (2)$$

$$I(t) = 1A. \quad (3)$$

Как правило, этот расчёт выполняют классическим методом [18–20].

Часто при компьютерных расчетах эту же реакцию при заданном воздействии определяют операторным методом.

Для реализации такого подхода строят зависимость искомой реакции от времени на промежутке времени

$$t = (4 - 5)\tau. \quad (4)$$

Если корни характеристического уравнения p_1 и p_2 действительные и различные, то

$$\tau = \frac{1}{|p_{min}|}, \quad (5)$$

где p_{min} – наименьший из корней p_1 и p_2.

В случае комплексно-сопряжённых корней характеристического уравнения:

$$p_{1,2} = a + j\omega, \quad (6)$$

$$\tau = \frac{1}{|a|}. \quad (7)$$

Независимо от того какую реакцию требуется определить, рекомендуется определить ток в индуктивном элементе или напряжение на емкостном элементе (I_L или U_C). Искомую реакцию удобно выразить позже, использовав законы Кирхгофа для мгновенных значений цепи после коммутации [21].

Для расчёта операторным методом предлагается следующий порядок расчёта:

– изображается операторная схема замещения заданной электрической цепи в режиме после коммутации. Значение I_L (0_+) и U_C (0_+) взяты из предыдущего расчёта;

– к операторной схеме применяется любой из известных методов расчёта сложной резистивной цепи (метод, основанный на законах Кирхгоффа, метод контурных токов или метод узловых потенциалов) и определяется изображение по Лапласу искомой величины (I(p) или U(p));

– к полученному выражению применяем теорему разложения и записываем зависимость от времени реакции цепи I(t) или U(t).

Представим уравнения для цепи (рис. 2) в состоянии после коммутации.

В разомкнутом состоянии:

$$i_1 = i_3, \quad (8)$$

$$i_2 = 0, \quad (9)$$

$$E = L \times \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 + U_c, \quad (10)$$

$$i_3 = C\frac{dU_c}{dt}. \quad (11)$$

Следовательно, в разомкнутом состоянии имеем:

$$L \times \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 + U_c = \text{E}, \quad (12)$$

$$i_1 = C\frac{dU_c}{dt}. \quad (13)$$

В замкнутом состоянии:

$$i_1 = i_2 + i_3, \quad (14)$$

$$E = L \times \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 + R_2 i_2, \quad (15)$$

$$R_2 i_2 = 0, \quad (16)$$

$$i_3 = C\frac{dU_c}{dt}. \quad (17)$$

Следовательно, в замкнутом состоянии имеем:

$$L \times \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 + R_2 i_2 = \text{E}, \quad (18)$$

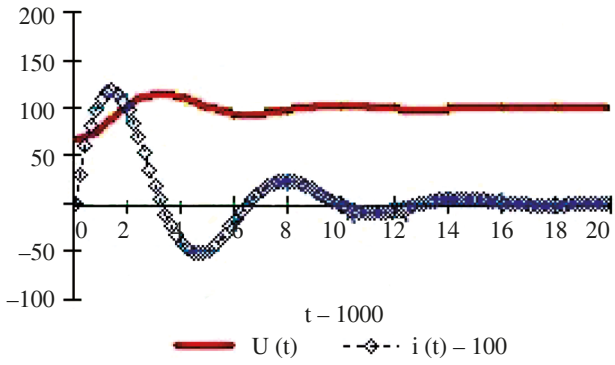


Рисунок 3 – Характер крутизны импульса в условиях размыкания цепи:

Figure 3 – The nature of the pulse tilt in the open circuit conditions

$$C\frac{dU_c}{dt} = i_1 - \frac{U_c}{R_2}. \quad (19)$$

Граничные условия при t = 0:

– перед коммутацией:

$$i_1(0) = 0, \quad (20)$$

$$U_c(0)=E; \quad (21)$$

– в условиях замкнутой цепи:

$$\frac{dU_c}{dt} = 0, \quad (22)$$

$$U_c(0) = \frac{R_2}{R_1 + R_2}E; \quad (23)$$

– в условиях разомкнутой цепи:

$$i_1(0) = \frac{E}{R_1 + R_2}, \quad (24)$$

$$\frac{dU_c}{dt} = 0. \quad (25)$$

Данные уравнения позволяют найти падение напряжения на конденсаторе U_c и точки i_1, i_2, i_3 во всех ветвях электрической цепи.

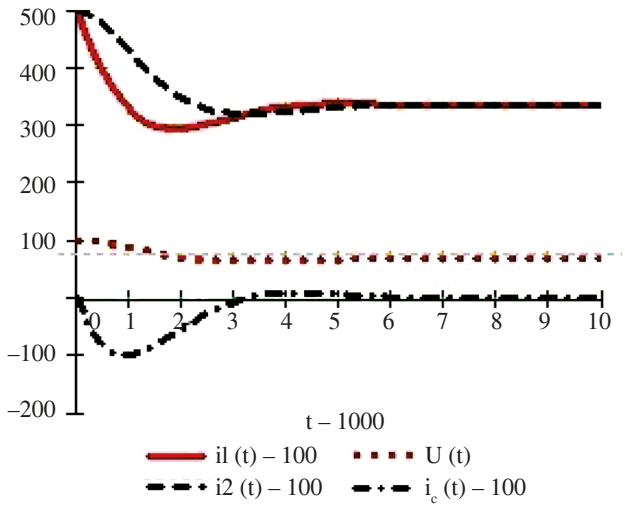


Рисунок 4 – Характер крутизны импульса в условиях замыкания цепи

Figure 4 – The nature of the pulse tilt in the close-in circuit conditions

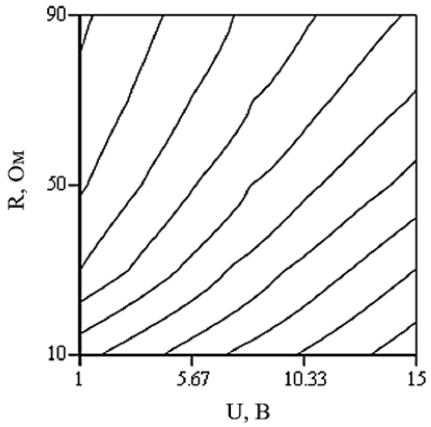


Рисунок 5 – Изменения напряжения от времени U(t) (0–15) и балластного сопротивления R(t) (10–90)

Figure 5 – Voltage changes according to time U (t) (0–15) and ballast resistance R (t) (10–90)

Учитывая сделанные замечания, проведем численный эксперимент с помощью программы Mathcad, реализующий описанный метод расчета, изменяя параметры сопротивлений и индуктивности:

Размыкание:

$$\text{Given } L \times C \times \frac{di_1{}^2}{dt^2}U(t) + R1 \times C\frac{di_1}{dt}U(t) + U(t) = \text{E}, \quad (26)$$

$$\text{U'}(0) = 0, U(0) = \frac{R_2}{R_1+R_2}E, \quad (27)$$

$$\text{U: = odesolve(t,t}_1\text{,100)}$$

$$t := 0, \frac{t1}{100}..t1 i(t) := C \times \frac{d}{dt}U(t). \quad (28)$$

Замыкание:

$$\text{Given } L \times C \times \frac{di_1{}^2}{dt^2}U(t) + \left(R1 \times C + \frac{L}{R2}\right)\frac{d}{dt}U(t) + \left(\frac{R1}{R2} + 1\right) \times U(t) = E, \quad (29)$$

$$\text{U'} = 0 \quad \text{U(0) = E}, \quad (30)$$

$$\text{U:=odesolve(t,t1,1000)} \quad t := 0, \frac{t1}{100}..t1, \quad (31)$$

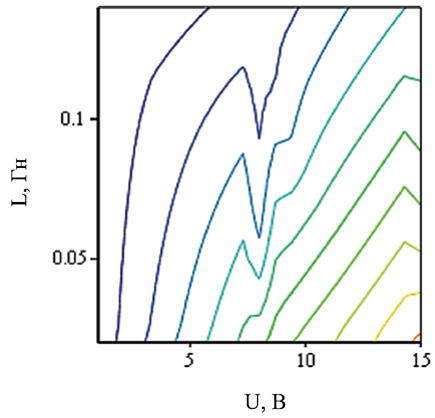


Рисунок 6 – Изменения напряжения от времени U(t) (0–15) и балластной индуктивности L(t) (0,02–0,14)

Figure 6 – Voltage changes according to time U (t) (0–15) and ballast inductance L (t) (0.02–0.14)

$$i_c(t) \coloneqq C \times \frac{d}{dt}U(t)i1(t) \coloneqq i_c(t) + \\ + \frac{U(t)}{R2}i2(t) \coloneqq \frac{U(t)}{R2}. \quad (32)$$

Повторяя процедуры вычислений для других значений параметров можно получить следующие зависимости, графики которых представлены ниже [8].

Выводы

Полученные зависимости, отраженные на рис. 3, свидетельствуют о постепенном уменьшении напряжения в сети при ее размыкании, но говорят и о наличии некоторого критического значения сопротивления, при котором в начальный момент времени напряжение достигает максимального значения.

Другой важный вывод можно сделать об изменении напряжения при изменении индуктивности. Напряжения в цепи растут по мере увеличения времени и индуктивности (рис. 5), но существует критическое время резкого его скачка по величине.

Полученные результаты позволяют прогнозировать параметры сети содержащей балластные, индукционную и активную нагрузку (R, L) для управления переходными процессами в ней. Такие меры могут, например, обеспечить создание нужного электрического импульса в соленоидах распылительной форсунки и способствовать подбору более эффективных режимов сушки суспензий.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Амброзевич, Е. Г. Особенности европейского и азиатского подходов к ингредиентам для продуктов здорового питания / Е. Г. Амброзевич // Пищевая промышленность. – 2005. – № 4. – С. 12–13.

2. Особенности сушки порошковых пищевых продуктов в псевдоожиженном режиме / Г. В. Алексеев, О. А. Егорова, А. Г. Леу [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2017. – Т. 5, № 4. – С. 34–40.

3. Кинетика распылительной сушки растительных материалов / Ю. А. Максименко, Ю. С. Феклунова, Э. Р. Теличкина [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – Т. 11, № 3. – С. 77–82.

4. Муканов, Р. В. Разработка электростатического способа диспергирования жидких сред / Р. В. Муканов, В. Я. Свинцов // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, № 1 (112). – С. 44–52.

5. Голованов, А. Н. О влиянии периодических пульсаций газа-охладителя на характеристики теплообмена в системе пористого охлаждения / А. Н. Голованов, Е. В. Рулёва // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2011. – Т. 14, № 2. – С. 85–90.

6. Алексанян, И. Ю. Математическое моделирование тепломассопереноса при распылительной сушке растительных экстрактов / И. Ю. Алексанян, Ю. А. Максименко, Ю. С. Феклунова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – № 1. – С. 9–13.

7. Хабибов, Ф. Ю. Интенсификация процесса сушки сельхозпродуктов комбинированным методом подвода энергии / Ф. Ю. Хабибов, Х. Ф. Джураев, О. Р. Абдурахмонов // Пищевая промышленность. – 2013. – № 7. – С. 24–25.

8. Исследование процесса сушки диспергированных материалов с применением акустических полей / Б. С. Сажин, О. С. Кочетов, В. Б. Сажин [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2009. – Т. 101, № 8. – С. 113–122.

9. Исследование процессов сушки диспергированных материалов с применением акустических форсунок / Б. С. Сажин, О. С. Кочетов, В. Б. Сажин [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2008. – Т. 84, № 4. – С. 118–123.

10. Интенсификация процессов сушки диспергированных материалов путем применения акустических полей в режимах работы распыливающих и улавливающих устройств / О. С. Кочетов, В. Б. Сажин, Л. Я. Живайкин [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2007. – Т. 75, № 7. – С. 41–45.

11. Бородина, Е. С. Повышение эффективности процессов сушки путем применения физических полей / Е. С. Бородина, О. С. Кочетов // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. – 2014. – № 10. – С. 155–160.

12. Царахова, Э. Н. Интенсификация технологических процессов с помощью ультразвука / Э. Н. Царахова, Д. Г. Касьянов, Н. А. Одинец // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2010. – Т. 314–315, № 2–3. – С. 122–123.

13. Кондратов, А. В. О модели развития кавитационной полости при измельчении пищевого сырья / А. В. Кондратов, Е. И. Верболоз, Г. В. Алексеев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 11. – С. 27–29.

14. Сошенко, М. В. Применение физических полей, реализуемых акустическими форсунками, для процессов сушки распыливанием / М. В. Сошенко, М. В. Лебедева, О. С. Кочетов // Инновационная наука. – 2017. – № 5. – С. 63–65.

15. Шмырев, Д. В. Характеристики акустических систем, используемых в конструкциях форсунок аппаратов распылительной сушки / Д. В. Шмырев, Е. В. Коверкина, О. С. Кочетов // Символ науки. – 2017. – Т. 2, № 3. – С. 142–144.

16. Федорченко, И. А. Численное моделирование частотных характеристик струйных процессов в сушильной камере / И. А. Федорченко // Вестник ННГУ. – 2011. – № 4–3. – С. 1209–1211.

17. Распылительная сушилка / И. Ю. Алексанян, Ю. А. Максименко, О. Е. Губа [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 55–59.

18. Гетия, И. Г. Исследования вихревой распылительной сушилки для дисперсных материалов / И. Г. Гетия // Инновационная наука. – 2015. – № 10–1. – С. 55–58.

19. Алексеев, Г. В. Использование математического моделирования для ресурсосберегающих пищевых производств / Г. В. Алексеев, О. И. Аксенова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – № 3. – С. 1–10.

20. Критериальное уравнение процесса акустического распыления жидких и пастообразных пищевых продуктов / О. А. Петровичев, Ю. А. Максименко, С. В. Синяк [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2014. – Т. 58, № 2. – С. 102–105.

21. Демирчян, К. С. Теоретические основы электротехники / К. С. Демирчян. – СПб. : Питер, 2009. – 432 с.

References

1. Ambrozevich EG. Osobennosti evropeyskogo i aziatskogo podkhodov k ingredientam dlya produktov zdoro-vogo pitaniya [European and Asian approaches to healthy food ingredients]. Food processing industry. 2005;(4):12–13. (In Russ.).

2. Alekseev GV, Egorova OA, Leeuw AG, Derkanosova AA. Specifics of powdered food products' drying in a fluidized mode. Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2017;5(4):34–40. (In Russ.).

3. Maksimenko YuA, Feklunova YuS, Telichkina ER, Pshenichnaya NE. Kinetics of spray drying plant materials. Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food. 2016;11(3):77–81. (In Russ.).

4. Mukanov RV, Svintsov VYa. Developing electrostatic method of liquid medium dispersion. Vestnik MGSU. 2018;13(1) (112):44–52. (In Russ.).

5. Golovanov AN, Rulyova EV. On the influence of periodic pulsations of a gas-cooler on heat exchange characteristics in a system of porous cooling. Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics. 2011;14(2):85–90. (In Russ.).

6. Aleksanyan IYu, Maksimenko YuA, Feklunova YuS. Mathematical modeling of heat and mass transfer from spray drying of plant extracts. Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics. 2013;(1):9–13. (In Russ.).

7. Habibov FYu, Djuraev HF, Abdurahmonov OR. Intensification of of Agricultural Products of Drying by the Combined Method of Energy Supply. Food processing industry. 2013;(7):24–25. (In Russ.).

8. Sazhin BS, Kochetov OS, Sazhin VB, Dmitrieva LB, Sazhina MB, Kostyleva AV, et al. Issledovanie protsessa sushki dispergirovannykh materialov s primeneniem akusticheskikh poley [The drying process of dispersed materials using acoustic fields]. Adnvances in Chemistry and Chemical Technology. 2009;101(8):113–122. (In Russ.).

9. Sazhin BS, Kochetov OS, Sazhin VB, Kostyleva AV, Aparushkina MA, Bobrova EO. Issledovanie protsessov sushki dispergirovannykh materialov s primeneniem akusticheskikh forsunok [Drying processes of dispersed materials using acoustic nozzles]. Adnvances in Chemistry and Chemical Technology. 2008;84(4):118–123. (In Russ.).

10. Kochetov OS, Sazhin VB, Zhivaykin LYa, Soshenko MV, Kostylev AV, Aparushkina MA. Intensifikatsiya protsessov sushki dispergirovannykh materialov putem primeneniya aku-sticheskikh poley v rezhimakh raboty raspylivayushchikh i ulavlivayushchikh ustroystv [Intensification of the drying processes of dispersed materials by using acoustic fields in the operation modes of spraying and trapping devices]. Adnvances in Chemistry and Chemical Technology. 2007;75(7):41–45. (In Russ.).

11. Borodina ES, Kochetov OS. Povyshenie ehffektivnosti protsessov sushki putem primeneniya fizicheskikh poley [Raising the drying process efficiency by using physical fields]. Fundamental′nye i prikladnye issledovaniya: problemy i rezul′taty [Basic and Applied Research: Problems and Results]. 2014;(10):155–160. (In Russ.).

12. Tsarakhova EhN, Kas′yanov DG, Odinets NA. Intensifikatsiya tekhnologicheskikh protsessov s pomoshch′yu ul′trazvuka [Intensification of technological processes using ultrasound]. News institutes of higher Education. Food technology. 2010;314–315(2–3)122–123. (In Russ.).

13. Kondratov AV, Verboloz YeI, Alekseeva GV. About model of cavitationa cavity development at pounding food raw material. Storage and processing of farm products. 2007;(11):27–29. (In Russ.).

14. Soshenko MV, Lebedeva MV, Kochetov OS. Primenenie fizicheskikh poley, realizuemykh akusticheskimi forsunkami, dlya protsessov sushki raspylivaniem [Physical fields implemented by acoustic nozzles for spray drying processes]. Innovatsionnaya nauka [Innovative Science]. 2017;(5):63–65. (In Russ.).

15. Shmyrev DV, Koverkina EV, Kochetov OS. Kharakteristiki akusticheskikh sistem, ispol′zuemykh v konstruktsiyakh forsunok apparatov raspylitel′noy sushki [Characteristics of acoustic systems used in nozzles for spray-drying devices]. Symbol of Science. 2017;2(3):142–144. (In Russ.).

16. Fedorchenko IA. Numerical modeling of frequency characteristics of jet processes in a drying chamber. Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod. 2011;(4–3):1209–1211. (In Russ.).

17. Aleksanyan IYu, Maksimenco YuA, Guba OE, Feklunova YuS. Spray dryer. Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food. 2015;6(2)55–59. (In Russ.).

18. Getiya IG. Issledovaniya vikhrevoy raspylitel′noy sushilki dlya dispersnykh materialov [Vortex spray dryer for dispersed materials]. Innovatsionnaya nauka [Innovative Science]. 2015;(10–1):55–58. (In Russ.).

19. Alexeev GV, Aksenova OI. Use of mathematical modeling for resursosberegayuschih food production. Scientific Journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment. 2014;(3)1–10. (In Russ.).

20. Petrovichev OA, Maksimenko YuA, Sinyak SV, Saipova LH-A. Dimensionless equation of the process of acoustic dispersion of liquid and pasty food. Vestnik of Astrakhan State Technical University. 2014;58(2)102–105. (In Russ.).

21. Demirchyan KS. Teoreticheskie osnovy ehlektrotekhniki [Theoretical Basics of Electrical Engineering]. St. Petersburg: Peter; 2009. 432 p. (In Russ.).

Алексеев Геннадий Валентинович
д-р техн. наук, профессор, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: +7 (921) 335-07-96, e-mail: gva2003@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-2867-108X

Gennadii V. Alekseev
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Department of Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: +7 (921) 335-07-96, e-mail: gva2003@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-2867-108X

Егорова Ольга Алексеевна
аспирант факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49
https://orcid.org/0000-0002-2142-5345

Olga A. Egorova
Postgraduate Student of the Department of Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia
https://orcid.org/0000-0002-2142-5345

Молдованов Дмитрий
аспирант факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных техно-логий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49
https://orcid.org/0000-0003-3450-9692

Dmitrii Moldovanov
Postgraduate Student of the Department of Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia
https://orcid.org/0000-0003-3450-9692

Егоров Алексей Николаевич
магистрант факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных техно-логий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49
https://orcid.org/0000-0002-0849-6966

Aleksey N. Egorov
Undergraduate Student of the Department of Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia
https://orcid.org/0000-0003-3450-9692

ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-77-84
Оригинальная статья
УДК 664.651.2
http://fptt.ru/

Определение ключевых параметров работы вибрационного смесителя при получении мучных хлебопекарных смесей

Д. М. Бородулин[1], Т. В. Зорина[1,*], В. Н. Иванец[1], Е. В. Невская[2], О. Е. Тюрина[2], А. Е. Борисова[2]

[1] ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

[2] ФГАНУ «Научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Б. Черкизовская, 26А

Дата поступления в редакцию: 29.02.2019
Дата принятия в печать: 28.03.2019

**e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru*

© Д. М. Бородулин, Т. В. Зорина, В. Н. Иванец, Е. В. Невская, О. Е. Тюрина, А. Е. Борисова, 2019

Аннотация. Питание является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье общества. Особое внимание уделяется качеству продукта и наличию в нем ценных веществ. Поэтому для определения ключевых параметров работы смесителя была подобрана мучная хлебопекарная смесь с высоким содержанием белка. Известно много работ, посвященных получению мучных хлебопекарных смесей на смесителях различного типа. В связи с этим нами была предпринята попытка получить данные смеси на оригинальном вибрационном смесителе непрерывного действия. В рамках исследования целесообразности приготовления в исследуемом смесителе мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка экспериментально определяли скорость ее вибротранспортирования по рабочему органу аппарата. При определении эффективности процессов смешивания, кроме скорости вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси, важное значение имеет потребляемая мощность аппарата. Поэтому также были проведены исследования по определению взаимного влияния технологических параметров смесителя на потребляемую мощность. Анализ полученных результатов исследования по определению влияния ключевых параметров на скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси υ показал, что она возрастает с увеличением частоты колебаний рабочего органа f и амплитуды колебаний A. Кроме того, в ходе исследований выяснилось, что чем выше амплитуда и частота колебаний, тем больше значение потребляемой мощности вибросмесителя. В результате были определены его ключевые параметры работы при получении мучных хлебопекарных смесей: амплитуда вибрации A = 0,0035 м, угол вибрации β = 45°, высота виброкипящего слоя 0,02 м, диаметр перфорации рабочего органа аппарата d = 0,007 м.

Ключевые слова. Вибрационный смеситель, мучная хлебопекарная смесь, скорость вибротранспортирования, потребляемая мощность

Для цитирования: Определение ключевых параметров работы вибрационного смесителя при получении мучных хлебопекарных смесей / Д. М. Бородулин, Т. В. Зорина, В. Н. Иванец [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 77–84. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-77-84.

Original article
Available online at http://fptt.ru/

Key Operation Parameters of the Vibration Mixer in the Production of Flour Baking Mixes

D.M. Borodulin[1], T.V. Zorina[1,*], V.N. Ivanets[1], E.V. Nevskaya[2], O.E. Turina[2], A.E. Borisova[2]

[1] Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650043, Russia

[2] Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, B. Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia

Received: February 29, 2019
Accepted: March 28, 2019

**e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru*

© D.M. Borodulin, T.V. Zorina, V.N. Ivanets, E.V. Nevskaya, O.E. Turina, A.E. Borisova, 2019

Abstract. Food is one of the major health-determining factors. Thus, any product should be of high quality and contain valuable substances. Therefore, the authors selected a flour baking mix with a high content of protein to determine the key operation parameters of the vibration mixer. There have been a lot of researches that feature flour baking mixes with the help of various

mixers. The present research employed an original vibration mixer of continuous action with a method of "consecutive dilution". The experiment determined the speed of vibrotransportation of the protein mix through the operating part of the device. The power consumption of the device, as well as the speed of the vibrotransportation of the baking mix, can affect the process of mixing. Therefore, the authors studied the mutual impact of the technological parameters of the mixer and the power consumption. The analysis helped to determine the effect of the key parameters on the speed of vibrotransportation of the flour baking mix. The speed υ increased with the increase in the oscillation frequency of the operating part f and the vibration amplitude A. A high amplitude and oscillation frequency proved to increase the value of power consumption of the vibromixer. Its key operation parameters were as follows: the amplitude of vibration A = 0.0035 m, the angle of vibration β = 45°, the height of the vibroboiling layer = 0.02 m, the diameter of perforation of the operating part of the device d = 0.007 m.

Keywords. Vibrating mixer, baking flour mixture, vibration transport speed, power consumption

For citation: Borodulin DM, Zorina TV, Ivanets VN, Nevskaya EV, Turina OE, Borisova AE. Key Operation Parameters of the Vibration Mixer in the Production of Flour Baking Mixes. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):77–84. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-77-84.

Введение

Питание является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье общества. Особое внимание обращается на качество пищевых продуктов. Важным органическим веществом в организме человека является белок, необходимый для формирования и восстановления мышц, волос, ногтей, кожи и внутренних органов. Он выполняет огромное количество функций, которые поддерживают здоровье всего организма. Исходя из этого, для проведения исследований по определению ключевых параметров работы вибрационного смесителя была подобрана мучная хлебопекарная смесь с высоким содержанием белка.

При производстве сухих мучных смесей одной из основных проблем является равномерное распределение компонентов, вносимых в небольших количествах, по всему объему готового продукта. Решение данной проблемы – использование вибрационных смесителей из-за их простоты, достаточной эффективности смешивания и ценовых характеристик [1–5]. Исследование работы вибрационных смесителей непрерывного действия является актуальной научной задачей, представляющей большой народно-хозяйственный интерес для пищевой промышленности [6–8].

Целью данной работы является определение ключевых параметров работы вибрационного смесителя для получения мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка заданного качества.

Таблица 1 – Рецептура мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка и дисперсность её ингредиентов

Table 1 – Recipe flour baking mixture with a high protein content and the dispersion of its ingredients

Наименование сырья	Расход сырья, кг	Дисперсность, $м^{-1}$
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	83,7	16000–25000
Соль пищевая	1,3	300–500
Сахар белый	1,7	500–700
Кунжутная мука	4,2	11000–16000
Изолят сывороточного белка	4,2	10000–20000
Изолят соевого белка	4,2	10000–20000
Клейковина сухая	0,8	5500–6500
Итого:	100,0	–

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследований процесса смешивания мучной хлебопекарной смеси был использован оригинальный вибрационный смеситель непрерывного действия [9].

Проанализировав рынок отечественного и зарубежного сырья, для экспериментальных исследований были подобраны рецептурные компоненты с содержанием белка не менее 30 г на 100 г продукта: изолят сывороточного белка (95 г белка в 100 г продукта), изолят соевого белка (90 г белка в 100 г продукта), сухая пшеничная клейковина (78 г белка в 100 г продукта), кунжутная мука (30 г белка в 100 г продукта) [10–13]. Для проведения расчетов пищевой ценности была использована методика, разработанная на базе Федерального государственного автономного научного учреждения «Научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности». В соответствии с приложением 2 к ТР ТС 022/2011 рекомендуемый уровень суточного потребления белка составляет 75 г. В приложении 4 к ТР ТС 022/2011 приведена таблица коэффициентов пересчета энергетической ценности основных пищевых веществ пищевой продукции согласно которой в 1 г белка содержится 4 ккал или 17 кДж [14]. Таким образом, была смоделирована рецептура мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка с учетом всех вышеперечисленных требований, которая представлена в таблице 1.

По результатам расчета пищевой ценности содержание белка в изделиях составило 14,5 %, т. е. 19,2 % от суточной потребности, 22,0 % энергетической ценности (калорийности) пищевой продукции.

В рамках исследования целесообразности приготовления в смесителе подобранной мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка экспериментально определяли скорость ее вибротранспортирования по рабочему органу вибрационного смесителя. Она оказывает существенное влияние на производительность смесителя, его геометрические параметры и зависит от угла β, амплитуды A и частоты f вибрации, а также от высоты виброкипящего слоя (ВКС) и наличия перфорации на рабочем органе вибрационного смесителя.

Руководствуясь следующей методикой [15], были проведены исследования по определению скорости вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу аппарата.

1. Определяли среднюю длину пути перемещения компонентов мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу аппарата по следующей формуле:

$$l_{\text{ср}_i} = \frac{2 \times \pi \times (D_{\text{н}} + D_{\text{вн}})}{4 \times \cos\gamma}, \quad (1)$$

где $l_{\text{ср}i}$ – средняя длина пути, м;

$D_{\text{н}}$ – наружный диаметр рабочего органа, м;

$D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр рабочего органа, м;

γ – угол наклона винтового рабочего органа.

В данном случае путь – это длина поверхности, по которой двигалась мучная хлебопекарная смесь;

2. Устанавливали ключевые параметры работы вибрационного смесителя и выводили его на стационарный режим;

3. Вносили частицу-индикатор (подкрашенная крупица пищевой соли) в поток мучной хлебопекарной смеси и замеряли время её прохождения по рабочему органу вибрационного смесителя №

4. Определяли скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу аппарата по формуле:

$$v_{\text{ср}_i} = \frac{l_{\text{ср}_i}}{t_{\text{л}_i}}, \quad (2)$$

где $v_{\text{ср}_i}$ – это скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу аппарата, м/с; $t_{\text{л}_i}$ – это время прохождения частицы-индикатора по рабочему органу вибрационного смесителя, с.

Затем были проведены исследования по определению взаимного влияния технологических параметров смесителя на потребляемую мощность. Исследование поочередно проводилось на двух конструкциях вибрационного смесителя непрерывного действия, выполненных по патенту № 2626415 и отличающихся только количеством витков рабочего органа, а следовательно и его массой [9]. В первом случае смеситель состоял из 4 витков рабочего органа (масса составляла 16,5 кг), а во втором 8 (масса составляла 25,5 кг). Исследования по определению взаимного влияния технологических параметров смесителя на потребляемую мощность проводились следующим образом:

1. Вибрационный смеситель подключали к амперметру, вольтметру и ваттметру;

2. Устанавливали ключевые параметры работы аппарата (амплитуду *A* и частоту *f* вибрации) и выводили его на стационарный режим работы;

3. Производили замеры напряжения (*U*, В) и силы тока (*I*, А), потребляемых электродвигателем смесителя;

4. По полученным данным производили расчет значений потребляемой мощности по формуле:

$$N = I \times U, \quad (3)$$

где *N* – потребляемая мощность, Вт;

I – сила тока, А;

U – напряжение, В.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведения исследования по определению скорости вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу вибрационного смесителя в качестве ключевых были использованы параметры: угол вибрации (β = 30; 45 и 60°), амплитуда (*A* = 0,0025; 0,0035 и 0,0045 м), частота колебаний дебалансов (*f* = 16,66; 21; 25; 29 и 33,33 Гц), высота виброкипящего слоя (ВКС = 0,02; 0,03 и 0,04 м), перфорация (*d* = 0,005; 0,007 м; без перфорации).

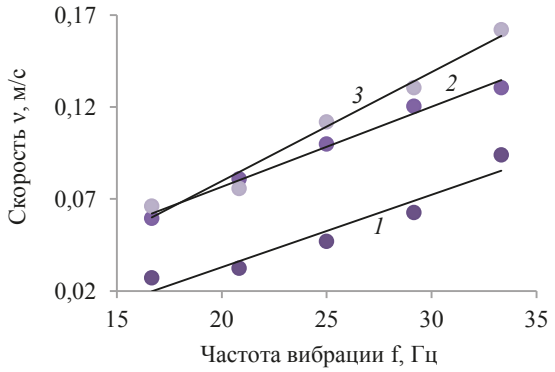
Результаты исследований по определению скорости вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу смесителя отображены на рисунках 1–4 и в виде аналитических уравнений.

На рисунке 1 представлена группа линий, отражающих влияние амплитуды *A* и частоты *f* колебаний на скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу аппарата (угол вибрации β = 45°, высота ВКС 0,02 м, перфорация отсутствует).

Из рисунка 1 видно, что наибольшие значения скорости вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу аппарата наблюдается при *A* = 0,0045 м, а наименьшие при *A* = 0,0025 м. Соответственно, чем больше амплитуда *A* и частота вибрации *f*, тем выше скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси *v*. Амплитуда отвечает за отрывание материала на определенную высоту от плоскости, тем самым способствуя лучшему продвижению смеси по рабочему органу аппарата. Следовательно, для интенсификации процесса смешивания мучной хлебопекарной смеси и увеличения производительности аппарата необходимо увеличивать данные параметры. Аппроксимирующие уравнения полученных линий имеют вид:

$$v_1 = 0{,}003\,f - 0{,}045 \ \ (\text{A} = 0{,}0025\ \text{м}), \quad (4)$$

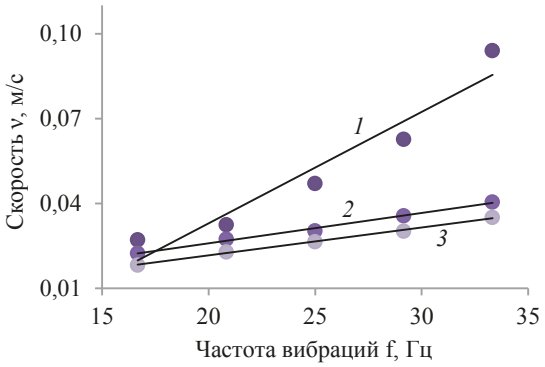
$$v_2 = 0{,}004\,f - 0{,}01 \ \ (\text{A} = 0{,}0035\ \text{м}), \quad (5)$$



(1) A = 0,0025 м *(2) A* = 0,0035 м *(3) A* = 0,0045 м

Рисунок 1 – Графическая зависимость скорости перемещения мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу от амплитуды (*A*) и частоты вибрации (*f*)

Figure 1 – Characteristic curve of the effect of the amplitude (*A*) and frequency of vibration (*f*) on the path velocity of the flour baking mixture



(1) ВКС = 0,02 м *(2)* ВКС = 0,03 м *(3)* ВКС = 0,04 м

Рисунок 2 – Графическая зависимость скорости перемещения мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу от высоты ВКС и частоты вибрации (*f*)

Figure 2 – Characteristic curve of the effect of the vibroboil height and the frequency of vibration (*f*) on the path velocity of the flour baking mix

$$v_3 = 0{,}005\,f - 0{,}038 \ \ (\text{A} = 0{,}0045\ \text{м}). \qquad (6)$$

На рисунке 2 представлена группа линий, отражающих влияние высоты ВКС и частоты *f* вибрации на скорость (угол вибрации β = 45°, амплитуда вибрации *A* = 0,0045 м, перфорация отсутствует).

Из рисунка 2 видно, что наибольшая скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси наблюдается при ВКС равном 0,02 м, а наименьшая при 0,04 м. Можно сделать вывод: чем выше частота вибрации *f* и ниже ВКС, тем выше скорость вибротранспортирования исследуемой смеси. Это объясняется следующим: под действием вибрации частицы слоя мучной хлебопекарной смеси начинают двигаться вверх. В этот момент под слоем образуется разрежение, за счет чего происходит подсасывание воздуха через отверстие. ВКС смеси захватывает воздух снизу и вытесняет его вверх, являясь подобием «насоса», транспортирующим воздух через себя. Воздух, проникающий под слой материала через перфорацию, «запирает» отверстия и ухудшает истечение дисперсной фазы через них. Соответственно, чем выше ВКС материала, тем лучше истечение смеси через перфорацию и ниже скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси. Аппроксимирующие уравнения построенных линий имеют вид:

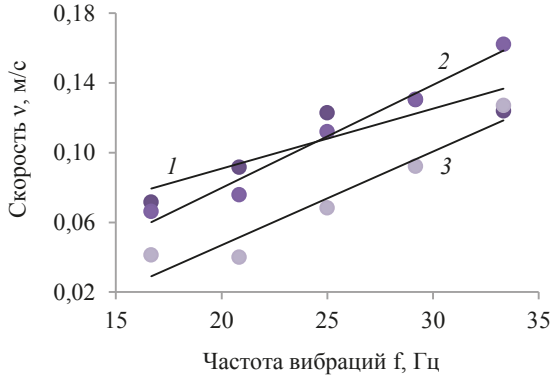
$$v_1 = 0{,}003\,f - 0{,}045 \ \ (h = 0{,}02\ \text{м}), \qquad (7)$$

$$v_2 = 0{,}001\,f - 0{,}004 \ \ (h = 0{,}03\ \text{м}), \qquad (8)$$

$$v_3 = 0{,}001\,f - 0{,}001 \ \ (h = 0{,}04\ \text{м}). \qquad (9)$$

На рисунке 3 представлена группа линий, отражающих влияние угла β и частоты *f* вибрации на скорость (амплитуда вибрации *A* = 0,0045 м, высота ВКС = 0,02 м, перфорация отсутствует).

Из рисунка 3 видно, что с увеличением угла вибрации скорость вибротранспортирования уменьшается. Максимальное значение достигается при угле вибрации β = 45°, так как при данном угле вибрации направленное возвратно-винтовое движение смеси осуществляется интенсивнее. Следовательно, для увеличения производительности вибрационного смесителя целесообразнее устанавливать именно данное значение угла вибрации. При угле вибрации β = 30° и β = 60° создаются менее благоприятные условия для перемещения мучной хлебопекарной смеси. Аппроксимирующие уравнения прямых имеют вид:



(1) β = 30° *(2)* β = 45° *(3)* β = 60°

Рисунок 3 – Графическая зависимость скорости перемещения мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу от угла (β) и частоты вибрации (*f*)

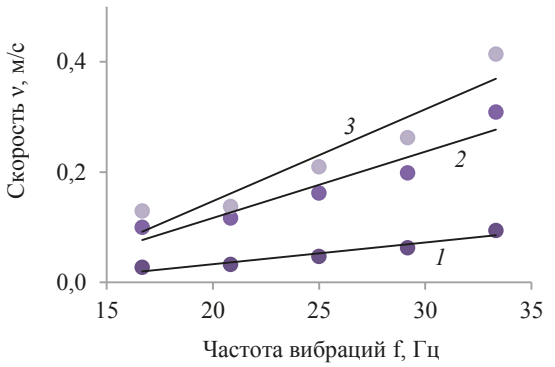
Figure 3 – Characteristic curve of the effect of the angle (β) and frequency of vibration (*f*) on the path velocity of the flour baking mixture

$$v_1 = 0{,}005\,f - 0{,}022\ (\beta = 30°), \qquad (10)$$

$$v_2 = 0{,}005\,f - 0{,}038\ (\beta = 45°), \qquad (11)$$

$$v_3 = 0{,}005\,f - 0{,}06\ (\beta = 60°). \qquad (12)$$

На рисунке 4 представлена группа линий, отражающих влияние диаметра отверстий *d* рабочего органа и частоты *f* вибрации на скорость (угол ви-



(1) Без перфорации *(2)* *d* = 0,005 м *(3)* *d* = 0,007

Рисунок 4 – Графическая зависимость скорости перемещения мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу от диаметра перфорации рабочего органа (*d*) и частоты вибрации (*f*)

Figure 4 – Characteristic curve of the effect of the diameter of the perforation (*d*) and the frequency of vibration (*f*) on the path velocity of the flour baking mixture

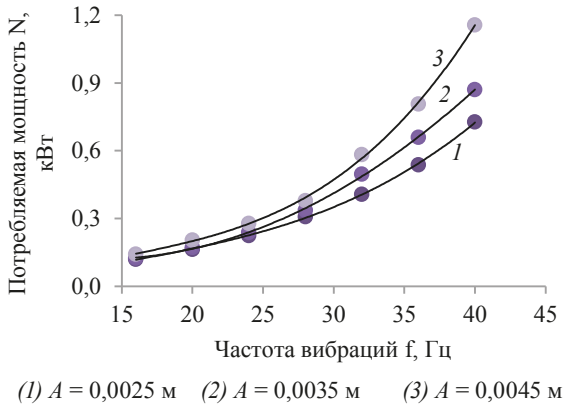


Рисунок 5 – Зависимость потребляемой мощности смесителя массой 16,5 кг от амплитуды и частоты вибрации

Figure 5 – Effect of the amplitude and frequency of vibration on the power consumption of the 16.5 kg mixer

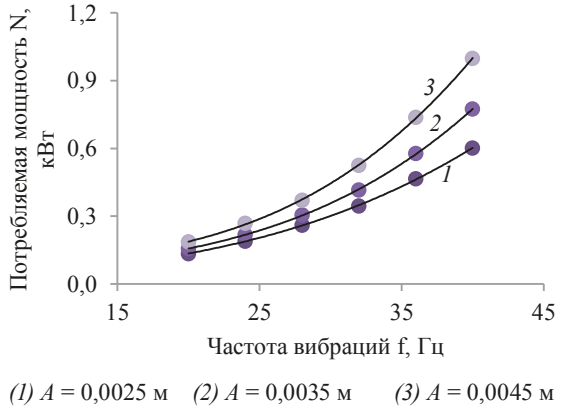


Рисунок 6 – Зависимость потребляемой мощности смесителя массой 25,5 кг от амплитуды и частоты вибрации

Figure 6 – Effect of the amplitude and frequency of vibration on the power consumption of the 25.5 kg mixer

брации β = 45°, амплитуда вибрации A = 0,0045 м, высота ВКС 0,02 м).

Из рисунка 4 видно, что наибольшие значения скорости вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси наблюдается при диаметре перфорации d = 0,007 м, а наименьшие при ее отсутствии. Следовательно, чем больше диаметр перфорации рабочего органа d, тем выше скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси. Увеличение исследуемого параметра происходит за счет подсоса воздуха через слой. Для исследования влияния площади перфорации рабочего органа на скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси были приняты диаметры отверстий 0,005 и 0,007 м с целью исключения влияния изменения высоты слоя на скорость вибротранспортирования, т. к. при больших значениях площади перфорации ВКС мучной хлебопекарной смеси на рабочих витках уменьшался. При диаметре отверстий (например, d = 0,002 м) наблюдалось увеличение ВКС мучной хлебопекарной смеси на рабочем органе вибрационного смесителя, что ведет к уменьшению скорости вибротранспортирования. Аппроксимирующие уравнения прямых имеют вид:

$$v_1 = 0{,}005\,f - 0{,}038 \text{ (без перфорации)}, \quad (13)$$

$$v_2 = 0{,}012\,f - 0{,}123 \text{ (10 отв.}, d = 0{,}005 \text{ м)}, \quad (14)$$

$$v_3 = 0{,}016\,f - 0{,}185 \text{ (10 отв.}, d = 0{,}007 \text{ м)}. \quad (15)$$

Далее отображены исследования по определению взаимного влияния технологических параметров смесителя на потребляемую мощность, имеющую важное значение при определении эффективности процессов смешивания. В ходе исследования в качестве ключевых были использованы параметры: амплитуда (A = 0,0025; 0,0035 и 0,0045 м), частота колебаний дебалансов (f = 16,66; 21; 25; 29 и 33,33 Гц), дисперсность мучной хлебопекарной смеси, которая представлена в таблице 1.

На рисунке 5 представлены результаты исследования по определению взаимного влияния амплитуды (A) и частоты колебания (f) смесителя массой 16,5 кг на потребляемую мощность.

На рисунке 6 представлены результаты исследования по определению взаимного влияния амплитуды (A) и частоты колебания (f) смесителя массой 25,5 кг на потребляемую мощность.

Из рисунка 5 видно, что значения потребляемой мощности для смесителя массой 16,5 кг выше почти во всем диапазоне частот. Из рисунка 6 видно, что для смесителя массой 25,5 кг двигателю требуются большие энергозатраты для преодоления резонансной частоты. Минимальное рабочее значение частоты колебаний, при котором конструкция массой 25,5 кг работает устойчиво, составляет 20 Гц, в то время как более легкая конструкция может работать уже при 16 Гц. Выявлена закономерность для обоих конструкций смесителей заключающаяся в том, что чем выше амплитуда колебания, тем больше потребляемая мощность. Также в ходе исследований наблюдалось, что более тяжелая конструкция не подвержена чужеродным колебаниям, которые вызывали у более легкой конструкции нестабильность работы: отсутствие направленной вибрации, переход в резонансную частоту, что приводило к сегрегации ингредиентов на рабочем органе. Наименьшие показатели потребляемой мощности наблюдаются при A = 0,0025 м, а наибольшие, при A = 0,0045 м.

Для конструкции смесителя массой 16,5 кг аппроксимирующие уравнения кривых имеют вид:

$$N_{\text{потр}} = 0{,}00002 \times f^3 - 0{,}001 \times f^2 + 0{,}0278 \times f - 0{,}1549 \ (A = 0{,}0025 \text{ м}), \quad (16)$$

$$N_{\text{потр}} = 0{,}0000005 \times f^3 + 0{,}001 \times f^2 + 0{,}0274 \times f - 0{,}3027 \ (A = 0{,}0035 \text{ м}), \quad (17)$$

$$N_{\text{потр}} = 0{,}00005 \times f^3 - 0{,}0022 \times f^2 + 0{,}0458 \times f - 0{,}2284 \ (A = 0{,}0045 \text{ м}). \quad (18)$$

Для конструкции смесителя массой 25,5 кг аппроксимирующие уравнения кривых имеют вид:

$$N_{\text{ПОТР}} = 0{,}000009 \times f^3 - 0{,}0001 \times f^2 + 0{,}0062 \times f - 0{,}0082\ (A = 0{,}0025\ \text{м}), \quad (19)$$

$$N_{\text{ПОТР}} = 0{,}00002 \times f^3 - 0{,}0006 \times f^2 + 0{,}0138 \times f - 0{,}0361\ (A = 0{,}0035\ \text{м}), \quad (20)$$

$$N_{\text{ПОТР}} = 0{,}00002 \times f^3 - 0{,}0005 \times f^2 + 0{,}0098 \times f - 0{,}0253\ (A = 0{,}0045\ \text{м}). \quad (21)$$

В результате исследования также выявлено, что большое влияние на потребляемую мощность оказывает влажность мучной хлебопекарной смеси и дисперсность её состава, который может изменяться в процессе воздействия на смесь. Поскольку самой мелкодисперсной является мука пшеничная хлебопекарная (16000–25000 м$^{-1}$), то рассмотрим влияние её дисперсности на потребляемую мощность: при начальной подаче муки пшеничной хлебопекарной наблюдается резкий скачок потребляемой мощности, который связан с увеличением её сцепления с поверхностью рабочего органа вибрационного смесителя. Затем под действием вибрации дисперсность муки пшеничной хлебопекарной повышается и она равномерно распределяется по длине рабочего органа вибрационного смесителя, тем самым наблюдается стабилизация потребляемой мощности. Также выявлено, что в различных режимах работы аппарата при увеличении его производительности потребляемая мощность уменьшается. Это свидетельствует об информативности потребляемой мощности как параметра, характеризующего качество готовой смеси и открывает возможность использования мощности для косвенного контроля её дисперсности в системах наблюдения за режимом работы вибрационного смесителя непрерывного действия.

Выводы

Анализ результатов исследования по определению влияния ключевых параметров на скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси v показал, что она возрастает с увеличением частоты колебаний рабочего органа f и амплитуды колебаний A, а некоторое снижение ее прироста в исследуемом диапазоне можно объяснить увеличивающимся эффектом проскальзывания муки по отношению к вибрирующей поверхности в режиме его отрывного движения по рабочему органу. Также в ходе исследований наблюдалось увеличение значений потребляемой мощности при возрастании амплитуды и частоты колебаний. Поскольку скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси при амплитуде вибрации A = 0,0045 м не сильно отличается от той, которая составляет A = 0,0035 м, то целесообразнее ее применять для уменьшения потребляемой мощности вибрационного смесителя.

В результате исследований были определены ключевые рациональные параметры работы вибрационного смесителя при получении мучных хлебопекарных смесей: амплитуда вибрации A = 0,0035 м, угол вибрации β = 45°, высота виброкипящего слоя 0,02 м, диаметр перфорации рабочего органа аппарата d = 0,007 м.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Ляшенко, В. С. Обзор и анализ смесителей сыпучих кормов / В. С. Ляшенко // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 18, № 2. – С. 56–60.

2. Особенности конструкций подъемных винтовых вибрационных смесителей непрерывного действия / А. Б. Шушпанников, Д. М. Бородулин, С. В. Злобин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 29, № 2. – С. 102–106.

3. Современное смесительное оборудование для приготовления многокомпонентных энергонасыщенных композиций / М. В. Коробчук, А. Н. Веригин, В. Г. Джангирян [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 4. – С. 240–243.

4. Пушко, В. А. Перспективы применения смесительного оборудования вибрационного типа в условиях инновационного комбикормового производства / В. А. Пушко, И. Г. Бойко // Вестник ВНИИМЖ. – 2017. – Т. 25, № 1. – С. 78–82.

5. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory andcentrifugal mixers / V. N. Ivanets, D. M. Borodulin, A. B. Shushpannikov [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 62–69. DOI: https://doi.org/10.12737/11239.

6. Денискина, Т. В. Теоретическое исследование движения материала на вибрирующей поверхности под действием направленных колебаний / Т. В. Денискина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 1. – С. 384–389.

7. Dubey, A. Powder flow and blending / A. Dubey // Predictive Modeling of Pharmaceutical Unit Operations / P. Pandey, R. Bharadwaj. – Elsevier, 2016. – P. 39–69. DOI: https://doi.org/10.1016/C2014-0-01077-5.

8. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions / L. Dyshlyuk, O. Babich, D. Belova [et al.] // Journal of Food Process Engineering. – 2017. – Vol. 40, № 1. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpe.12331.

9. Патент 2626415 Российская Федерация, B01F 11/00. Вибрационный смеситель / Шушпанников А. Б., Зорина Т. В., Шушпанников Е. А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет). – № 2016149970; опубл. 27.07.2017, Бюл. № 21.

10. Ballesteros Lopez, A. C. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread / A. C. Ballesteros Lopez, A. J. Guimarães Pereira, R. G. Junqueira // Brazilian Archives of Biology and Technology. – 2004. – Vol. 47, № 1. – P. 63–70. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000100009.

11. Udofia, P. G. Sensory evaluation of wheat-cassava-soybean composite flour (WCS) bread by the mixture experiment design / P. G. Udofia, P. J. Udoudo, N. O. Eyen // African Journal of Food Science. – 2013. – Vol. 7, № 10. – P. 368–374. DOI: https://doi.org/10.5897/AJFS09.108.

12. Белокурова, Е. В. Пищевые сухие композитные смеси в производстве мучных кулинарных и хлебобулочных изделий функционального назначения / Е. В. Белокурова, А. А. Дерканосова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2013. – Т. 56, № 2. – С. 119–124.

13. Колмаков, Ю. В. Хлеб из композитных мучных смесей / Ю. В. Колмаков, Л. А. Зелова, И. В. Пахотина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 126, № 4. – С. 133–136.

14. ТР ТС 022/2011. Пищевая продукция в части ее маркировки. – 2011. – С. 29.

15. Рокосов, С. Ю. Определение скорости перемещения муки по лотку винтового вибрационного конвейера / С. Ю. Рокосов, С. В. Злобин, О. П. Рынза // Инновационный конвент «Кузбасс: Образование, наука, инновации» / Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2011. – С. 46–47.

References

1. Lyashenko VS. Review and analysis of mixers bulk feed. Bulletin of Omsk State Agricultural University. 2015;18(2):56–60. (In Russ.).

2. Shushpannikov AB, Borodulin DM, Zlobin SV, Rokosov SY. Features of designs of lifting screw vibration mixers of continuous action. Food Processing: Techniques and Technology. 2013;29(2):102–106. (In Russ.).

3. Korobchuk MV, Verigin AN, Dzhangiryan VG, Fadeev DV, Abdullin IA. Sovremennoe smesitel′noe oborudovanie dlya prigotovleniya mnogokomponentnykh ehnergonasyshchennykh kompozitsiy [Modern mixing equipment in the production of multicomponent energy-saturated compositions]. Bulletin of the Technological University. 2013;16(4):240–243. (In Russ.).

4. Pushko VA, Boyko IG. Prospects of innovative vibrating type mixing equipment's application for combined feed productivity. Journal of VNIIMZH. 2017;25(1):78–82. (In Russ.).

5. Ivanets VN, Borodulin DM, Shushpannikov AB, Sukhorukov DV. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory andcentrifugal mixers. Foods and Raw Materials. 2015;3(1):62–69. DOI: https://doi.org/10.12737/11239.

6. Deniskina TV. A theoretical study of the movement of material on the vibrating surface under the influence of vibration direction. Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2014;(1):384–389. (In Russ.).

7. Dubey A. Powder flow and blending. In: Pandey P, Bharadwaj R, editors. Predictive Modeling of Pharmaceutical Unit Operations. Elsevier: 2016. pp. 39–69. DOI: https://doi.org/10.1016/C2014-0-01077-5.

8. Dyshlyuk L, Babich O, Belova D, Prosekov A. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions. Journal of Food Process Engineering. 2017;40(1). DOI: https://doi.org/10.1111/jfpe.12331.

9. Shushpannikov AB, Zorina TV, Shushpannikov EA, Shushpannikova AS. Vibratsionnyy smesitel′ [Vibration mixer]. Russian patent RU 2626415. 2017.

10. Ballesteros Lopez AC, Guimarães Pereira AJ, Junqueira RG. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. Brazilian Archives of Biology and Technology. 2004;47(1):63–70. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000100009.

11. Udofia PG, Udoudo PJ, Eyen NO. Sensory evaluation of wheat-cassava-soybean composite flour (WCS) bread by the mixture experiment design. African Journal of Food Science. 2013;7(10):368–374. DOI: https://doi.org/10.5897/AJFS09.108.

12. Belokurova EV, Derkanosova AA. Dietary composite dry mixture in the production of flour culinary and functionality products. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2013;56(2):119–124. (In Russ.).

13. Kolmakov YuV, Zelova LA, Pakhotina IV. Bread baked of composite flour mixes. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2015;126(4):133–136. (In Russ.).

14. TR TS 022/2011. Pishchevaya produktsiya v chasti ee markirovki [Technical Regulations of Customs Union 022/2011. Labeling of food products]. 2011. 29 p.

15. Rokosov SYu, Zlobin SV, Rynza OP. Opredelenie skorosti peremeshcheniya muki po lotku vintovogo vibratsionnogo konveyera [Determination of the path velocity of flour along the tray of the screw vibration conveyor]. Innovatsionnyy konvent "Kuzbass: Obrazovanie, nauka, innovatsii" [Innovation Convention "Kuzbass: Education, Science, Innovations"]; 2011; Kemerovo. Kemerovo: Kemerovo State University; 2011. p. 46–47. (In Russ.).

Бородулин Дмитрий Михайлович
д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологического проектирования пищевых производств, директор Института инженерных технологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: borodulin_dmitri@list.ru
https://orcid.org/0000-0003-3035-0354

Зорина Татьяна Владимировна
аспирант кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (908) 941-82-58, e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0521-0950

Иванец Виталий Николаевич
д-р техн. наук, профессор кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-37, e-mail: tppp@kemsu.ru

Невская Екатерина Владимировна
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГАНУ «Научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Б. Черкизовская, 26А, тел.: +7 (916) 701-94-92, e-mail: katerinarose@mail.ru

Тюрина Ольга Евгеньевна
канд. техн. наук, ученый секретарь, ФГАНУ «Научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Б. Черкизовская, 26А, тел.: +7 (915) 010-64-71, e-mail: oeturina@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-7863-0772

Борисова Алла Егоровна
канд. техн. наук, ученый секретарь, ФГАНУ «Научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Б. Черкизовская, 26А, тел.: + 7 (905) 530-15-35, e-mail: a.borisova@gosniihp.ru
https://orcid.org/0000-0001-7728-5129

Dmitrij M. Borodulin
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technological design of food productions, Director of the Institute of engineering technologies, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: borodulin_dmitri@list.ru
https://orcid.org/0000-0003-3035-0354

Tatyana V. Zorina
Graduate Student of the Department of Technological design of food productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (908) 941-82-58, e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0521-0950

Vitaliy N. Ivanets
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technological design of food productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-37, e-mail: tppp@kemsu.ru

Ekaterina V. Nevskaya
Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, B. Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (916) 701-94-92, e-mail: katerinarose@mail.ru

Olga E. Turina
Cand.Sci.(Eng.), Scientific Secretary, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, B. Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (915) 010-64-71, e-mail: oeturina@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-7863-0772

Alla E. Borisova
Cand.Sci.(Eng.), Scientific Secretary, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, B. Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: + 7 (905) 530-15-35, e-mail: a.borisova@gosniihp.ru
https://orcid.org/0000-0001-7728-5129

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-85-96
УДК 664.6(0.45)

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Влияние льняной муки на реологические свойства теста из смеси пшеничной и льняной муки и качество хлеба

С. И. Конева[1], Е. Ю. Егорова[1,*], Л. А. Козубаева[1], И. Ю. Резниченко[2]

[1] ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Ленина, 46

[2] ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная 6

Дата поступления в редакцию: 10.01.2018
Дата принятия в печать: 21.03.2019

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

© С. И. Конева, Е. Ю. Егорова, Л. А. Козубаева, И. Ю. Резниченко, 2019

Аннотация. Семена льна являются источником ряда ценных компонентов и используются для направленного моделирования пищевой ценности хлебобулочных изделий. Основным объектом исследования выступали мучные смеси, полученные путем смешивания муки пшеничной хлебопекарной первого сорта и льняной муки в процентном соотношении 92,5:7,5; 90,0:10,0 и 87,5:12,5. Реологические свойства теста исследовали на приборе Mixolab (Chopin Technologies, Франция) в Алтайском государственном техническом университете им. И. И. Ползунова (Барнаул, Россия). По данным миксолабограмм и радиальных диаграмм установлены различия в реологическом профиле мучных смесей. С увеличением доли льняной муки время замеса закономерно повышается (с 5,58 до 5,77 мин) и увеличивается время стабильного состояния теста (с 9,25 до 9,67 мин). Изучение реологических свойств теста показало прямую зависимость водопоглотительной способности мучных смесей от дозировки льняной муки (рост с 69,4 до 72,9 %). Индексы «Вязкость», «Амилолитическая активность» и «Ретроградация крахмала» находятся в обратной зависимости. С повышением дозировки льняной муки возрастают влажность теста (с 47,0 до 50,0 %) и начальная кислотность теста (от 2,5 до 3,5 град), что является причиной изменения скорости нарастания кислотности теста в процессе брожения. Это способствует более быстрому созреванию теста и сокращению общей продолжительности его брожения (с 90 до 60 мин). Полученные результаты позволяют охарактеризовать мучные смеси с добавлением льняной муки, как «средние по силе» (филлер), дающие хлеб с пониженным объемом. По результатам исследований авторами предложены оптимальная дозировка льняной муки (7,5–10,0 %) и режимы технологического процесса, позволяющие получить хлеб с хорошими потребительскими свойствами.

Ключевые слова. Хлеб, мука из семян льна (льняная мука), мучные смеси, тесто, биохимические свойства мучных смесей, реологические свойства теста, качество хлеба

Для цитирования: Влияние льняной муки на реологические свойства теста из смеси пшеничной и льняной муки и качество хлеба / С. И. Конева, Е. Ю. Егорова, Л. А. Козубаева [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 85–96. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-85-96.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

The Effect of Flaxseed Flour on the Rheological Properties of Dough Made of Flaxseed and Wheat Flour and Bread Quality

S.I. Koneva[1], E.Yu. Egorova[1,*], L.A. Kozubaeva[1], I.Yu. Reznichenko[2]

[1] Polzunov Altai State Technical University, 46, Lenina Str., Barnaul, 656038, Russia

[2] Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

Received: January 10, 2018
Accepted: March 21, 2019

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

© S.I. Koneva, E.Yu. Egorova, L.A. Kozubaeva, I.Yu. Reznichenko, 2019

Abstract. Flax seeds are a valuable source of several active components and can be used for controlled modeling of bakery food value. The study featured flour mixes of first grade wheat flour and flaxseed flour (flax meal) in the ratio 92.5%:7.5%; 90.0%:10.0%, and 87.5%:12.5%. The rheological properties of the dough were studied using the Mixolab (Chopin Technologies, France). The laboratory was located at the Polzunov Altai State Technical University (Barnaul, Russia). The mixolabogram and radial diagram

were used to define the differences in the parameters of the rheological profile of the 4 flour samples. With the increase of flaxseed flour in the composition, the mixing time increased from 5.58 to 5.77 minutes, and the stable state of the dough became longer: from 9.25 to 9.67 minutes. The water ab-sorption capacity of flour mixes directly depended on the dosage of flax flour and increased from 69.4 to 72.9%. However, viscosity, amylolytic activity, and retrogradation revealed inversed dependence on the dosage of flax flour. The moisture content of the dough increased from 47.0 to 50.0% and the initial acidity of the dough increased from 2.5 to 3.5 degree with the increasing dosage of flax flour, which changed the dynamics of acidification during fermentation. This resulted in a more rapid maturation of dough and reduced the total fermentation period from 90 to 60 minutes. Thus, the flax flour mixes can be characterized as "fillers" that produce bread of reduced volume. The authors state the optimal dosage of flax flour as 7.5–10.0% and propose various modes of the technological process for obtaining bread with good consumer properties.

Keywords. Bread, flaxseed flour (flax meal), flour mixes, dough, biochemical properties of flour mixes, rheological properties of dough, bread quality

For citation: Koneva SI, Egorova EYu, Kozubaeva LA, Reznichenko IYu. The Effect of Flaxseed Flour on the Rheological Properties of Dough Made of Flaxseed and Wheat Flour and Bread Quality. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):85–96. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-85-96.

Введение

Семена льна (*Linum usitatissimun L.*) рассматриваются современной диетологией не только как источник пищевого масла, богатого α-линоленовой кислотой [1, 2], но и в качестве дополнительного источника пищевого белка [1, 3], растворимых и нерастворимых пищевых волокон [4, 5], лигнанов [6, 7]. Именно со свойствами перечисленных компонентов льняных семян и продуктов их переработки следует связывать растущую популярность их включения в состав пищевых продуктов и активность исследований в качестве пищевого сырья, имеющего выраженные диетические свойства. Установлено, что пептиды белков льняных семян обладают антиоксидантными свойствами [8]. Растворимые пищевые волокна способствуют снижению уровня глюкозы и холестерина, в том числе при включении в рацион больных сахарным диабетом [9–11]. Лигнаны участвуют в регуляции веса, липидного профиля и артериального давления [6, 7, 12].

Некоторое непостоянство состава льняного масла обусловлено различием между ботаническими разновидностями [13] – кудряш (*V. brevimulticaulia*), межеумок *(V. intermedia)* или долгунец (*F. elengata*) – и сортотипами этого растения [14]. Масло любого вида и сортотипа обладает диетическими свойствами, к которым относят влияние на функциональную активность мембран эритроцитов [15], гепатотропный эффект [16], противоопухолевый эффект [17] и, прежде всего, возможность направленной регуляции липидного спектра сыворотки крови [18] и связанное с этим кардиопротекторное действие [19]. Диетические свойства масла объясняются высоким содержанием α-линоленовой кислоты, но определенное значение уделяется и наличию в льняном масле естественных антиоксидантов – жирорастворимых витаминов и селена [2, 20].

Наряду с перечисленными положительными эффектами льняного масла, есть достоверные клинические данные о том, что этот продукт не целесообразно рассматривать в качестве самостоятельного активного препарата жирных кислот омега-3 [21]. Обогащение рациона α-линоленовой кислотой льняного масла может приводить к снижению обеспеченности организма витамином Е и ухудшению общего витаминного статуса [22].

Неоднозначность клинических данных о диетических свойствах льняного масла послужила причиной появления нового направления научных исследований. Основной целью нового направления является изменение тромбогенных и атерогенных характеристик жиров животных и птицы через модификацию их рациона включением того же льняного масла или льняных семян [23–25]. Не сдает своих позиций и традиционное направление, нацеленное на модификацию ежедневного рациона питания включением семян льна или льняного масла непосредственно в состав потребляемых продуктов питания человека. Одной из наиболее популярных тем является введение продуктов переработки льняных семян в состав мучных продуктов, в основном – хлеба [4, 7, 11, 26–28].

Как в России, так и за рубежом, хлеб относят к продуктам, пользующимся стабильным спросом у населения. Это позволяет рассматривать его в качестве удобного объекта для корректировки пищевой ценности и профилактической эффективности повседневного рациона. Одним из наиболее хорошо изученных способов корректировки пищевой ценности хлебобулочных изделий считается их обогащение растительными пищевыми волокнами в виде отрубей либо в виде цельносмолотой муки [29]. Этому критерию полностью отвечают пищевые волокна семян льна и «льняной муки» [30, 31]. Льняное масло семян льна и «льняной муки» может рассматриваться в качестве обогащающего компонента и одновременно пластификатора, т. к. жиры в технологии хлеба играют важную технологическую роль, обеспечивающую необходимую консистенцию теста, эластичность мякиша, снижение скорости черствения и повышение пищевой ценности выпеченных изделий [32].

Вместе с тем, как показано в ряде экспериментальных исследований, введение измельченных семян льна в состав теста в физиологически значимых дозировках может приводить к существенному ухудшению вкуса и аромата продукта: выпечки [33], снэков [34] или кондитерских изделий [35]. Это вызвано высокой скоростью окисления льняного масла [36] и определяет необходимость «вуалирования» проявившихся негативных эффектов в ор-

ганолептических свойствах мучных изделий со льном. Одной из технологических «находок» в этом плане стала возможность нанокапсулирования льняного масла перед введением в состав мучных изделий [37], в том числе с использованием в качестве материала для получения капсул белок-полисахаридной смеси [38].

Статистика публикаций, посвященных теоретическим и экспериментальным исследованиям введения продуктов переработки семян льна в состав хлебобулочных изделий, свидетельствует о росте научного и практического интереса к рассматриваемой теме. В научной литературе достаточно ссылок на то, что включение льняной муки (как и других видов муки, богатых пищевыми волокнами) в состав мучных смесей оказывает влияние на технологические свойства муки и процесс тестообразования. Однако в имеющихся публикациях не достаточно данных, позволяющих получить однозначное представление о влиянии льняной муки на реологические и, соответственно, технологические свойства теста.

Поскольку реологические особенности теста как упруго-вязко-пластичного тела определяют технологические свойства полуфабрикатов и качество готовых мучных изделий, целью данной работы являлось исследование влияния дозировки льняной муки на реологические свойства теста и качество хлеба.

Решаемые задачи:

– систематизация литературных данных для выявления сущности и механизмов биохимических и коллоидных процессов, протекающих в тесте из смеси пшеничной и льняной муки;

– исследование биохимических свойств мучных смесей и основных реологических характеристик теста, полученного на основе мучных смесей с выбранным соотношением пшеничной и льняной муки;

– выявление общих закономерностей влияния дозировки льняной муки на процессы, характеризующие скорость образования и созревания теста и ретроградацию крахмала;

– обоснование режимов тестоприготовления на основе полученных биохимических свойств мучных смесей и реологических характеристик теста;

– лабораторная выпечка и оценка качества хлеба для определения оптимальной дозировки льняной муки для производства массовых сортов хлеба.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований использованы:

1) полуобезжиренная льняная мука (рис. 1) – мука из жмыха семян масличного льна (*Linum usitatissimum* L., сем. *Linaceae*), полученная производителем путём однократного холодного отжима семян масличного льна с последующим измельчением жмыха в муку с дисперсностью менее 0,5 мм и фасовкой в потребительскую упаковку из комбинированных материалов (полиэтилен/фольга; картонная коробка). Обладает характерным ароматом и привкусом семян льна, светло-коричневого цвета. Пищевая ценность 100 г льняной муки, согласно маркировке производителя: белки – 36 г, жиры – 10 г, углеводы – 9 г; энергетическая ценность – 270 ккал. Фактические значения компонентов химического состава льняной муки, определенные с использованием стандартных методов исследований масличного сырья: белки – 34,6 ± 0,1 %, жиры – 11,5 ± 0,2 %, углеводы (сумма усвояемых и пищевых волокон) – 43,7 ± 0,5 %. Заявленный производителем срок годности – 12 месяцев при температуре не более 25 ºС и относительной влажности воздуха не более 75 %;

2) мучные смеси, полученные путем смешивания до однородного состояния муки пшеничной хлебопекарной первого сорта и льняной муки в процентном соотношении 92,5:7,5; 90,0:10,0 и 87,5:12,5;

3) мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, используемая в качестве контрольного объекта исследований при изучении качества мучных смесей, на этапе определения реологических свойств теста и на этапе определения показателей качества хлеба;

4) хлеб из теста, полученного из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта и мучных смесей, приготовленных по п. 2.

При обобщении литературных данных использовались методы сравнительного анализа и систематизации информации из научных изданий и периодической печати.

Результаты экспериментальных исследований мучных смесей и хлеба получены с использованием стандартных органолептических и инструментальных методов исследований, принятых в зернопереработывающей и хлебопекарной отрасли.

Сахарообразующую способность мучных смесей определяли по методу Рамзей-ВНИИЗ, заключающемуся в определении количества миллиграммов мальтозы, образующейся за 1 час настаивания водно-мучной суспензии из 10,0 ± 0,1 г мучной смеси и 50 см^3 воды при температуре 27 °С.

Кислотность мучных смесей определяли по методике ГОСТ 27493–87, кислотность мякиша хлеба – по методике ГОСТ 5670–96 титрованием пробы 0,1 М раствором гидроксида натрия всех кислореагирующих веществ, переходящих в водно-мучную суспензию, полученную на основе навески мучной смеси или измельченного мякиша определенной массы.

Внешний вид хлеба, состояние мякиша, вкус и запах определяли органолептическими методами.

(а) (б)

Рисунок 1 – Фото льняного жмыха (а) и льняной муки (б)

Figure 1 – Photos of linseed cake (a) and flax flour (b)

Влажность мякиша хлеба определяли по методике ГОСТ 21094–75 высушиванием проб мякиша массой 5 г до при температуре 130 ± 2 °С в течение 45 минут с последующим взвешиванием и расчётом значения показателя в %.

Пористость мякиша хлеба определяли по методике ГОСТ 5669–96, с использованием прибора Журавлева, путем получения цилиндрических выемок мякиша определенного объема с их последующим взвешиванием и расчетом значения показателя в %.

Удельный объем хлеба определяли как отношение установленного по ГОСТ 27669–88 объема изделия к его массе (см^3/г). Формоустойчивость определяли по ГОСТ 27669–88, рассчитывая как отношение высоты подового хлеба к его диаметру (H/D).

Все исследования проводились в трёхкратной повторности для каждого показателя. Результаты исследований обрабатывали методом статистического анализа.

Реологические показатели теста экспериментальных составов исследовали по методике ISO 17718:2013 [39] с использованием прибора Mixolab (Chopin Technologies, Франция) в соответствие с техническим описанием к прибору в протоколе «Chopin+». Оценка реологических свойств на приборе Mixolab предполагает анализ водопоглотительной способности мучных смесей, времени образования теста и стабильности теста с выделением пяти температурных интервалов исследования, имитирующих технологические условия приготовления теста и выпечки хлеба. В нескольких анализируемых точках экспериментальных кривых миксолабограммы прибор определяет крутящие моменты, характеризующие протекающие в тесте биохимические и коллоидные процессы.

В первой фазе (характеризующей устойчивость к замесу, точка С1), продолжительность которой составляет 8 минут, прибор обеспечивает замес теста при температуре 30 °С до консистенции 1,1 + 0,05 Н×м. Во 2 и 3 фазах замеса (точка С2 – «Глютен+», который характеризует разжижение теста; точка С3 – вязкость, которая отражает консистенцию теста в процессе клейстеризации крахмала) регистрируется изменение консистенции теста при его нагреве до 90 °С. В 4 и 5 фазах консистенция теста измеряется в процессе охлаждения до 50 °С и последующего выдерживания при данной температуре в течение 5 минут (что соответствует точке С4, характеризующей активность амилолитических ферментов теста, и точке С5 – ретроградации крахмала).

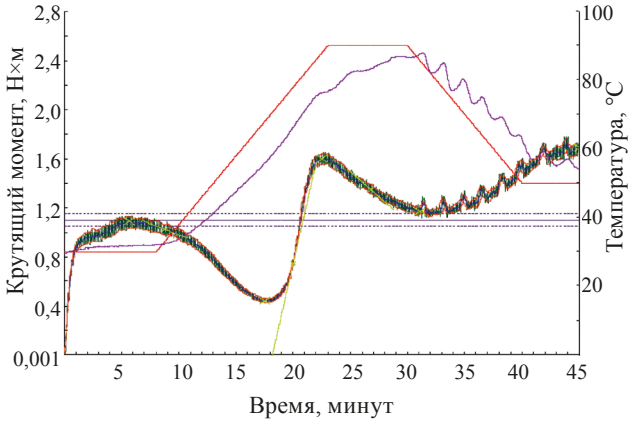


Рисунок 2 – Миксолабограмма теста из смеси муки пшеничной первого сорта и 10,0 % льняной муки

Figure 2 – Mixolabogram of dough made of first grade wheat flour and 10.0% flax flour

Результаты и их обсуждение

Предварительные исследования рецептур хлеба с льняной мукой (от 7,5 % до 12,5 % от общего количества муки в рецептурной смеси) показали, что добавление льняной муки оказывает значительное влияние на хлебопекарные свойства смесей пшеничной и льняной муки и технологические свойства теста в процессе брожения [30].

Приготовление теста начинается с замеса (фаза 1 – «Образование теста») и сопровождается сложным комплексом биохимических, микробиологических и физико-химических процессов, влияющих на его реологические свойства. При этом протекают процессы гидратации нерастворимых в воде белков и полисахаридов, процессы растворения глобулинов, альбуминов и растворимых углеводов с их переходом в жидкую фазу теста.

Данные миксолабограмм (рис. 2, 3) и радиальных диаграмм (рис. 4) демонстрируют наличие достаточно выраженных различий в параметрах реологического профиля оцениваемых прибором индексов как между образцами теста из одной пшеничной муки и теста из мучных смесей, так и между образцами теста, полученного из мучных смесей с различающейся дозировкой льняной муки. Эти данные свидетельствуют о разной скорости выше обозначенных процессов, а также различиях в механизмах формирования теста.

Полученные миксолабограммы можно интерпретировать следующим образом.

Первым признаком, непосредственно зависящим от введения в состав мучной смеси льняной муки, является водопоглотительная способность (ВПС, %). Как известно, ВПС зависит от крупности помола и

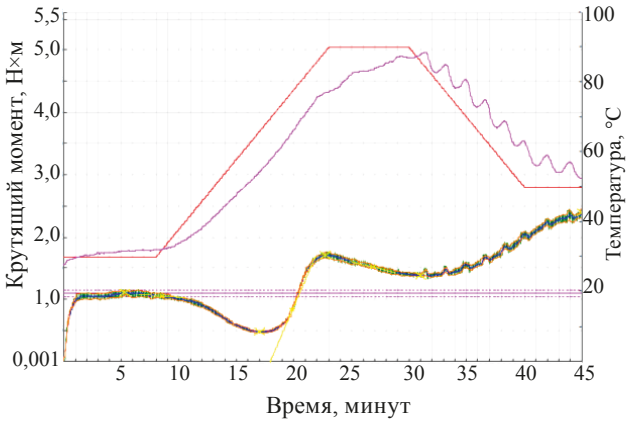


Рисунок 3 – Миксолабограмма теста из пшеничной муки

Figure 3 – Mixolabogram of wheat flour dough

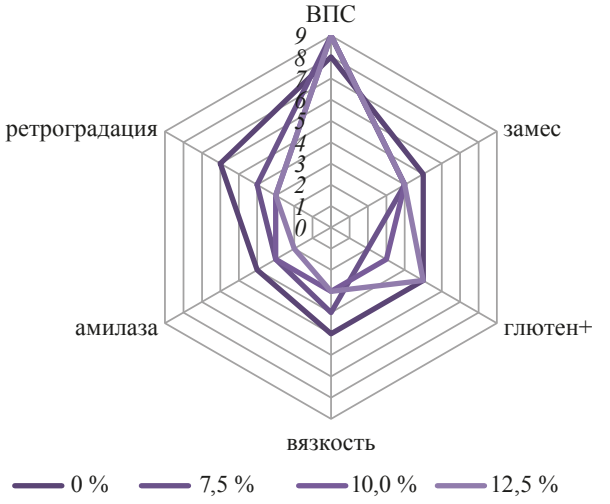


Рисунок 4 – Радиальная диаграмма прибора Mixolab для теста из смеси пшеничной муки с различным добавлением льняной муки (баллы)

Figure 4 – Radial Mixolab diagram for dough made of wheat flour and various doses of flax flour (points)

биохимических свойств муки: более крупные частицы обладают свойством «дополнительного набухания». Это свойство непосредственно связано с содержанием в муке биополимеров – белков и некрахмальных полисахаридов.

Одно из принципиально важных технологических отличий муки из семян льна от муки из зерна злаковых и бобовых культур заключается в том, что часть углеводов льняной муки представлена нерастворимыми в воде высокомолекулярными полисахаридами (клетчаткой, гемицеллюлозами). Другая часть (по разным оценкам, от 2,0 до 6,5 % от массы семян) представлена их низкомолекулярными фрагментами, растворимыми в воде, – пентозанами. Доля крахмала в составе углеводов семян льна, по сравнению с мукой из семян злаковых культур, очень незначительна (5,0–7,0 % от состава семян). Характерной особенностью пентозанов является способность легко пептизироваться в воде с образованием вязких гелей – слизей.

Мука, получаемая из льняного жмыха, отличается еще более высоким содержанием оболочечных частиц и, соответственно, входящих в их состав некрахмальных полисахаридов и гидроколлоидов, способных не только хорошо впитывать влагу, но и какое-то время её удерживать.

Выше сказанное определяет повышение ВПС мучных смесей (с 69,4 % до 72,9 % при увеличении доли льняной муки в составе мучных смесей от 7,5 до 12,5 %), а впоследствии – замедление скорости черствения выпеченных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Увеличение ВПС при повышении доли льняной муки в мучных смесях сопровождается закономерным увеличением времени образования теста (с 5,58 до 5,77 мин в вариантах с льняной мукой, табл. 1). Бóльшая продолжительность образования теста соответствует более высокой дозировке льняной муки в мучной смеси, очевидно, требующей более длительное время на полную гидратацию гидроколлоидов. Следовательно, с увеличением ВПС мучных смесей можно прогнозировать повышение выхода хлеба при введении в состав мучных смесей льняной муки.

Увеличение времени замеса теста должно обеспечить более продолжительное набухание клейковинных белков, присутствующих в составе мучной смеси. Это должно вызывать снижение упругости клейковины и снижение вязкости теста.

Стабильность теста при включении в мучную смесь льняной муки смещалась с 10,35 мин (для теста из пшеничной муки) до 9,25–9,67 мин по вариантам введения в мучную смесь льняной муки. Значение индекса «Замес» – 4 балла для образцов с добавлением льняной муки (рис. 4) – также является свидетельством стабильности образцов теста с льняной мукой. Это же значение позволяет охарактеризовать мучные смеси с льняной мукой как средние по силе, использование которых в условиях промышленного производства даст хлеб с пониженным объемом.

Индекс «Глютен+» – комплексная характеристика, характеризующая качество белковых веществ в анализируемых пробах и отражающая устойчивость структуры белковых молекул при нагревании теста в температурном интервале 30–60 ºС в течение II фазы, во время которой происходит разжижение теста. Считается, что основную роль в индексации этой характеристики играют проламиновая и глютелиновая фракции белков. Они формируют при замесе клейковинный каркас пшеничного теста:

Таблица 1 – Основные параметры: протокол Chopin+

Table 1 – Key parameters: Chopin+ protocol

Наименование и обозначение показателя	Содержание льняной муки в мучной смеси			
	0 %	7,5 %	10,0 %	12,5 %
Водопоглотительная способность (ВПС), %	62,2	69,4	71,0	72,9
Время образования теста, мин	5,27	5,58	5,65	5,77
Стабильность теста, мин	10,35	9,25	9,45	9,67
Индекс «Замес» (С1)	1,11	1,11	1,10	1,10
Индекс «Глютен+» (С2)	0,48	0,44	0,44	0,48
Индекс «Вязкость» (С3)	1,71	1,61	1,60	1,62
Индекс «Амилолитическая активность» (С4)	1,38	1,20	1,17	1,16
Индекс «Ретроградация крахмала» (С5)	2,39	1,78	1,69	1,68

при гидратации белков глютелины дают упругость и жесткость, а проламины обеспечивают растяжимость клейковины и теста. Отмечаемое при нагреве до 30–60 ºС снижение вязкости теста следует объяснять началом денатурации белков, высвобождающих поглощенную во время замеса воду.

По данным ВНИИЗ, для пшеничной муки четкой корреляции между индексом «Глютен+» и качеством клейковины не выявлено [40]. В случае анализа мучных смесей с добавлением льняной муки интерпретация этого индекса также неоднозначна. Об этом можно говорить уже на основании сопоставления числовых значений индекса по вариантам мучных смесей (табл. 1).

Белки льняной муки, несмотря на присутствие в них определенной доли проламиновой и глютелиновой фракций (порядка 3–4 % от суммы белковых веществ), не способны к самостоятельному формированию губчатого клейковинного каркаса, характерного для теста из сортовой пшеничной муки. Более того, в состав льняной муки входит значительное количество слизей, обволакивающих белки и препятствующих образованию нормальной губчато-эластичной структуры теста. Именно поэтому при введении в мучную смесь льняной муки тесто отличается от чисто пшеничного повышенной вязкостью и липкостью. Повышение вязкости и липкости теста способно повлечь ухудшение качества разделки теста, снижение скорости и качества формования тестовых заготовок, повышение их прилипания к формам при выпечке.

Наиболее высоким значением индекса «Глютен+» отличался образец мучной смеси с добавлением 12,5 % льняной муки. Наиболее низким значением – образец с добавлением 7,5 % льняной муки (2 балла), что указывает на более существенное разжижение консистенции теста из этих смесей.

При выдерживании теста в температурном интервале от 30 ºС до 60 ºС протекают важные для тестообразования процессы: крахмальные гранулы набухают (хотя при такой температуре структура крахмальных гранул еще не меняется), а действие амилазы сводится к минимальному. Однако ведущей причиной изменения консистенции теста при его замесе и образовании является реорганизация структуры клейковинных белков. В первую очередь сказанное относится к изменениям структуры белков, вызванным разрывами водородных связей. Как следствие, реологические свойства теста и качество готового хлеба определяются составом и соотношением в составе мучной смеси различающихся по растворимости и молекулярной массе фракций клейковинных белков пшеничной муки – глютенина и глиадина, обусловливающих упругие свойства и растяжимость клейковины.

Наряду с клейковинными белками, в формировании клейковинного каркаса теста на стадии замеса прямо или косвенно участвуют и другие соединения, находящиеся в непосредственном физико-химическом взаимодействии с белками клейковины: липиды, углеводы (в нашем случае, прежде всего, пентозаны и образованные ими слизи), ферменты (амилазы пшеничной муки и липоксигеназы льняной муки) [26]. Следовательно, использование в составе мучных смесей льняной муки, содержащей значительное количество липидов и ингибиторов протеолиза, при определенной дозировке может способствовать укреплению глютеновой фракции клейковины и повышению вязкости теста, что подтверждается возрастанием индекса «Глютен+» по сравнению с пшеничной мукой без добавок.

В III фазе («Клейстеризация крахмала»), характеризующей свойства крахмала и амилолитическую активность муки, температура теста повышается с 60 ºС до 90 ºС. Во время III фазы в тесте идет разрушение крахмальных гранул, начинается клейстеризация крахмала. Роль протеинов уходит на второй план. Вязкость теста увеличивается.

Наибольшее значение индекса «Вязкость» при сопоставлении между собой смесей с разной дозировкой льняной муки установлено для образца теста с добавлением 7,5 % льняной муки – 4 балла. С увеличением дозировки льняной муки до 10,0 % и 12,5 % значение индекса снижается, что хорошо согласуется с увеличением продолжительности замеса теста.

В льняной муке отсутствуют амилазы, но содержится значительное количество липолитических ферментов. Соответственно, с увеличением дозировки льняной муки в мучной смеси наблюдается «эффект разбавления». Кроме того, что в мучной смеси уменьшается доля клейковинных белков, снижается и содержание амилолитических ферментов. Это вызывает закономерное снижение стабильности крахмального клейстера, зафиксированное в фазе IV. Липолитическая активность, напротив, возрастает. Это сопровождается появлением в тесте свободных жирных кислот и гидроперекисидов.

Следует отметить, что между индексами вязкости и активности амилаз не выявлено четкой корреляции. Вероятно (и это предположение хорошо согласуется со значениями индекса «Замес»), вязкость исследуемых образцов теста в значительной степени зависит от присутствия в льняной муке растворимых белков и периферийных частиц льняных семян, содержащих обладающие высокой гидрофильностью некрахмальные полисахариды.

«Ретроградация крахмала» – индекс, характеризующий углеводно-амилазный комплекс муки и зависящий от соотношения в молекулах крахмала амилозы и амилопектина. Этот показатель взаимосвязан со свойством мучных изделий противостоять черствению и сохранять свежесть. В проведенной серии исследований реологических свойств теста из смесей пшеничной и льняной муки значение этого показателя снижается коррелятивно уменьшению доли пшеничной муки в смеси.

Исследование реологических характеристик теста из мучных смесей экспериментальных составов показывает, что с увеличением в мучных смесях доли льняной муки время замеса закономерно повышается (до достижения стабильности). При этом время, соответствующее стабильному состоянию теста,

Таблица 2 – Биохимические свойства смесей льняной и пшеничной муки

Table 2 – Biochemical properties of flax and wheat flour mixes

Наименование показателя	Значение показателя / Содержание льняной муки в мучной смеси			
	0 %	7,5 %	10,0 %	12,5 %
Сахарообразующая способность, мг мальтозы на 10 г муки (смеси)	195 ± 2	147 ± 2	114 ± 2	86 ± 3
Кислотность, град	2,1 ± 0,1	3,7 ± 0,1	4,3 ± 0,1	4,8 ± 0,1

возрастает незначительно. Это согласуется с опубликованными ранее данными, что добавление льняной муки вызывает изменение свойств теста [30], а использование льняной муки в производстве массовых сортов хлеба может привести к необходимости подбора специальных технологических режимов приготовления теста, расстойки и выпечки хлеба.

Следующим этапом исследований явилась разработка технологии хлеба на основе мучных смесей исследуемого состава. Для выбора режимов тестоприготовления дополнительно определяли биохимические свойства мучных смесей: сахарообразующую способность и кислотность (табл. 2).

В качестве базовой рецептуры использована унифицированная рецептура хлеба из муки пшеничной первого сорта. Тесто готовили безопарным способом.

Таблица 3 – Технологические режимы приготовления теста из смесей пшеничной и льняной муки

Table 3 – Technological modes of dough preparation from wheat and flax flours

Наименование показателя процесса	Значение показателя / Содержание льняной муки в мучной смеси			
	0 %	7,5 %	10,0 %	12,5 %
Температура теста, ºС	28–30	28–30	28–30	28–30
Влажность теста, %	45,0	47,0	48,0	50,0
Кислотность начальная, град	2,0	2,5	3,0	3,5
Продолжительность брожения, минут	150	90	60	60
Кислотность конечная, град	3,0	3,5	4,0	4,5

При выборе режимов тестоприготовления (табл. 3) основывались на результатах исследования биохимических и реологических свойств мучных смесей с добавлением льняной муки.

Установленное на этапе исследования реологических свойств теста возрастание ВПС мучных смесей с повышением дозировки льняной муки стало основной причиной увеличения объема воды, вносимой на стадии замеса для получения теста с нормальной консистенцией. Однако повышенная влажность теста может привести к повышенной вязкости и липкости теста, отрицательно повлиять на процессы

Таблица 4 – Показатели качества хлеба из пшеничной муки и мучных смесей

Table 4 – Quality indicators of bread made of wheat flour and flour mixes

Наименование показателя	Значение показателя / Содержание льняной муки в мучной смеси			
	0 %	7,5 %	10,0 %	12,5 %
Органолептические показатели:				
Форма	Правильная, с выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов			
Поверхность корки	Ровная, гладкая			Слегка шероховатая
Цвет корки	Золотисто-коричневая	Светло-коричневая		Коричневая
Состояние мякиша:				
Попеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный			Пропеченный, не влажный на ощупь, малоэластичный
Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений, средняя, равномерная, тонкостенная			Развитая, без пустот и уплотнений, средняя, равномерная, толстостенная
Комкуемость при разжевавании	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Незначительная, ощущаются частицы оболочек семян льна
Крошковатость	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Цвет мякиша	Белый с желтоватым оттенком	Сероватый, с вкраплениями частиц оболочек семян льна	Серый, с вкраплениями частиц оболочек семян льна	Серовато-коричневый, с вкраплениями частиц оболочек семян льна
Запах и вкус	Свойственные пшеничному хлебу	Свойственные пшеничному хлебу, с характерными приятными запахом и привкусом льняной муки		С ярко выраженным запахом и привкусом льняной муки
Физико-химические показатели:				
Влажность, %	44,0 ± 0,2	45,0 ± 0,2	47,5 ± 0,3	49,0 ± 0,2
Кислотность мякиша, град	2,5 ± 0,1	3,0 ± 0,1	3,5 ± 0,1	4,0 ± 0,2
Пористость, %	74 ± 3	69 ± 2	65 ± 2	60 ± 2
Удельный объем, см^3/г	3,5 ± 0,2	3,0 ± 0,2	2,9 ± 0,1	2,3 ± 0,1
Формоустойчивость, H/D	0,51 ± 0,04	0,48 ± 0,03	0,46 ± 0,04	0,43 ± 0,03

деления и округления тестовых заготовок. Дальше (при расстойке) возможна плохая формоустойчивость изделий. Выпеченный хлеб может иметь низкий удельный объем и уплотненный мякиш.

Начальная кислотность теста с повышением дозировки льняной муки также возрастает, вызывая изменение динамики нарастания кислотности в процессе брожения. Это способствует более быстрому созреванию теста и сокращению общей продолжительности его брожения по сравнению с тестом из пшеничной муки.

В таблице 4 приведены значения органолептических и физико-химических показателей качества хлеба, выпеченного из анализируемых мучных смесей. Закономерно повышению ВПС мучных смесей повышается влажность выпеченных изделий из-за увеличения дозировки льняной муки. Внесение с льняной мукой свободных жирных кислот льняного масла и, вероятно, в какой-то степени свободных аминокислот, обусловливает динамичное нарастание значений титруемой кислотности мякиша хлеба по вариантам мучных смесей.

Снижение значений пористости и удельного объема хлеба находится в прямой корреляционной связи с уменьшением сахарообразующей и связанной с этим газообразующей способности мучных смесей, отмечаемым с увеличением дозировки льняной муки. В определенной степени на снижение значений пористости и удельного объема может также оказывать опосредованное влияние внесенных с льняной мукой полиненасыщенных жирных кислот. Гидропероксиды линолевой и линоленовой кислот окисляют сульфгидрильные группы белков с образованием новых дисульфидных связей, определяющих повышение прочности пространственной структуры белковых молекул клейковинного каркаса на стадиях созревания теста и выпечки хлеба.

С увеличением дозировки льняной муки с 10,0 % до 12,5 % происходило незначительное ухудшение состояния поверхности хлеба, корка становилась слабо шероховатой. Высокая влажность теста при внесении 12,5 % льняной муки способствовала более активному протеканию микробиологических и биохимических процессов при созревании теста. В результате поры становились более крупными и менее равномерными, толстостенными. Мякиш приобретал плотность и частично утрачивал характерную для пшеничного хлеба эластичность.

Особо следует отметить, что льняная мука оказывает существенное влияние на основные органолептические показатели – цвет и вкус изделий. С увеличением дозировки льняной муки мякиш хлеба становится более темным, серым; у него имеется характерный привкус и запах льняной муки. При дозировке льняной муки 12,5 % привкус мякиша становится горьковатым, что является одной из основных причин не рекомендовать дальнейшее повышение доли льняной муки в мучных смесях.

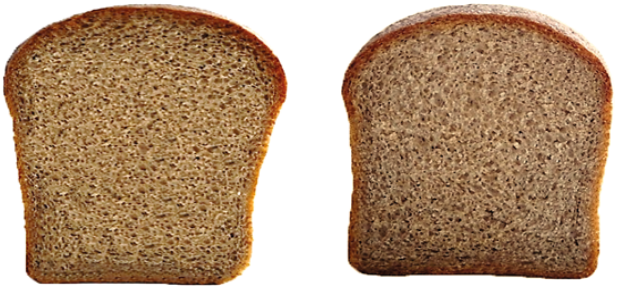


Рисунок 5 – Фото хлеба из пшеничной и льняной муки (слева – 7,5 %, справа – 10 %)

Figure 5 – Photo of bread made from wheat and flax flours (7.5% on the left, 10% on the right)

Комплексный анализ экспериментальных данных позволяет рекомендовать в качестве оптимальных дозировок льняной муки интервал от 7,5 до 10,0 % (рис. 5). При такой дозировке льняной муки хлеб сохраняет правильную форму, имеет ровную и гладкую поверхность. Структура пористости характеризуется хорошим развитием, равномерная, с отсутствием пустот и уплотнений. Мякиш – эластичный, не плотный и не липкий.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Выводы

Таким образом, исследование реологических свойств теста из смесей пшеничной и льняной муки позволяет прогнозировать поведение теста в процессе замеса, брожения и расстойки, что дает возможность своевременно корректировать режимы технологического процесса и качество хлеба.

Наиболее значимыми при прогнозировании поведения теста и корректировке режимов технологического процесса являются индексы «Вязкость» и «Ретроградация крахмала». Они, в большей степени, подвержены изменению при повышении дозировки льняной муки.

По результатам исследования реологических свойств теста и оценки качества выпеченных изделий можно рекомендовать внесение льняной муки в состав мучных смесей в дозировке 7,5–10,0 %.

Список литературы

1. Ganorkar, P. M. Flaxseed – a nutritional punch / P. M. Ganorkar, R. K. Jain // International Food Research Journal. – 2013. – Vol. 20, № 2. – P. 519–525.

2. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food: review / A. Goyal, V. Sharma, N. Upadhyay [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2014. – Vol. 51, № 9. – P. 1633–1653. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9.

3. Flaxseed proteins: food uses and health benefits / H. N. Rabetafika, V. V. Remoortel, S. Danthine [et al.] // International Journal of Food Science & Technology. – 2011. – Vol. 46, № 2. – P. 221–228. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02477.x.

4. Enzifst, L. E. Flaxseed (Linseed) fibre – nutritional and culinary uses – a review / L. E. Enzifst, M. E. Bveo // Food New Zealand. – 2014. – Vol. 14, № 2. – P. 26–28.

5. Flaxseed – a potential source of food, feed and fiber / K. K. Singh, D. Mridula, J. Rehal [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2011. – Vol. 51, № 3. – P. 210–222. DOI: https://doi.org/10.1080/10408390903537241.

6. Touré, A. Flaxseed lignans: Source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bio-active components, and health benefits / A. Touré, X. Xueming // Comprehensive Reviews in Food Sciences and Food Safety. – 2010. – Vol. 9, № 3. – P. 261–269. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00105.x.

7. Phenolic glucosides in bread containing flaxseed / C. Strandas, A. Kamal-Eldin, R. Andersson [et al.] // Food chemistry. – 2008. – Vol. 10, № 4. – P. 997–999. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.088.

8. Flaxseed protein-derived peptide fractions: antioxidant properties and inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide production in murine macrophages / C. C. Udenigwea, Y. L. Lub, C. H. Hanb [et al.] // Food chemistry. – 2009. – Vol. 116, № 1. – P. 277–284. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.046.

9. Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depend on food type / M. Kristensen, M. G. Jensen, J. Aarestrup [et al.] // Nutrition & Metabolism. – 2012. – Vol. 9, № 8. DOI: https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-8.

10. Effect of flaxseed gum on reduction of blood glucose and cholesterol in type 2 diabetic patients / G. Thakur, A. Mitra, K. Pal [et al.] // International journal of Food Sciences and Nutrition. – 2009. – Vol. 60, SUPPL. 6. – P. 126–136. DOI: https://doi.org/10.1080/09637480903022735.

11. Potential Health Benefits of Bread Supplemented with Defatted Flaxseeds Under Dietary Regimen in Normal and Type 2 Diabetic Subjects / D. A. Mohamed, S. Y. Al-Okbi, D. M. El-Hariri [et al.] // Polish journal of food and nutrition sciences. – 2012. – Vol. 62, № 2. – P. 103–108. DOI: https://doi.org/10.2478/v10222-011-0049-x.

12. Park, J. B. Potential effects of lignan-enriched flaxseed powder on bodyweight, visceral fat, lipid profile, and blood pressure in rats / J. B. Park, M. T. Velasquez // Fitoterapia. – 2012. – Vol. 83, № 5. – P. 941–946. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fitote.2012.04.010.

13. Characteristics of Flaxseed Oil from Two Different Flax Plants / Z. S. Zhang, L. J. Wang, D. Li [et al.] // International Journal of Food Properties. – 2011. – Vol. 14, № 6. – P. 1286–1296. DOI: https://doi.org/10.1080/10942911003650296.

14. Worku, N. Diversity in 198 Ethiopian linseed (*Linum usitatissimum*) accessions based onmorphological characterization and seed oil characteristics / N. Worku, J. S. Heslop-Harrison, W. Adugna // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2015. – Vol 62, №7. – P. 1037–1053. DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-014-0207-1.

15. Asachuk, S. S. The effect of flaxseed oil on the spectrum of fatty acids of sphingomyelins and phosphatidylcholines of erythrocytes membranes in sportsmen / S. S. Asachuk // Vestnik of Vitebsk State Medical University. – 2017. – Vol. 16, № 1. – P. 16–22. DOI: https://doi.org/10.22263/2312-4156.2017.1.16.

16. Studies on the protective effect of flaxseed oil on cisplatin-induced hepatotoxicity / A. Naqshbandi, W. Khan, S. Rizwan [et al.] // Human and Experimental Toxicology. – 2012. – Vol. 31, № 4. – P. 364–375. DOI: https://doi.org/10.1177/0960327111432502.

17. Truan, J. S. Flaxseed oil reduces the growth of human breast tumors (MCF-7) at high levels of circulating estrogen / J. S. Truan, J. M. Chen, L. U. Thompson // Molecular Nutrition & Food Research. – 2010. – Vol. 54, № 10. – P. 1414–1421. DOI: https://doi.org/10.1002/mnfr.200900521.

18. Dietary intervention of flaxseed: effect on serum levels of IGF-1, IGF-BP3, and C-peptide / S. R. Sturgeon, S. L. Volpe, E. Puleo [et al.] // Nutrition and Cancer. – 2011. – Vol. 63, № 3. – P. 376–380. DOI: https://doi.org/10.1080/01635581.2011.535964.

19. Cardioprotective effect of linseed oil against isoproterenol-induced myocardial infarction in Wistar rats: a biochemical and electrocardiographic study / A. Derbali, K. Mnafgui, A. El Feki [et al.] // Journal of Physiology and Biochemistry. – 2015. – Vol. 71, № 2. – P. 281–288. DOI: https://doi.org/10.1007/s13105-015-0411-2.

20. Микроэлементный состав льняного масла / С. Л. Белопухов, И. И. Дмитриевская, А. В. Жевнеров [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 7. – С. 54–56.

21. Омега-3 жирные кислоты: диагностическое значение и роль индивидуальных особенностей организма пациентов / В. Е. Васьковский, Т. А. Горбач, А. В. Есипов [и др.] // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2012. – Т. 47, № 1. – С. 23–25.

22. Состав жирового компонента рациона и обеспеченность организма жирорастворимыми витаминами / В. М. Коденцова, А. А. Кочеткова, Е. А. Смирнова [и др.] // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № 6. – С. 4–17.

23. Influence of combined supplementation of cows' diet with linseed and fish oil on the thrombogenic and atherogenic indicators of milk fat / K. Puppel, T. Nałecz-Tarwacka, B. Kuczyńska [et al.] // Animal Science Papers and Reports. – 2012. – Vol. 30, № 4. – P. 317–328.

24. Zduńczyk, Z. Poultry meat as functional food: modification of the fatty acid profile – a review / Z. Zduńczyk, J. Jankowski // Annals of Animal Science. – 2013. – Vol. 13, № 3. – P. 463–480. DOI: https://doi.org/10.2478/aoas-2013-0039.

25. The influence of dietary source of fatty acids on chemical composition of the body and utilization of linoleic and linolenic acids by pigs / S. Raj, E. Poławska, G. Skiba // Animal Science Papers and Reports. – 2010. – Vol. 28, № 4. – P. 355–362.

26. Зубцов, В. А. Биологические и физико-химические основы использования льняной муки для разработки хлебобулочных изделий / В. А. Зубцов, И. Э. Миневич // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 3. – С. 10–13.

27. Effect of the use of ground flaxseed on quality and chemical composition of bread / O. Mentes, E. Bakkalbassi, R. Ercan // Food Science and Technology International. – 2008. – Vol. 14, № 4. – P. 299–306. DOI: https://doi.org/10.1177/1082013212462231.

28. Влияние добавки льняной муки на качественные показатели булочных изделий / С. П. Меренкова, А. А. Лукин, Д. А. Клейман // Известия вузов. Пищевая технология. – 2016. – Т. 353–354, № 5–6. – С. 10–13.

29. Бахтин, Г.Ю. Пищевые волокна для хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / Г. Ю. Бахтин, Е. Ю. Егорова, В. В. Елесина // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2013. – Т. 146, № 11–12. – С. 36–40.

30. Конева, С. И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебобулочных изделий / С. И. Конева // Ползуновский вестник. – 2016. – № 3. – С. 35–38.

31. Reasons for the ways of using oilcakes in food industry / M. S. Bochkarev, E. Yu. Egorova, I. Yu. Reznichenko [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 4–12. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-4-12.

32. Renzyaeva, T. V. On the role of fats in baked flour goods / T. V. Renzyaeva // Foods and Raw Materials. – 2013. – Vol. 1, № 1. – P. 19–25. DOI: https://doi.org/664.68/664.6: 665.1.

33. Aliani, M. Effect of Flax Addition on the Flavor Profile and Acceptability of Bagels / M. Aliani, D. Ryland, G. N. Pierce // Journal of Food Science. – 2012. – Vol. 77, № 1. – P. S62–S70. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02509.x.

34. Khouryieh, H. Effect of flaxseed flour incorporation on the physical properties and consumer acceptability of cereal bars / H. Khouryieh, F. Aramouni // Food Science and Technology International. – 2013. – Vol. 19, № 6. – P. 549–556. DOI: https://doi.or/10.1177/1082013212462231.

35. Khouryieh, H. Physical and sensory characteristics of cookies prepared with flaxseed flour / H. Khouryieh, F. Aramouni // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2012. – Vol. 92, № 11. – P. 2366–2372. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.5642.

36. Определение сроков годности растительных масел-бад при хранении в бытовых условиях / Е. Ю. Егорова, Н. Н. Рощина, В. М. Позняковский // Известия вузов. Пищевая технология. – 2011. – Т. 319, № 1. – С. 91–93.

37. Development of functional bread containing nanoencapsulated omega-3 fatty acids / V. Gökmen, B. A. Mogol, R. B. Lumaga [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2011. – Vol. 105, № 4. – P. 585–591. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.021.

38. Создание эмульсии льняного масла, инкапсулированного белок-полисахаридной смесью / В. А. Васькина, С. А. Бутин, К. В. Веретанникова [и др.] // Кондитерское производство. – 2016. – № 5. – С. 10–15.

39. ISO 17718:2013. Wholemeal and flour from wheat (*Triticum aestivum L.*) – Determination of rheological behavior as a function of mixing and temperature increase. – 2013. – P. 36.

40. Туляков, Д. Г. Биохимические и реологические свойства в оценке разных видов муки / Д. Г. Туляков, Е. П. Мелешкина, И. С. Витол // Хлебопродукты. – 2017. – № 6. – С. 30–34.

References

1. Ganorkar PM, Jain RK. Flaxseed – a nutritional punch. International Food Research Journal. 2013;20(2):519–525.

2. Goyal A, Sharma V, Upadhyay N, Gill S, Sihag M. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. Journal of Food Science and Technology-Mysore. 2014;51(9):1633–1653. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9.

3. Rabetafika HN, Van Remoortel V, Danthine S, Paquot M, Blecker C. Flaxseed proteins: food uses and health benefits. International Journal of Food Science and Technology. 2011;46(2):221–228. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02477.x.

4. Enzifst LE, Bveo ME. Flaxseed (Linseed) fibre – nutritional and culinary uses – a review. Food New Zealand. 2014;14(2):26–28.

5. Singh KK, Mridula D, Rehal J, Barnwal P. Flaxseed: A Potential Source of Food, Feed and Fiber. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2011;51(3):210–222. DOI: https://doi.org/10.1080/10408390903537241.

6. Toure A, Xu XM. Flaxseed Lignans: Source, Biosynthesis, Metabolism, Antioxidant Activity, Bio-Active Components, and Health Benefits. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2010;9(3):261–269. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00105.x.

7. Strandas C, Kamal-Eldin A, Andersson R, Aman P. Phenolic glucosides in bread containing flaxseed. Food Chemistry. 2008;110(4):997–999. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.088.

8. Udenigwe CC, Lu YL, Han CH, Hou WC, Aluko RE. Flaxseed protein-derived peptide fractions: Antioxidant properties and inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide production in murine macrophages. Food Chemistry. 2009;116(1):277–284. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.046.

9. Kristensen M, Jensen MG, Aarestrup J, Petersen KEN, Sondergaard L, Mikkelsen MS, et al. Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depend on food type. Nutrition & Metabolism. 2012;9(8). DOI: https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-8.

10. Thakur G, Mitra A, Pal K, Rousseau D. Effect of flaxseed gum on reduction of blood glucose and cholesterol in type 2 diabetic patients. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2009;60:126–136. DOI: https://doi.org/10.1080/09637480903022735.

11. Mohamed DA, Al-Okbi SY, El-Hariri DM, Mousa II. Potential Health Benefits of Bread Supplemented with Defatted Flaxseeds under Dietary Regimen in Normal and Type 2 Diabetic Subjects. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2012;62(2):103–108. DOI: https://doi.org/10.2478/v10222-011-0049-x.

12. Park JB, Velasquez MT. Potential effects of lignan-enriched flaxseed powder on bodyweight, visceral fat, lipid profile, and blood pressure in rats. Fitoterapia. 2012;83(5):941–946. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fitote.2012.04.010.

13. Zhang ZS, Wang LJ, Li D, Li SJ, Ozkan N. Characteristics of flaxseed oil from two different flax plants. International Journal of Food Properties. 2011;14(6):1286–1296. DOI: https://doi.org/10.1080/10942911003650296.

14. Worku N, Heslop-Harrison JS, Adugna W. Diversity in 198 Ethiopian linseed (*Linum usitatissimum*) acces-sions based onmorphological characterization and seed oil characteristics. Genetic Resources and Crop Evolution. 2015;62(7):1037–1053. DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-014-0207-1.

15. Asachuk SS. The effect of flaxseed oil on the spectrum of fatty acids of sphingomyelins and phosphati-dylcholines of erythrocytes membranes in sportsmen. Vestnik of Vitebsk State Medical University. 2017;16(1):16–22. DOI: https://doi.org/10.22263/2312-4156.2017.1.16.

16. Naqshbandi A, Khan W, Rizwan S, Khan F. Studies on the protective effect of flaxseed oil on cisplatin-induced hepatotoxicity. Human & Experimental Toxicology. 2012;31(4):364–375. DOI: https://doi.org/10.1177/0960327111432502.

17. Truan JS, Chen JM, Thompson LU. Flaxseed oil reduces the growth of human breast tumors (MCF-7) at high levels of circulating estrogen. Molecular Nutrition & Food Research. 2010;54(10):1414–1421. DOI: https://doi.org/10.1002/mnfr.200900521.

18. Sturgeon SR, Volpe SL, Puleo E, Bertone-Johnson ER, Heersink J, Sabelawski S, et al. Dietary Intervention of Flaxseed: Effect on Serum Levels of IGF-1, IGF-BP3, and C-Peptide. Nutrition and Cancer-an International Journal. 2011;63(3):376–380. DOI: https://doi.org/10.1080/01635581.2011.535964.

19. Derbali A, Mnafgui K, Affes M, Derbali F, Hajji R, Gharsallah N, et al. Cardioprotective effect of linseed oil against isoproterenol-induced myocardial infarction in Wistar rats: a biochemical and electrocardiographic study. Journal of Physiology and Biochemistry. 2015;71(2):281–288. DOI: https://doi.org/10.1007/s13105-015-0411-2.

20. Belopukhov SL, Dmitrevskaya II, Zhevnerov AV, Volkov AYu. Microelement content of linseed oil. Achievements of Science and Technology of AIC. 2011;(7):54–56. (In Russ.).

21. Vaskovsky VE, Gorbach TA, Esipov AV, Svetashev VI, Yatskova MA. Omega-3 fatty acids: diagnostic value and role of individual features in patients' organisms. Pacific Medical Journal. 2012;47(1):23–25. (In Russ.).

22. Kodentsova VM, Kochetkova AA, Smirnova EA, Sarkisyan VA, Bessonov VV. Fat component in the diet and providing with fat-soluble vitamins. Problems of Nutrition. 2014;83(6)4–17. (In Russ.).

23. Puppel K, Nalecz-Tarwacka T, Kuczynska B, Golebiewski M, Grodzki H. Influence of combined supplementation of cows' diet with linseed and fish oil on the thrombogenic and atherogenic indicators of milk fat. Animal Science Papers and Reports. 2012;30(4):317–328.

24. Zdunczyk Z, Jankowski J. Poultry meat as functional food: modification of the fatty acid profile – a review. Annals of Animal Science. 2013;13(3):463–480. DOI: https://doi.org/10.2478/aoas-2013-0039.

25. Raj S, Polawska E, Skiba G, Weremko D, Fandrejewski H, Skomial J. The influence of dietary source of fatty acids on chemical composition of the body and utilization of linoleic and linolenic acids by pigs. Animal Science Papers and Reports. 2010;28(4):355–362.

26. Zubtsov VA, Minevich IE. Biological and physical and chemical bases of use of a linen flour for working out of bakery products. Storage and processing of farm products. 2011;(3):10–13. (In Russ.).

27. Mentes O, Bakkalbasi E, Ercan R. Effect of the Use of Ground Flaxseed on Quality and Chemical Composition of Bread. Food Science and Technology International. 2008;14(4):299–306. DOI: https://doi.org/10.1177/1082013208097192.

28. Merenkova SP, Lukin AA, Kleyman DA. Influence of flaxseed flour additives on quality parameters of bakery products. News institutes of higher Education. Food technology. 2016;353–354(5–6):10–13. (In Russ.).

29. Bakhtin GYu, Egorova EYu, Elesina VV. Pishchevye volokna dlya khlebobulochnykh i muchnykh konditerskikh izdeliy [Food fibers for bakery and pastry]. Confectionary and bread baking. 2013;146(11–12):36–40. (In Russ.).

30. Koneva SI. Osobennosti ispol′zovaniya produktov pererabotki semyan l′na pri proizvodstve khlebobulochnykh izdeliy [Specifications of the use of flax seed processing products in bakery]. Polzunovsky vestnik. 2016;(3):35–38. (In Russ.).

31. Bochkarev MS, Egorova EYu, Reznichenko IYu, Poznyakovskiy VM. Reasons for the ways of using oil-cakes in food industry. Foods and Raw Materials. 2016;4(1):4–12. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-4-12.

32. Renzyaeva TV. On the role of fats in baked flour goods. Foods and Raw Materials. 2013;1(1):19–25. DOI: https://doi.org/664.68/664.6:665.1.

33. Aliani M, Ryland D, Pierce GN. Effect of Flax Addition on the Flavor Profile and Acceptability of Bagels. Journal of Food Science. 2012;77(1):S62–S70. DOI: https://doi.org10.1111/j.1750-3841.2011.02509.x.

34. Khouryieh H, Aramouni F. Effect of flaxseed flour incorporation on the physical properties and consumer acceptability of cereal bars. Food Science and Technology International. 2013;19(6):549–556. DOI: https://doi.org/10.1177/1082013212462231.

35. Khouryieh H, Aramouni F. Physical and sensory characteristics of cookies prepared with flaxseed flour. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2012;92(11):2366–2372. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.5642.

36. Egorova EYu, Roshchina NN, Poznyakovskiy VM. Opredelenie srokov godnosti rastitel′nykh masel-bad pri khranenii v bytovykh usloviyakh [Determination of shelf life of ONS vegetable oils when stored in domestic conditions]. News of institutes of higher Education. Food technology. 2011;319(1):91–93. (In Russ.).

37. Gokmen V, Magol BA, Lumaga RB, Fogliano V, Kaplun Z, Shimoni E. Development of functional bread con-taining nanoencapsulated omega-3 fatty acids. Journal of Food Engineering. 2011;105(4)585–591. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.021.

38. Vaskina VA, Butin SA, Veretennikova EV, Mukhamediev ShA. Creation of Linseed Oil Emulsion, the Encapsulated Protein-Polysaccharide Mixture. Confectionery manufacture. 2016;(5):10–15. (In Russ.).

39. ISO 17718:2013. Wholemeal and flour from wheat (*Triticum aestivum L.*) – Determination of rheological behavior as a function of mixing and temperature increase. 2013. 36 p.

40. Tulyakov DG, Meleshkina EP, Vitol IS. Biochemical and rheological properties in the evaluation of different types of flour. Bread products. 2017;(6):30–34. (In Russ.).

Конева Светлана Ивановна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки зерна, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел. +7 (3852) 29-07-55, e-mail: skoneva22@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-6727-5979

Егорова Елена Юрьевна
д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии хранения и переработки зерна, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 656038, г. Барнаул, ул. Ленина, 46, тел. +7 (3852) 29-07-55, e-mail: egorovaeyu@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4990-943X

Козубаева Людмила Алексеевна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки зерна, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел. +7 (3852) 29-07-55, e-mail: cosubaeva@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5131-4654

Резниченко Ирина Юрьевна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой управления качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел. +7 (903) 942-93-22, e-mail: irina.reznichenko@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7486-4704

Svetlana I. Koneva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Grain Processing, Polzunov Altai State Technical University, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia, phone: +7 (3852) 29-07-55, e-mail: skoneva22@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-6727-5979

Elena Yu. Egorova
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technology of Storage and Grain Processing, Polzunov Altai State Technical University, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia, phone: +7 (3852) 29-07-55, e-mail: egorovaeyu@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4990-943X

Lyudmila A. Kozubaeva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Grain Processing, Polzunov Altai State Technical University, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia, phone: +7 (3852) 29-07-55, e-mail: cosubaeva@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5131-4654

Irina Yu. Reznichenko
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Quality Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (903) 942-93-22, e-mail: irina.reznichenko@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-7486-4704

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-97-103
УДК 664.788.3

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Динамика изменений механических свойств зерен основных фракций по крупности зерна гречихи хранившегося под снегом

В. А. Марьин*, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин

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

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

Дата поступления в редакцию: 25.01.2019
Дата принятия в печать: 21.03.2019

© В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин, 2019

Аннотация. В последнее время качество зерна гречихи, которое поступает на переработку в крупу, ухудшилось. Это связано со снижением требований к его качеству. Наиболее характерным примером является зерно гречихи, убранное из-под снега. Особенностью переработки зерна гречихи является его разделение на фракции по крупности перед шелушением. В связи с этим актуальным является исследование механических свойств указанных фракций. Целью настоящей работы является исследование динамики изменений механических свойств зерен гречихи из-под снега основных фракций по крупности до и после хранения. В качестве объектов исследования использовали разделенные перед шелушением в используемой технологии фракции зерна гречихи по крупности. Зерно гречихи убрано в предгорной части Алтайского края в мае 2015 года и соответствует требованиям нормативной документации. Были исследованы двенадцать образцов: шесть образцов собраны и направлены на переработку (май 2015), другие шесть образцов отобранные и хранившиеся восемь месяцев в складских помещениях по март. Для исследования отбирали образцы не прошедшие этап температурной обработки. В настоящей работе проведено исследование механических свойств зерен гречихи шести фракций по крупности до и после хранения. Результаты исследования показали, что мелкие фракции подвержены большей деформации. Это может привести к высокой деформации и разрушению их при шелушении. Проведенные исследования позволяют утверждать, что в процессе хранения зерна, убранного из-под снега, изменение механических свойств во фракциях зерна гречихи разных размеров происходит не равномерно.

Ключевые слова. Зерно гречихи, хранившееся под снегом, фракция, механические свойства, шелушение, крупность, хранение, прочность, изменение

Для цитирования: Марьин, В. А. Динамика изменений механических свойств зерен основных фракций по крупности зерна гречихи хранившегося под снегом / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 97–103. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-97-103.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Winter Buckwheat Grain: The Dynamic Pattern of the Mechanical Properties of the Main Fraction

V.A. Marin*, A.L. Vereshchagin, N.V. Bychin

Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University,
27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia

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

Received: January 25, 2019
Accepted: March 21, 2019

© V.A. Marin, A.L. Vereshchagin, N.V. Bychin, 2019

Abstract. As quality requirements get lower and lower, the quality of buckwheat grain meant for buckwheat groats is deteriorating. The most typical example is winter buckwheat grain. Buckwheat grain has to be sorted according to various fractions before scouring. Thus, the mechanical properties of these fractions remain a relevant field of study. The research features the dynamic pattern in the mechanical properties of the main fractions of winter buckwheat grain according to fraction before and after storage. The research subject is fractions of buckwheat sorted according to grain size before scouring. The buckwheat grain was harvested in the foothills of the Altai Territory in May 2015; it meets the necessary standards. There were twelve samples: six samples were harvested and sent for recycling (May 2015); other six samples were stored for eight months up to March 2016. The buckwheat did not pass the temperature treatment stage. The smaller fractions revealed a greater deformation before and after

storage. That can lead to a higher deformation rate during scouring. Thus, the changes in the mechanical properties of winter buckwheat grain occur differently for each fraction.

Keywords. Buckwheat grain stored under snow, fraction, mechanical properties, peeling, size, storage, strength, change

For citation: Marin VA, Vereshchagin AL, Bychin NV. Winter Buckwheat Grain: The Dynamic Pattern of the Mechanical Properties of the Main Fraction. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):97–103. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-97-103.

Введение

Гречиха – это безглютеновая псевдозлаковая культура, которая содержит высокоценные пищевые нутриенты. Они обеспечивают уникальным комплексом полезных свойств человеческий организм. Употребление гречихи приводит к снижению уровня холестерина в плазме, нейропротекции, противоопухолевым, противовоспалительным, противодиабетическим эффектам и профилактике артериальной гипертонии. Кроме того, гречиха обладает пребиотической и антиоксидантной активностью. Исследования *in vitro* и на животных показали, что такие биоактивные соединения, как d-хиро-инозит, белки гречихи и флавоноиды (главным образом рутин и кверцетин), могут быть частично ответственны за наблюдаемые эффекты [1].

В связи с высокой биологической ценностью ядра гречихи проводятся обширные исследования ингредиентов гречихи: фагопирины и протофагопирины [2]; антоцианы – 3-О-глюкозид цианидина, 3-О-рутинозид цианидина, 3-О-рамнозид цианидина и цианидин [3]; фенольные соединения – катехин и эпикатехин [4].

Также было изучено влияние микроэлементного состава на антиоксидантную активность гречихи [5]

Однако в процессе переработки значительная часть биологически активных соединений теряется. Так, в гречневой муке было обнаружено 32 свободных и 24 связанных фенольных соединений. В процессе переработки их в готовое блюдо (спагетти) общее содержание фенольных соединений уменьшилось на 74,5 %. Причем из общей доли фенольных соединений в сухих спагетти в воде в процессе приготовления растворилось 11,6 % [6].

При термообработке крупы гречихи происходят изменения в качестве белков в результате реакции Майяра и одновременно уменьшается антиоксидантная активность [7].

Исследования, проведенные в Западной Канаде, показали, что содержание флавоноидов и антиоксидантная активность гречихи зависит от условий, места и года культивирования [8].

Во время хранения происходит снижение концентрации ферментов липазы, липоксигеназы, пероксидазы и рутина, но увеличивается кислотное число жира ядра гречихи [9].

В связи с этим важным фактором выработки качественной продукции является соответствие качества сырья требованиям нормативной документации ГОСТ Р 56105-2014 «Гречиха. Технические условия».

По своим природно-климатическим условиям Алтайский край находится в зоне рискованного земледелия, но, несмотря на это, располагает огромными возможностями в организации ведения растениеводческой отрасли [10].

В последнее время качество зерна гречихи, которое поступает на переработку в крупу, ухудшилось. Это связано со снижением требований к его качеству [11]. По мнению специалистов, главными причинами резкого снижения качества и увеличение его стоимости является нехватка кадров, техники, а также низкие цены на продукцию [12,13]. Вместе с этим затраты на его производство ложатся на объемы убранного зерна, что приводит к росту его себестоимости. Поэтому нередки случаи, когда качественное зерно подсортировано зерном более низкого качества. В связи с этим важным является исследование зерна гречихи, которое не соответствует требованиям нормативных документов. Наиболее характерным примером является зерно гречихи, убранное из-под снега, так как качество перезимовавшего зерна под снегом значительно отличается от зерна убранного осенью.

В работе [14] авторы исследовали зерно гречихи, убранное весной после схода снега. По показателям качества и безопасности зерно соответствовало требованиям нормативной документации и могло быть использовано для переработки в крупу гречневую ядрица. Проведенные исследования показали, что зерно гречихи, убранное из под снега, по своим физико-механическим, морфологическим и структурным свойствам является не однородным, содержит четыре основных дефекта, наличие которых, как показали производственные испытания, приводит к появлению испорченных зерен на этапе гидротермической обработке (ГТО), что может затруднить выработку качественной продукции [15,16]. Сравнительный анализ массовой доли продуктов переработки осеннего и хранившегося под снегом зерна гречихи показал снижение выхода массы доли целого ядра и увеличение доли дробленого ядра не менее чем в два раза.

В связи с тем, что отличительной особенностью переработки зерна гречихи является разделение его перед шелушением на фракции по крупности, важным является исследование механических свойств указанных фракций [17]. Такой подход к переработке определен тем, что шелушение зерна гречихи является одним из основных этапов определяющих качество, массовую долю готового продукта и эффективность работы. Знание механических свойств является важным, так как они определяют способы и режимы шелушения зерна

Все образцы для исследования были отобраны на гречезаводе производительностью 4 т/ч. Так как зерно шелушат, пропуская его между рабочими органами машины, установленными с определенным зазором, при переработке важно иметь однородную

Таблица 1 – Размеры круглых отверстий, характеризующих фракции

Table 1 – Sizes of the round holes according to fraction

Номер фракции	Крупность зерна, мм	
	Проход сита	Сход сита
1	–	5,0
2	5,0	4,5
3	4,5	4,2
4	4,2	4,0
5	4,0	3,6
6	3,6	3,4

по крупности зерновую массу [18]. Исходя из указанных требований, зерно перед шелушением разделяли на шесть фракций по крупности.

Целью настоящей работы является исследование динамики изменений механических свойств зерен гречихи из-под снега основных фракций по крупности до и после хранения.

Объекты и методы исследования

Для испытания были отобраны партии рядового зерна гречихи предгорной части Алтайского края, попавшие под снег осенью 2014 года. Уборка такого зерна проводилась весной 2015 года после схода с полей снега. Объектами исследования являются фракции зерна гречихи по крупности, разделенные перед шелушением в используемой технологии. Были исследованы двенадцать образцов: шесть образцов собраны и направлены на переработку (май 2015 г.), шесть образцов отобраны и хранившиеся восемь месяцев по март 2016 г. Для исследования отбирали образцы, которые не прошли этап температурной обработки.

Зерно по фракциям было упаковано в мешки по 10 кг и отправлено в склад на хранение. Такой способ хранения позволил полностью исключить травмирование зерна при его хранении, а также исключить его контакт с технологическим оборудованием, которое может привести к деформации зерна при его передвижении на разных машинах. Для исследования производился отбор проб каждой фракции из пяти мешков. Из них отбирали средний образец и направляли на исследования. В экспериментальной части приведены средние значения показателей.

Контрольные образцы были расположены стоя в один ряд на деревянных решетках. Такой способ расположения мешков с исследуемыми образцами был определен исходя из того, что влажность, расположенных по рядам мешков, имеет свой показатель в процессе хранении для каждого ряда.

Характеристики образцов, размеры круглых отверстий сит, установленных на сортирующих машинах, разделяющих зерно на фракции по крупности, представлены в таблице 1.

Анализ таблицы позволяет утверждать, что для исследования выбраны шесть образцов зерна гречихи различных типоразмеров до и после хранения. Зерна гречихи условно можно разделить на крупные (диаметр 5,0–4,5 мм), средние (4,2–4,0 мм) и мелкие (4,0–3,6 мм). Размеры зерен являются сортовыми признаками и могут изменяться в зависимости от условий выращивания [19].

Чтобы избежать значительных погрешностей все исследования проводились с зерном от одного производителя. Показатели качества исследуемого нефракционированного зерна представлены в таблице 2.

Анализ таблицы позволяет утверждать, что используемое для исследования зерно, хранившееся под снегом, соответствует показателям качества, которые указаны в нормативных документах.

Таблица 2 – Показатели качества нефракционированного зерна осеннего и весеннего урожая и зерна гречихи по требованиям нормативной документации

Table 2 – Quality indices of unfractionated grain of the autumn and spring harvest and buckwheat grain according to regulatory documents

Наименование определяемых показателей	Значение показателей качества		
	НТ	Зерно весеннего урожая	
		(май)	(март)
Состояние	в здоровом негреющем состоянии	в здоровом негреющем состоянии	в здоровом негреющем состоянии
Цвет	свойственный здоровому зерну нормальный цвет	свойственный здоровому зерну нормальный цвет	свойственный здоровому зерну нормальный цвет
Запах	свойственный здоровому зерну	свойственный здоровому зерну	свойственный здоровому зерну
Влажность, %	14,5	13,2	13,0
Содержание ядра,	71	76,0	75,9
Сорная примесь, % В том числе Испорченные зерна, %	2,0 0,2	1,5 0,3	1,5 0,3
Зерновая примесь, % Проросшие зерна, %	2,0 1,0	0,4 0,4	0,5 0,4
Зараженность вредителями, экз./в 1 кг	не допускается	не обнаружено	не обнаружено
Загрязненность мертвыми насекомыми вредителями, экз./в 1 кг	не допускается	не обнаружено	не обнаружено

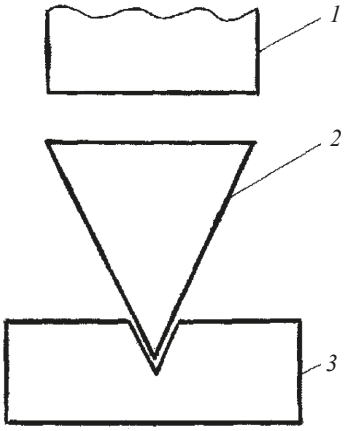


Рисунок 1 – Схема проведения испытания механических свойств зерна гречихи на термомеханическом анализаторе «Shimadzu-60», где *1* – индентор, *2* – зерно гречихи, *3* – столик измерительной ячейки

Figure 1 – The scheme of the mechanical properties test of buckwheat grain in the thermomechanical analyzer Shimadzu-60: *1* – indenter, *2* – buckwheat grain, *3* – measuring cell table

Результаты и их обсуждение

Форму ядра гречихи можно представить как трехгранную пирамиду. Исходя из этого, было изготовлено устройство для проведения механических испытаний ядра гречихи, чертеж которого представлен на рисунке 1.

Для исследования были использованы зерна гречихи размером 5,0–3,6 мм и влажностью 13,0–13,2 %, так как на используемых для шелушения машинах такая влажность является оптимальной.

Устройство для испытания образцов представляет собой латунный цилиндр, в котором выбрана полость с углом 60° и глубиной 0,5 мм для устойчивого расположения ядра.

Для исследований механических свойств зерна использовали термомеханический анализатор (TMA-60) «Shimadzu-60» (Япония). На столик измерительной ячейки (рис. 1) помещали ядро гречихи.

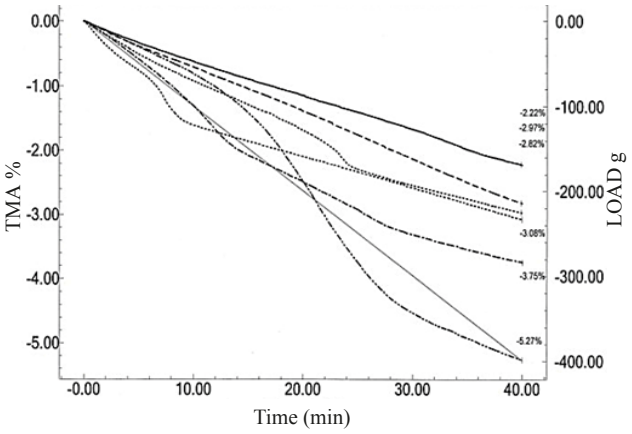


Рисунок 3 – Механические кривые разных фракций зерна гречихи образцов сразу после хранения, март 2016 г.

Figure 3 – The mechanical curves of various fractions of buckwheat grain samples immediately after storage, March 2016

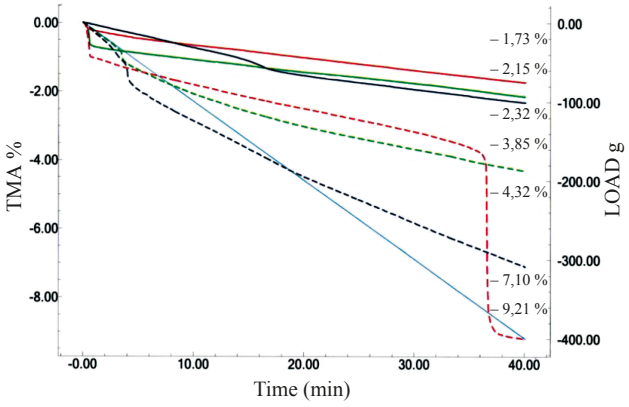


Рисунок 2 – Механические кривые образцов разных фракций зерна гречихи в мае месяце сразу после уборки зерна

Figure 2 – The mechanical curves of the samples of various fractions of buckwheat grain in May immediately after harvesting

Под углом 90° на одну точку грани ядра направляли индентор диаметром 3 мм со скоростью нагружения 10 г/мин в течение 40 мин. Максимальная нагрузка (P) на образец составляла 400 г.

Результаты механических изменений фракций зерен гречихи с 1 по 6 представлены на рисунках 2, 3. По оси Y слева – изменение линейного размера образца в %. По оси Y справа показана нагрузка индентора прибора на образце в граммах. Программное обеспечение анализатора и его свойства позволяет производить нагрузку на образец в граммах. Указанные на рисунках 2, 3 отрицательные показатели деформации и нагрузки характеризуют процесс сжатия образца. По оси X указана продолжительность эксперимента в минутах.

По результатам измерений построены графики. Результаты механических испытаний образцов зерен гречихи фракций различных размеров, убранных в мае, представлены на рисунке 2

Из представленных данных следует, что с уменьшением размера зерна увеличивается его деформация. Относительная деформация образцов составила:

– первая фракция – 1,73 %;

– вторая фракции – 2,15 %. Резкое изменение относительной деформации на третьей минуте возможно связано с прогибом плодовой оболочки;

– третья фракция – 2,32 %. Изменение относительной деформации на восемнадцатой минуте возможно связано с прогибом плодовой оболочки;

– четвертая фракция – 9,21 %. Резкое изменение относительной деформации на третьей минуте возможно связано с прогибом плодовой оболочки; на 37 минуте при увеличении нагрузке при деформации 3,85 % произошло разрушение образца. Можно предположить, что при испытании было использовано дефектное зерно. Такое зерно можно обнаружить только после удаления плодовой оболочки;

– пятая фракция – 4,32 %;

– шестая фракция – 7,10 %. Изменение относительной деформации на пятой минуте возможно связано с деформацией плодовой оболочки.

Рисунок 4 – Динамика модуля упругости фракций зерна гречихи до и после хранения

Figure 4 – The dynamic pattern of the elastic coefficient of buckwheat grain fractions before and after storage

Разброс относительной деформации в образцах разных фракций составил, без учета разрушения четвертой фракции одной партии гречихи, 5,35 %, с учетом разрушения – 7, 46 %.

Результаты механических испытаний образцов фракций зерна гречихи различных размеров после хранения представлены на рисунке 3

Из представленных данных следует, что с уменьшением размера зерна увеличивается его деформация. Относительная деформация образцов составила:
– первая фракция – 2,22 %;
– вторая фракция – 2,97 %. Резкое изменение относительной деформации на третьей минуте возможно связано с прогибом плодовой оболочки;
– третья фракция – 2,82 %. Изменение относительной деформации на девятнадцатой минуте возможно связано с прогибом плодовой оболочки;
– четвертая фракция – 3,08 %. Изменение относительной деформации на третьей минуте возможно связано с прогибом плодовой оболочки;
– пятая фракция – 3,75 %;
– шестая фракция – 5,27 %. Изменение относительной деформации на пятой минуте возможно связано с деформацией плодовой оболочки.

Разброс относительной деформации в образцах разных фракций одной партии гречихи составляет 5,05 %. Разрушение образцов в ходе испытаний не выявлено.

Таким образом, изменение относительной деформации крупных фракций до и после хранения составили 0,49 % и 0,87 %, средних фракций – 0,5 % и 0,78 %, без учета разрушения образца, мелких фракций – 0,57 % и 1,83 %. Можно утверждать, что мелкие фракции до и после хранения подвержены большей деформации. Это может привести к высокой деформации и разрушению их при шелушении.

Для сопоставления механических свойств исследуемых образцов, характеризующих сопротивляемость деформации, был определен модуль в упругости на сжатия при 2 % деформации. Изменение модуля упругости фракций зерна гречихи до и после хранения представлены на рисунке 4.

Из представленных данных следует, что:
– для зерна до хранения – с уменьшением размера зерна происходит примерно линейное снижение модуля упругости. Возможно, такое изменение упругости зерен разных фракций связано с различной степенью зрелости зерна [20], а также с уменьшением их геометрических размеров при сохранении параметров нагружения;
– для зерна после хранения – поведение деформации в образцах значительно различается. Деформация в крупных, средних и мелких зернах при всех равных условиях различается. Возможно, что такой характер изменения деформации для различных фракций зерна гречихи связан с процессом дозревания зерен в процессе хранения [21]. Это приводит к увеличению их прочности, а также то, что фракции гречихи по крупности имеют полидисперсный характер содержания ядра, чем меньше размер фракции, тем более выполнено ядро соответственно прочность такого ядра выше.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования позволяют утверждать, что в процессе хранения зерна, убранного из-под снега, изменение механических свойств во фракциях зерна гречихи разных размеров происходит неравномерно, что необходимо учитывать при выборе режимов шелушения.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Благодарю всех уважаемых коллег, которые помогали при работе над статьей

Финансирование

Работа выполнена в Бийском технологическом институте (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», руководитель М. А. Ленский.

Список литературы

1. Giménez-Bastida, J. A. Buckwheat as a Functional Food and Its Effects on Health / J. A. Giménez-Bastida, H. Zieliński // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2015. – Vol. 63, № 36. – P. 7896–7913. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02498.

2. Tavčar Benković, E. Fagopyrins and Protofagopyrins: Detection, Analysis, and Potential Phototoxicity in Buckwheat / E. Tavčar Benković, S. Kreft // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2015. – Vol. 63, № 24. – P. 5715–5724. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01163.

3. Structural Identification of Anthocyanins and Analysis of Concentrations during Growth and Flowering in Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Petals / T. Suzuki, S.-J. Kim, Z. I. S. Mohamed [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55, № 23. – P. 9571–9575. DOI: https://doi.org/10.1021/jf071474l.

4. Watanabe, M. Chiral Separation of Catechins in Buckwheat Groats and the Effects of Phenolic Compounds in Mice Subjected to Restraint Stress / M. Watanabe, J. Ayugase // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2009. – Vol. 57, № 14. – P. 6438–6442. DOI: https://doi.org/10.1021/jf901281j.

5. Trace Element Water Improves the Antioxidant Activity of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Sprouts / C.-L. Liu, Y.-S. Chen, J.-H. Yang [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55, № 22. – P. 8934–8940. DOI: https://doi.org/10.1021/jf0716275.

6. Determination of Free and Bound Phenolic Compounds in Buckwheat Spaghetti by RP-HPLC-ESI-TOF-MS: Effect of Thermal Processing from Farm to Fork / V. Verardo, D. Arráez-Román, A. Segura-Carretero [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2011. – Vol. 59, № 14. – P. 7700–7707. DOI: https://doi.org/10.1021/jf201069k.

7. Changes in Protein Quality and Antioxidant Properties of Buckwheat Seeds and Groats Induced by Roasting / H. Zielinski, A. Michalska, M. Amigo-Benavent [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2009. – Vol. 57, № 11. – P. 4771–4776. DOI: https://doi.org/10.1021/jf900313e.

8. Oomah, B. D. Flavonoids and Antioxidative Activities in Buckwheat / B. D. Oomah, G. Mazza // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1996. – Vol. 55, № 7. – P. 1746–1750. DOI: https://doi.org/10.1021/jf9508357.

9. Effects of Lipase, Lipoxygenase, Peroxidase, and Rutin on Quality Deteriorations in Buckwheat Flour / T. Suzuki, Y. Honda, Y. Mukasa [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2005. – Vol. 53, № 21. – P. 8400–8405. DOI: https://doi.org/10.1021/jf0512499.

10. Региональный аспект возделывания гречихи на Алтае / В. М. Важов, В. Н. Козил, Р. Ф. Бахтин [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 8. – С. 40–45.

11. Мелешкина, Е. П. Современные аспекты качества зерна пшеницы / Е. П. Мелешкина // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – Т. 3, № 3. – С. 4–7.

12. «Ростсельмаш» назвал три основных причины потерь зерна при уборке // Агроинвестор. – 2017. – Режим доступа: http://agriculture.by/news/mirovye-novosti/rostselmash-nazval-tri-osnovnyh-prichiny-poter-zerna-pri-uborke. – Дата обращения: 25.12.2018.

13. Новоселов, С. В. Основы моделирования инновационного развития зерноперерабатывающих предприятий в условиях Алтайского края / С. В. Новоселов, Е. Н. Болхивитина, Ю. Г. Угарова // Ползуновский вестник 2012. – № 2–2. – С. 65–73.

14. Марьин, В. А. Механические характеристики зерна гречихи хранившегося под снегом / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 44, № 1. – С. 65–72. DOI: https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-1-65-72.

15. Константинов, М. М. Способ определения равномерности гидротермической обработки зерна крупяных культур / М. М. Константинов, А. А. Румянцев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 35, № 3. – С. 79–82.

16. Румянцев, А. А. Математическая модель кинетики увлажнения зернокрупяных культур при гидротермической обработке / А. А. Румянцев // Ползуновский вестник. – 2018. – № 2. – С. 56–59.

17. Bryngelsson, S. Effects of Commercial Processing on Levels of Antioxidants in Oats (*Avena sativa* L.) / S. Bryngelsson, L. H. Dimberg, A. Kamal-Eldin / Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50, № 7. – P. 1890–1896. DOI: https://doi.org/10.1021/jf011222z.

18. Saravacos, G. D. Mechanical Separation Equipment / G. D. Saravacos, A. E. Kostaropoulos // Handbook of Food Processing Equipment. Food Engineering Series / G. D. Saravacos, A. E. Kostaropoulos. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – P. 233–292. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-25020-5.

19. Важов, В. М. Агроэкологические вопросы выращивания *Fagopyrum esculentum moench.* на Алтае / В. М. Важов, В. Н. Козил, С. В. Важов // Успехи современного естествознания – 2016. – № 1. – С. 56–60.

20. Марьин, В. А. Физико-механические свойства ядра гречихи различных размеров / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 3. – С 14–17.

21. Influences of High Hydrostatic Pressure, Microwave Heating, and Boiling on Chemical Compositions, Antinutritional Factors, Fatty Acids, In Vitro Protein Digestibility, and Microstructure of Buckwheat / Y. Deng, O. Padilla-Zakour, Y. Zhao [et al.] // Food Bioprocess Technology. – 2015. – Vol. 8, № 11. – P. 2235–2245. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-015-1578-9.

References

1. Gimenez-Bastida JA, Zielinski H. Buckwheat as a Functional Food and Its Effects on Health. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2015;63(36):7896–7913. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02498.

2. Benkovic ET, Kreft S. Fagopyrins and Protofagopyrins: Detection, Analysis, and Potential Phototoxicity in Buckwheat. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2015;63(24):5715–5724. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01163.

3. Suzuki T, Kim SJ, Mohamed ZIS, Mukasa Y, Takigawa S, Matsuura-Endo C, et al. Structural identification of anthocyanins and analysis of concentrations during growth and flowering in buckwheat (*Fagopyrum esculentum moench*) petals. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007;55(23):9571–9575. DOI: https://doi.org/10.1021/jf071474l.

4. Watanabe M, Ayugase J. Chiral Separation of Catechins in Buckwheat Groats and the Effects of Phenolic Compounds in Mice Subjected to Restraint Stress. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2009;57(14):6438–6442. DOI: https://doi.org/10.1021/jf901281j.

5. Liu CL, Chen YS, Yang JH, Chiang BH, Hsu CK. Trace element water improves the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum esculentum moench*) sprouts. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007;55(22):8934–8940. DOI: https://doi.org/10.1021/jf0716275.

6. Verardo V, Arraez-Roman D, Segura-Carretero A, Marconi E, Fernandez-Gutierrez A, Caboni MF. Determination of Free and Bound Phenolic Compounds in Buckwheat Spaghetti by RP-HPLC-ESI-TOF-MS: Effect of Thermal Processing from Farm to Fork. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011;59(14):7700–7707. DOI: https://doi.org/10.1021/jf201069k.

7. Zielinski H, Michalska A, Amigo-Benavent M, del Castillo MD, Piskula MK. Changes in Protein Quality and Antioxidant Properties of Buckwheat Seeds and Groats Induced by Roasting. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2009;57(11):4771–4776. DOI: https://doi.org/10.1021/jf900313e.

8. Oomah BD, Mazza G. Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1996;44(7):1746–1750. DOI: https://doi.org/10.1021/jf9508357

9. Suzuki T, Honda Y, Mukasa Y, Kim S. Effects of lipase, lipoxygenase, peroxidase, and rutin on quality deteriorations in buckwheat flour. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005;53(21):8400–8405. DOI: https://doi.org/10.1021/jf0512499.

10. Vazhov VM, Kozil VN, Bakhtin RF, Yaskov MI. Regional aspect of cultivating buckwheat in Altai. Advances in current natural sciences. 2018;(8):40–45. (In Russ.).

11. Meleshkina EP. Modern Aspects of Wheat Grain Quality. Agrarian Reporter of South-East. 2009; 3(3):4–7. (In Russ.).

12. "Rostsel′mash" nazval tri osnovnykh prichiny poter′ zerna pri uborke [Rostselmash named three main causes of grain losses during harvesting]. Agroinvestor [Agroinvestor]. 2017. [cited 2018 Dec 25]. Available from: http://agriculture.by/news/mirovye-novosti/rostselmash-nazval-tri-osnovnyh-prichiny-poter-zerna-pri-uborke.

13. Novoselov SV, Bolkhivitina EN, Ugarova YuG. Osnovy modelirovaniya innovatsionnogo razvitiya zernopererabatyvayushchikh predpriyatiy v usloviyakh Altayskogo kraya [Basic modeling of the innovative development of grain processing enterprises in the conditions of the Altai Territory]. Polzunovsky vestnik. 2012;(2–2):65–73. (In Russ.).

14. Mar'in VA, Vereshchagin AL, Bychin NV. Mechanical properties of buckwheat grain stored under snow. Food Processing: Techniques and Technology. 2017;44(1):65–72. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-1-65-72.

15. Konstantinov MM, Rumyantsev AA, Borzov NA. Methods of determining the evenness of hydrothermic treatment of groats grain. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2012;35(3):79–82. (In Russ.).

16. Rumyantsev AA. Matematicheskaya model′ kinetiki uvlazhneniya zernokrupyanykh kul′tur pri gidrotermicheskoy obrabotke [The mathematic model for the wet grain kinetics during hydrothermal processing]. Polzunovsky vestnik. 2018;(2):56–59. (In Russ.).

17. Bryngelsson S, Dimberg LH, Kamal-Eldin A. Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002;50(7):1890–1896. DOI: https://doi.org/10.1021/jf011222z.

18. Saravacos G, Kostaropoulos AE. Mechanical Separation Equipment. In: Saravacos GD, Kostaropoulos AE, editors. Handbook of Food Processing Equipment, 2nd Edition. Food Engineering Series. New York: Springer; 2016. p. 233–292. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-25020-5.

19. Vazhov VM, Kozil VN, Vazhov SV. Agroecological growing business *Fagopyrum esculentum moench*. In Altai. Advances in current natural sciences. 2016;(1);56–60. (In Russ.).

20. Marin VA, Vereshchagin AL, Bychin NV. Physico-mechanical Properties of the Buckwheat Kernels in Different Sizes. Storage and Processing of Farm Products. 2017;(3):14–17. (In Russ.).

21. Deng Y, Padilla-Zakour O, Zhao YY, Tao SS. Influences of High Hydrostatic Pressure, Microwave Heating, and Boiling on Chemical Compositions, Antinutritional Factors, Fatty Acids, In Vitro Protein Digestibility, and Microstructure of Buckwheat. Food and Bioprocess Technology. 2015;8(11):2235–2245. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-015-1578-9.

Марьин Василий Александрович
канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: tehbiysk@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1858-238X

Vasily A. Marin
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: tehbiysk@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1858-238X

Верещагин Александр Леонидович
д-р хим. наук, профессор, ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: vail@bti.secna.ru
https://orcid.org/0000-0003-4510-720X

Alexander L. Vereshchagin
Dr.Sci.(Chem.), Professor, Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: vail@bti.secna.ru
https://orcid.org/0000-0003-4510-720X

Бычин Николай Валерьевич
ведущий инженер, ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: vail@bti.secna.ru

Nikolai V. Bychin
Leading Engineer, Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: vail@bti.secna.ru

2019 Т. 49 № 1 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-104-112
УДК 635.5.037
Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Определение процессовых характеристик быстрого замораживания продуктов методом непрерывного и дискретного теплооотвода

Е. Н. Неверов, Л. В. Лифенцева*, А. В. Усов

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

**e-mail: milka61-08@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 30.01.2019
Дата принятия в печать: 21.03.2019

© Е. Н. Неверов, Л. В. Лифенцева, А. В. Усов, 2019

Аннотация. В работе показаны рациональные условия процесса быстрого замораживания неупакованных мелкокусковых пищевых продуктов методом непрерывного и дискретного теплоотвода. Дана графическая интерпретация результатов расчета среднеобъемной температуры для различных температурных режимов замораживания полуфабрикатов. Это позволяет определить значение температуры в любой момент времени. Определен наиболее рациональный диапазон скоростей циркуляции воздуха при непрерывном теплоотводе, который находится в пределах от 4 м/с до 6 м/с. Построены кривые изменения температуры и плотности теплового потока при быстром замораживании мясных мелкокусковых полуфабрикатов. Показан характер изменения коэффициента теплоотдачи и скорости замораживания мясных полуфабрикатов при температуре –40 °С и скорости воздуха 6 м/с. Выявлено, что увеличение плотности теплового потока и сокращение продолжительности замораживания, примерно в 1,4 раза, происходит при понижении температуры охлаждающей среды от –20 °С до –40 °С при скорости движения воздуха 6 м/с. Проведенные исследования по определению процессовых характеристик быстрого замораживания в непрерывном режиме позволили рассмотреть данную задачу на примере дискретного теплоотвода. Показаны сравнительные характеристики изменения продолжительности процесса замораживания и скорости процесса при непрерывном и дискретном теплоотводах. Доказано, что при дискретном теплоотводе продолжительность процесса замораживания составляет 20 минут, а при непрерывном теплоотводе – 26 минут. Построена термограмма и кинетика теплоотвода при замораживании в условиях дискретного режима. Приведена программа быстрого замораживания мясных рубленых полуфабрикатов, которая является программным обеспечением работы скороморозильного аппарата. Рассмотрены показатели качества мясного фарша, в зависимости от условий теплоотвода, а также изменение физико-химических свойств продукта после замораживания и в процессе хранения. Исследования показателей качества мясных мелкокусковых полуфабрикатов проводились в лаборатории научно-внедренческого предприятия «Сибагропереработка» г. Новосибирск.

Ключевые слова. Быстрое замораживание, продолжительность процесса, мясные полуфабрикаты, температура, скорость, дискретный теплоотвод

Для цитирования: Неверов, Е. Н. Определение процессовых характеристик быстрого замораживания продуктов методом непрерывного и дискретного теплооотвода / Е. Н. Неверов, Л. В. Лифенцева, А. В. Усов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 104–112. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-104-112.

Original article
Available online at http://fptt.ru/

The Process Characteristics of Rapid Freezing: Continuous and Discrete Heat Removal Method

E.N. Neverov, L.V. Lifentseva*, A.V. Usov

Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: milka61-08@mail.ru*

Received: January 30, 2019
Accepted: Marth 21, 2019

© E.N. Neverov, L.V. Lifentseva, A.V. Usov, 2019

Abstract. The research features the rational conditions of the process of rapid freezing for unpackaged small-sized foods by the method of continuous and discrete heat sink. The paper presents a graphical interpretation of the calculations of the average volume temperature for various temperature regimes that are used to freeze semi-finished products. The method makes it possible to determine the temperature at any time. The experiment defined the most rational range of air circulation speeds with a continuous heat sink in the range from 4 m/s to 6 m/s. The article features curves of changes in temperature and heat flux density during the rapid freezing of small-sized semi-finished meat products. They show the nature of the changes in the air coefficient of the meat sample heat transfer curves and the medium velocity of the object air. An increase in the heat flux density and a reduction

in the duration of freezing by about 1.4 times occurred when the temperature of the cooling medium decreased from –20°C to – 40°C at an air speed of 6 m/s. The research determined the process characteristics of rapid freezing in continuous mode using a discrete heat sink. The authors describe the comparative characteristics of the change in the duration of the freezing process and the speed of the process with continuous and discrete heat sinks. The study presents the curves of changes in temperature and heat flux density during rapid freezing of small-sized semi-finished meat products, depending on the conditions of heat transfer. When a discrete heat sink was used, the duration of the freezing process was fpund to be 20 min, while with a continuous heat sink it lasted 26 min. The paper also includes a thermogram and the kinetics of heat sink during freezing in discrete conditions, as well as a software program for quick freezing of semi-finished minced meat products. The indicators of the meat quality are considered depending on the conditions of the heat sink, as well as the change in the physicochemical properties of the product after freezing and during storage. Studies of quality indicators of small-sized semi-finished meat products were carried out in the laboratory of the scientific-innovative enterprise “Sibagropererabotka” (Novosibirsk, Russia).

Keywords. Fast freezing, process duration, meat semi-finished products, temperature, speed, discrete heat sink

For citation: Neverov EN, Lifentseva LV, Usov AV. The Process Characteristics of Rapid Freezing: Continuous and Discrete Heat Removal Method. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):104–112. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-104-112.

Введение

Развитие производства быстрозамороженных продуктов представляет собой одно из главных направлений в области интенсификации технологических процессов, так как обеспечивает рациональное использование сельскохозяйственного сырья и может разнообразить рацион питания. Для получения замороженных продуктов в мировой практике используется широкий набор методов и технологий, которые обеспечивают разнообразие скороморозильных аппаратов и их выбор [1]. Совершенствование холодильной техники и технологии производства быстрозамороженной продукции предполагает переход на аппаратное замораживание с помощью скороморозильной техники [2, 4]. Поэтому важным является разработка такой технологии обработки пищевых продуктов, которая позволит получить максимально эффективные показатели и параметры процесса замораживания. Отечественный и зарубежный опыт показывает перспективность разработки модульных аппаратов для замораживания продуктов как в упаковке, так и без нее [3].

В данной работе рассматривается задача о быстром замораживании мелкокусковых рубленых мясных полуфабрикатов, которые можно рассматривать как тела малого объема, приближающиеся по форме к неограниченной пластине. Для рассмотрения процесса теплообмена принята математическая модель Л. С. Лейбензона:

– теплообмен симметричен;

– температура охлаждающей среды не изменяется в пределах цикла;

– теплофизические показатели продукта изменяются при переходе из одной фазы в другую и не изменяются в пределах фазы [4, 7].

Цель данной работы – определить рациональные условия процесса быстрого замораживания неупакованных мелкокусковых мясных продуктов методом непрерывного и дискретного теплоотвода.

Объекты и методы исследования

Для оценки теплофизических характеристик быстрого замораживания объектов исследования был проведен эксперимент по быстрому замораживанию мясных фаршей в режиме непрерывного и дискретного теплоотвода в исследуемом диапазоне температур и скоростей воздуха.

Исследования проводились с применением математических методов планирования эксперимента. Это позволило сократить число опытов и графически показать количественную оценку величин, которые влияют на процесс замораживания [5, 7].

За эффективные критерии были взяты два параметра, которые характеризуют процесс: плотность теплового потока – от объекта исследования к охлаждающей среде (q, кВт/м^2) и время – продолжительность процесса замораживания (час). Главным критерием эффективности рассматривалась плотность теплового потока, которая связана с энергетическими затратами, а второстепенным – продолжительность процесса замораживания.

Процесс замораживания проводили в потоке воздуха. Образец рассматривали как неограниченную пластину [9]. Измеряли количество тепла с двух сторон пластины нижней и верхней поверхностей, так как интенсивность охлаждения неодинакова. Также было выделено два основных фактора, влияющих на интенсивность теплообмена при замораживании в потоке воздуха. Это температура воздуха ($t_в$) и скорость воздуха ($v_в$).

При выборе пределов проведения эксперимента учитывалось то, что при температуре воздуха выше –20 °С замораживание не будет соответствовать быстрому, даже если интенсифицировать скорость воздуха [5]. Понижение температуры среды ниже –70 °С неэффективно с энергетической стороны. Поэтому рассматривали температуры в пределах от –20 °С до –70 °С и скорости воздуха от 3 до 10 м/с.

Результаты и их обсуждение

Объектом исследования служил мясной говяжий фарш, изготовленный из охлажденного и измельченного мяса говядины 1 категории упитанности, сформованный в брикеты массой 250 г и толщиной 28 мм. Замораживание проводили в потоке воздуха, варьируя температуры от –20 °С до –70 °С и скорости от 4 до 10 м/с. Брикеты укладывали на металлический противень и помещали в камеру замораживания с начальной температурой продукта и противня 20 °С. Такой подход учитывает реальные

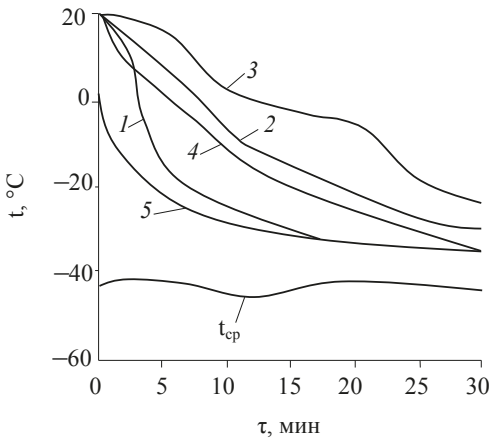
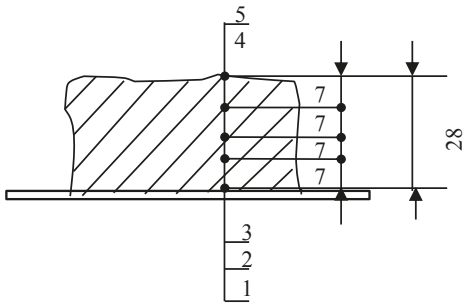
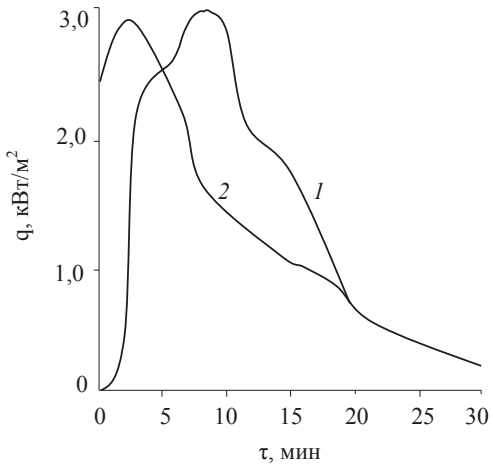


Схема установки термопар по толщине продукта



(а)



1 – нижняя поверхность, 2 – верхняя поверхность

(б)

Рисунок 1 – Кривые изменения температуры (а) и плотности теплового потока (б) при быстром замораживании мясных мелкокусковых полуфабрикатов

Figure 1 – Curves of temperature changes (a) and heat flux density (b) during the rapid freezing of semi-finished small-sized meat products

условия производства и является отличительным признаком от решения где мелкоштучные продукты замораживали на металлической ленте, которая имела в начальный момент времени температуру ниже криоскопической температуры продукта [7, 8, 14]. Охлаждающий блок включает в себя испаритель и вентиляторы, которые расположены в шахматном порядке друг против друга. Такое расположение приборов охлаждения и вентиляторов позволяет обеспечить двухстороннюю симметричную циркуляцию воздуха. К образцу были присоединены термопары: одна на внутренней поверхности (термопара 5) и одна на внешней поверхности (термопара 1), а также три термопары на расстоянии 7 мм от поверхности. Температура среды в камере –45 °С. Были построены кривые изменения температуры образца (а) и показана кинетика теплоотвода (б), которые представлены на рисунке 1.

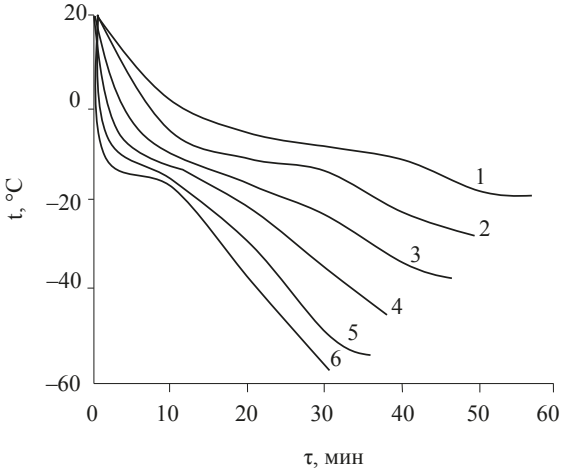


Рисунок 2 – Изменение среднеобъемной температуры рубленых полуфабрикатов при замораживании (скорость воздуха 6 м/с, температура: 1: –20 °С, 2: –30 °С, 3: –40 °С, 4: –50 °С, 5: –60 °С, 6: –70 °С)

Figure 2 – Changes in the avarage volume temperature of minced semi-finished products diring freezing (airflow = 6 m/c; temperature: 1: –20 °C, 2: –30 °C, 3: –40 °C, 4: –50 °C, 5: –60 °C, 6: –70 °C)

Из графиков видно, что быстрее охлаждается верхняя поверхность продукта. При дальнейшем понижении температуры на нижней поверхности теплообмен становится более интенсивным и через 18 минут температурный фронт выравнивается. Такой теплообмен соответствует симметричному.

Результатам расчетов среднеобъемной температуры была придана графическая интерпретация для различных температурных режимов замораживания полуфабрикатов. Это позволяет определить значение температуры в любой момент времени (рис. 2).

Характер изменения коэффициента теплоотдачи и скорости замораживания мясных полуфабрикатов в зависимости от температуры и скорости воздуха, показан на рисунке 3.

Из графиков видно, что при скорости воздуха 6 м/с и температуре воздуха –40 °С скорость замораживания изменяется от 8×10^{-6} м/с до $16{,}5\times10^{-6}$ м/с, при этом коэффициент теплоотдачи увеличивается от 50 Вт/(м²·К) до 85 Вт/(м²·К) (рис. 3а). Из графика на рисунке 3б видно, что для неупакованных полуфабрикатов увеличение скорости воздуха выше 7 м/с не приводит к существенной интенсификации процесса замораживания.

Дальнейшее увеличение скорости воздуха еще в меньшей степени влияет на интенсивность теплообмена, значение коэффициента теплоотдачи практически не изменяется, т. е. наиболее рациональный

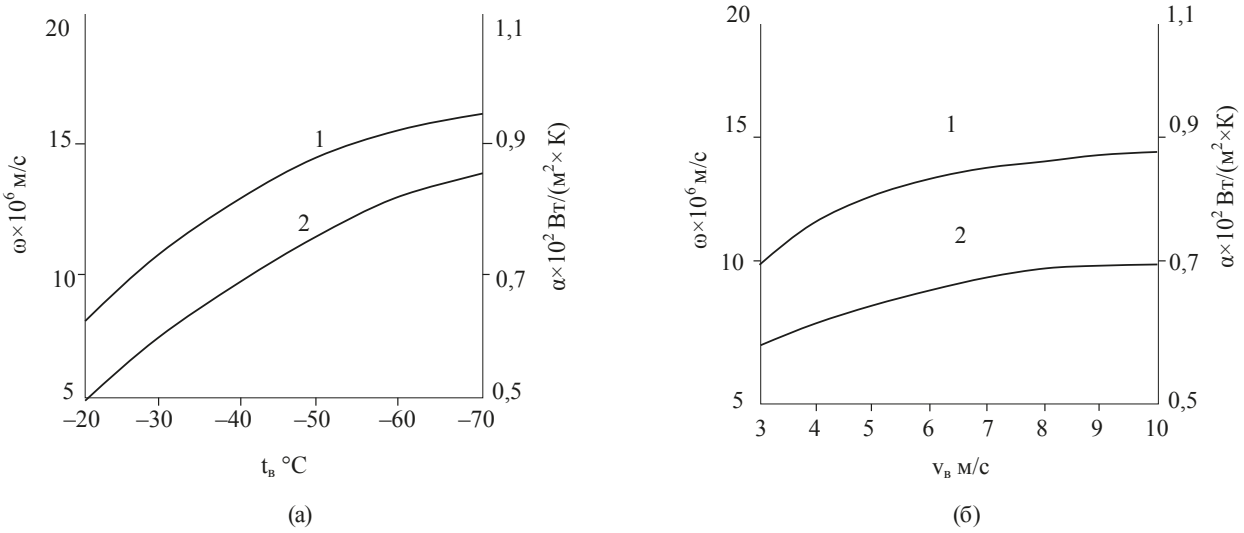


Рисунок 3 – Влияние температуры (а) и скорости воздуха (б) на коэффициент теплоотдачи (2) и скорость замораживания (1) мясных рубленых полуфабрикатов: а – скорость воздуха 6 м/с; б – температура воздуха –40 °С.

Figure 3 – Effect of temperature (a) and air velocity (b) on the heat transfer coefficient (2) and freezing speed (1) of semi-finished minced meat products: a – air velocity = 6 m / s; b – air temperature = –40 °C.

диапазон скоростей циркуляции воздуха находится в пределах от 4 м/с до 6 м/с.

Рассматривая изменения параметров процесса в данном интервале (рис. 4) можно увидеть, что увеличение плотности теплового потока и сокращение продолжительности замораживания примерно в 1,4 раза, происходит при понижении температуры охлаждающей среды от –20 °С до –40 °С при скорости движения воздуха 6 м/с.

Дальнейшее понижение температуры воздуха до –50 °С несколько снижает темп изменения плотности теплового потока и времени замораживания, но он еще довольно высок и составляет 1,22 раза по сравнению с температурой –40 °С.

В интервале температур от –60 °С до –70 °С относительно –50 °С, очевиден спад интенсивности теплообмена, который составляет 1,15–1,11 раза.

Основная цель дискретного теплоотвода – реализовать такой порядок организации внешнего воздействия с помощью воздушной системы охлаждения, при котором будет наблюдаться сокращение приведенных затрат без ухудшения качества продукта [5, 6, 13]. Данный теплоотвод рассматривали в наиболее рациональном режиме непрерывного теплоотвода с температурой воздуха до –50 °С при скорости движения воздуха в зоне контакта с продуктом от

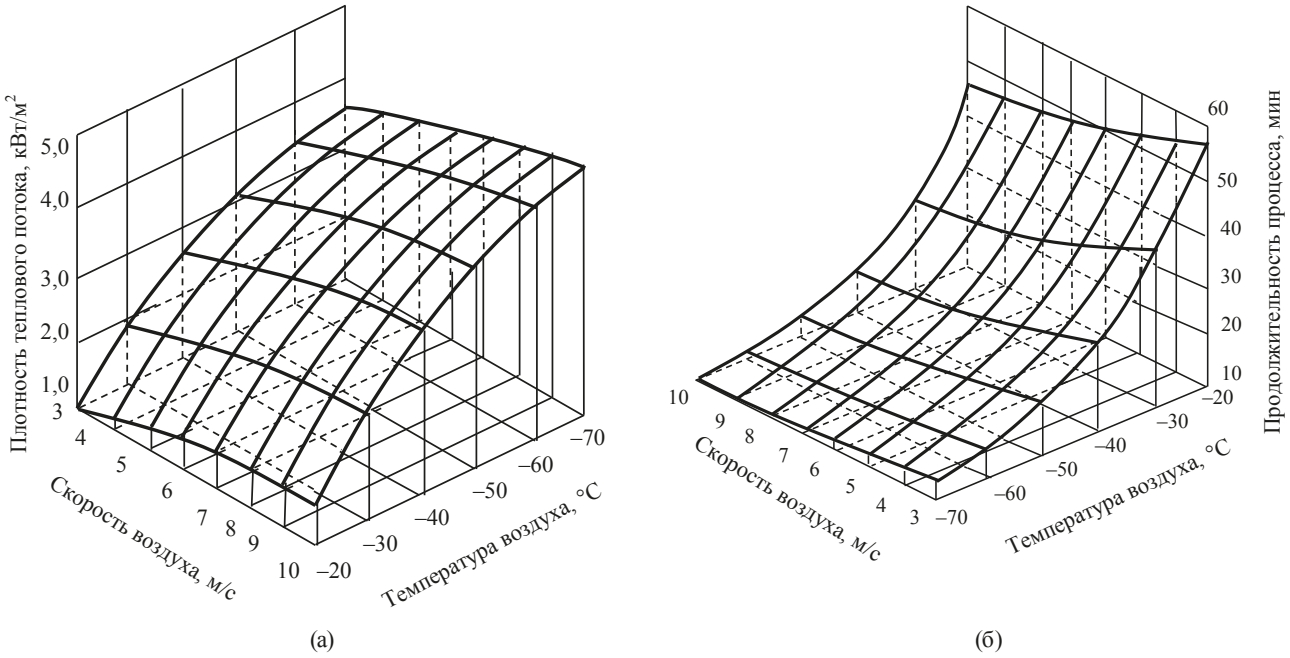


Рисунок 4 – Влияние температуры и скорости воздуха на плотность теплового потока (а) и продолжительность замораживания (б) рубленых полуфабрикатов

Figure 4 – Effect of temperature and air velocity on the heat flow density (a) and the duration of freezing (b) of chopped semi-finished products.

Таблица 1 – Результаты эксперимента объекта исследования в условиях дискретного теплоотвода

Table 1– Experimental results for the discrete heat sink

№ опыта	Параметры воздуха в модулях								Продолжительность, мин		Скорость процесса $\omega \times 10^6$, м/с
	1 модуль		2 модуль		3 модуль		4 модуль		Дискретный теплоотвод	Непрерывный теплоотвод, –40 °С, 5 м/с	
	$t_в$, °С	$v_в$, м/с	$t_в$, °С	$v_в$, м/с	$t_в$, °С	$v_в$, м/с	$t_в$, °С	$v_в$, м/с			
Первая серия											
1	–50	6	–40	4	–35	6	–30	4	24	26	12,5
2	–40	6	–30	4	–40	6	–30	4	29,5	26	11,9
3	–30	6	–40	4	–50	6	–30	4	23,5	26	13,3
4	–50	4	–40	6	–30	4	–30	4	23	26	12,8
5	–40	4	–30	6	–40	4	–30	4	29	26	11,7
6	–30	4	–40	6	–50	4	–35	4	22	26	13,7
Вторая серия											
7	–30	4	–50	6	–40	6	–30	4	22	26	14,0
8	–30	4	–50	4	–40	4	–30	4	23	26	13,7
9	–30	4	–50	6	–40	5	–30	4	20	26	14,2
10	–30	4	–50	4	–40	6	–30	4	22	26	14,0

4 м/с до 6 м/с. Эксперимент проводился в несколько этапов. На первом этапе, используя особенности изменения процессовых характеристик непрерывного теплоотвода, был составлен план реализации опытов в четырехмодульной экспериментальной установке.

Каждая секция аппарата имеет индивидуальное холодоснабжение и систему, обеспечивающую циркуляцию воздуха с заданными параметрами. В таблице 1 представлен план и результаты эксперимента при быстром замораживании объекта исследования в условиях дискретного теплоотвода. Учитывая, что при различных вариантах составления модулей будет сложно рассчитать с достаточной точностью продолжительность процесса, повторность опытов была увеличена до 10.

Сравнительная оценка проводилась по сопоставлению с наиболее эффективным режимом непрерывного теплоотвода при температуре –40 °С и скорости 5 м/с. Основными критериями оценки являлись продолжительность и скорость процесса. Анализ результатов первой серии эксперимента свидетельствует о том, что когда в 1 модуле создаются более интенсивные условия, то это в меньшей степени оказывает влияние на сокращение продолжительности и скорости процесса. С теплофизической точки зрения это объясняется тем, что на поверхности продукта температура очень быстро достигает криоскопической, образуя кристаллический «барьер» определенной толщины. Это существенно снижает интенсивность проникновения температурного фронта во внутренние слои продукта. Эффективным на данном этапе эксперимента оказался опыт № 6, когда в первом модуле были созданы менее интенсивные условия, переходящие затем в активное воздействие более низких температур и высоких скоростей воздуха.

Вторая серия эксперимента была направлена на выявление оптимального сочетания модулей. Так, следуя постановке опытов, целенаправленно интенсифицировали процесс во 2 и 3 модулях и в опыте № 9 получили минимальную продолжительность процесса 20 минут, в то время как продолжительность процесса при непрерывном теплоотводе составила 26 минут. На рисунке 5 показаны экспериментальные кривые, изображающие физическую картину происходящего в этом опыте.

В 1 модуле отводится значительно меньше тепла, чем в опыте № 4. Температура в центре и на поверхности существенно выше, чем в контрольном варианте быстрого замораживания. Во 2 модуле при

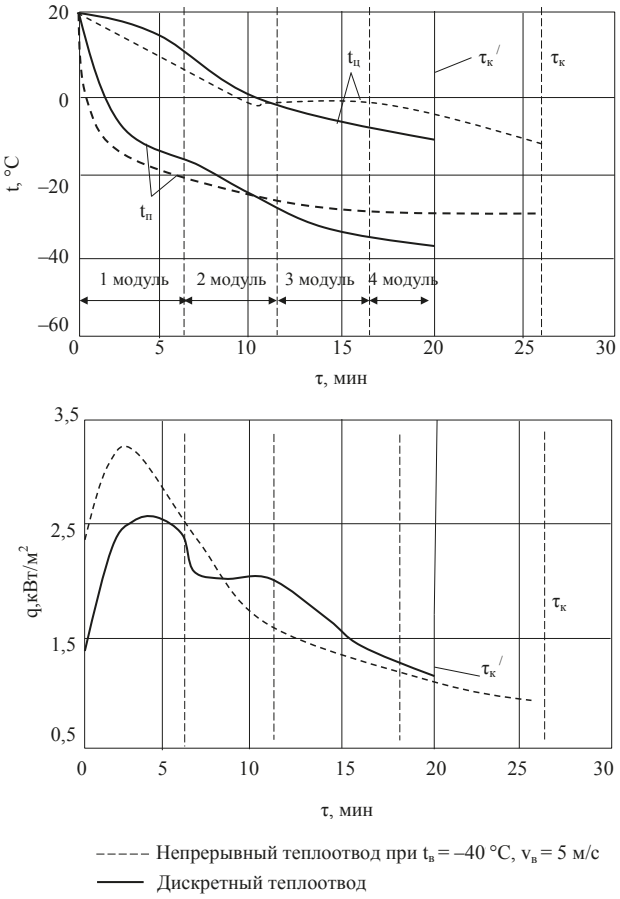


Рисунок 5 – Термограмма и кинетика теплоотвода при замораживании в условиях дискретного режима

Figure 5 – Thermogram and kinetics of heat sink during freezing under discrete conditions

Таблица 2 – Программа быстрого замораживания рубленых полуфабрикатов

Table 2 – Program of quick freezing for minced semi-finished products

Параметры воздуха и время пребывания продукта в модулях											
1 модуль			2 модуль			3 модуль			4 модуль		
$t_в$, °C	$v_в$, м/с	τ, мин	$t_в$, °C	$v_в$, м/с	τ, мин	$t_в$, °C	$v_в$, м/с	τ, мин	$t_в$, °C	$v_в$, м/с	τ, мин
–30	4	6	–50	6	6	–40	5	6	–35	4	2

температуре –50 °C и максимальной скорости 6 м/с отвод тепла настолько эффективен, что температура резко снижается не только на поверхности, но и в центре продукта. Это означает, что основная масса продукта успешно прошла период фазового превращения воды в лед. Это может стать гарантией максимального сохранения исходных свойств продукта при длительном хранении.

В модуле № 3 при температуре –40 °C скорость потока несколько снижается, в связи с тем, что уже происходит падение интенсивности теплообмена, но процесс еще достаточно интенсивен. Последний модуль № 4 позволяет еще в большей степени снизить скорость процесса и увеличить его температуру, так как тепловая нагрузка минимальная и процесс достижения среднеобъемной температуры –18 °C не требует вмешательства, поскольку интенсификация конвективным способом уже не принесет существенного сокращения продолжительности процесса.

Для определения оптимального времени нахождения продукта в модулях, при условии, что режимные параметры процесса замораживания (зависимость среднеобъемной температуры продукта от времени) известны для каждой камеры, была разработана программа вычислений на языке Турбо-Паскаль, которая может рассматривать задачу на любое количество модулей. Для ее загрузки требуются результаты, получаемые из базовой модели определения продолжительности замораживания на каждой стадии [5]. Тогда возможно производить вариантые расчеты оптимизации условий внешнего воздействия при быстром замораживани продуктов. Это и представляет элемент программирования процесса замораживания. В таблице 2 приведена программа быстрого замораживания мясных рубленых полуфабрикатов.

В данной работе рассматривались и качественные характеристики мясопродуктов, замороженные в условиях дискретного теплоотвода, и сравнивались с качеством мяса, замороженного в условиях непрерывного теплоотвода. Размораживание образцов проводили в воздушной среде при температуре воздуха 20 °C до достижения температуры плюс 1 °C в центре продукта. В размороженном фарше определяли массовую долю влаги, водосвязывающую способность, растворимость белковых фракций, потери массы после тепловой обработки, потери мясного сока. В исходном сырье определяли массовую долю влаги, водосвязывающую способность и растворимость белков. Результаты эксперимента приведены в таблице 3.

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что при замораживании в заданных режимах теплоотвода уменьшение массовой доли влаги в фарше практически одинаково. Это объясняется естественной убылью массы за счет испарения влаги. Убыль составляет 0,97–1 %, что не превышает нормативной усушки при замораживании. Однако в процессе хранения происходит дальнейшее уменьшение влаги за счет испарения. Это уменьшение объясняется частичным разрушением белково-коллоидной системы, уменьшением способности белков удерживать влагу [8, 10, 12].

Также результаты экспериментов показали, что потери мясного сока с увеличением продолжительности хранения замороженного фарша возрастают примерно на 1,2–1,4 %. Это объясняется снижением набухаемости белковых веществ фарша. Уменьшение влаги в фарше и потери мясного сока в заданных режимах замораживания практически одинаковы.

Потери массы при замораживании и в процессе хранения составили около 1,2 %, но при замораживании в условиях дискретного теплоотвода они оказались несколько ниже, чем при непрерывном теплоотводе. Это объясняется меньшей продолжительностью процесса.

Процесс замораживания сопровождается не только потерей массы, но и изменениями физи-

Таблица 3 – Показатели качества мясного фарша в зависимости от условий теплоотвода

Table 3 – Quality indicators of the minced meat according to the conditions of the heat sink

Объект исследования	Влага W, %	Потери мясного сока при размораживании	Потери массы, %	
			после замораживания	после тепловой обработки
Фарш говяжий	74,9			
Фарш, замороженный непрерывным теплоотводом	73,4	0,5	2	26
через 1 мес.	72,3	1,7	3,7	32
2 мес.	70,8	1,9	5,6	40
Фарш, замороженный дискретным теплоотводом	73,8	0,4	1,1	25
через 1 мес.	72,7	1,6	2,5	31,5
2 мес.	71,6	1,8	3,6	38

Таблица 4 – Изменение ВСС и растворимости миофибриллярных белков после замораживания и в процессе хранения

Table 4 – Changes in the water binding capacity and solubilities of myofibrillary proteins after freezing and during storage

Объект исследования	ВСС % к исходному	Растворимость белков	
		саркоплазматических	миофибриллярных
Фарш говяжий	100	100	100
Фарш, замороженный непрерывным теплоотводом		98,2	88,1
через 1 мес.	84,9	98,0	85,1
2 мес.	68,8	90,8	80,0
Фарш, замороженный дискретным теплоотводом		98,9	90,1
через 1 мес.	87,3	97,1	86,8
2 мес.	73,6	93,6	81,8

ко-химических свойств продукта [11]. В процессе исследований рассматривали растворимость белковых фракций и водосвязывающую способность (ВСС). Результаты приведены в таблице 4.

При замораживании свойства саркоплазмитических белков, в том числе их растворимость, практически не изменяются. Растворимость миофибриллярных белков при замораживании и хранении уменьшается на 9–20 %. В режиме дискретного теплоотвода растворимость белков на 1,5–2 % меньше, чем в условиях непрерывного теплоотвода.

Динамика изменения ВСС объектов исследования свидетельствует о снижении способности исследуемых фаршей удерживать влагу. Это объясняется уменьшением влаги в продукте в процессе хранения. Темп снижения ВСС выше на 3,7 % в случае непрерывного теплоотвода.

Выводы

Таким образом, данные исследования позволяют сделать вывод, что наиболее рациональный диапазон скоростей циркуляции воздуха находится в пределах от 4 м/с до 6 м/с, при котором интенсивность теплоотбмена увеличивается. Также понижение температуры воздуха ниже –50 °С нецелесообразно, так как сущетсвенного сокращения продолжительности замораживания и интенсивности теплообмена не наблюдается.

Кроме того, если поддерживать температуру воздуха на уровне от –40 °С до –50 °С, то скорость замораживания мясного полуфабриката находится в пределах от $12{,}5\times10^{-6}$ до $14{,}8\times10^{-6}$ м/с, что соответствует понятию «быстрое замораживание». Также из опытов видно, что при дискретном теплоотводе продолжительность процесса замораживания ниже и составляет 20 минут, чем при непрерывном теплоотводе. Это может привести к снижению приведенных затрат на процесс замораживания.

Быстрое замораживание объекта исследования в рассмариваемых условиях теплоотвода не дало оснований считать сущетсвенным изменение качества продукта. Результаты исследований свидетельствуют о том, что дискретный теплоотвод, имея преимущества в сокращении продолжительности замораживания, не ухудшает качества продукта, а по некоторым показателям улучшает его.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Fryer, P. J. Processing technology innovation in the food industry / P. J. Fryer, C. Versteeg // Innovation: Management, Policy and Practice. – 2008. – Vol. 10, № 1. – P. 74–90. DOI: https://doi.org/10.5172/impp.453.10.1.74.

2. Бараненко, А. В. О некоторых аспектах развития холодильной индустрии страны в XX — начале XXI века / А. В. Бараненко // Холодильная техника. – 2012. – № 1. – С. 28–34.

3. Современные технологии и оборудование для холодильной обработки и хранения пищевых продуктов / Г. А. Белозеров, М. А. Дибирасулаев, В. Н. Корешков [и др.] // Холодильная техника. – 2009. – № 4. – С. 18–22.

4. Буянов, О. Н. Расчет тепловой нагрузки на модули скороморозильного аппарата комбинированного типа / О. Н. Буянов, И. В. Буянова // Вестник Международной Академии Холода. – 2016. – № 2. – С. 63–66. DOI: https://doi.org/10.21047/1606-4313-2016-15-2-63-66.

5. Буянов, О. Н. Оценка эффективности организации комбинированного способа быстрого замораживания биологических объектов / О. Н. Буянов, И. В. Буянова // Вестник Международной Академии Холода. – 2015. – № 4. – С. 44–48.

6. Буянов, В. О. Замораживание твердых сыров в условиях регулируемого теплоотвода / О. Н. Буянов // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 4. – С. 46–48.

7. Буянов, О. Н. Моделирование замораживания продуктов в условиях многозонной комбинированной системы холодоснабжения / О. Н. Буянов, И. В. Буянова // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 4. – С. 1–7.

8. Воскобойников, В. А. Разработка параметров процесса замораживания пищевых продуктов заданной формы / В. А. Воскобойников // Вестник Международной Академии Холода. – 2012. – № 1. – С. 28–30.

9. Горбунова, Н. А. Влияние холодильной обработки на качество и безопасность мяса / Н. А. Горбунова // Все о мясе. – 2013. – № 3. – С. 44–46.

10. Как увеличить срок годности и привлечь покупателей? // Переработка молока. – 2018. – Т. 228, № 9. – С. 57.

11. Влияние условий охлаждения мясопродуктов, подвергнутых тепловой обработке на сроки их хранения / М. А. Дибирасулаев, Г. А. Белозеров, С. Г. Рыжова [и др.] // Актуальные проблемы в области создания инновационных

технологий хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции / ГНУ ВНИИМС. – Углич, 2011. – С. 50–53.

12. Ишевский, А. Л. Замораживание как метод консервирования пищевых продуктов / А. Л. Ишевский, И. А. Давыдов // Теория и практика переработки мяса. – 2017. – Т. 2, № 2. – С. 43–59. DOI: https://doi.org/10.21323/2414- 438X-2017-2-2-43-59.

13. Ишевский, А. Л. Экспресс-оценка сроков хранения пищевых продуктов / А. Л. Ишевский, С. С. Доморацкий, И. В. Гришина // Мясные технологии. – 2011. – Т. 98, № 2. – С. 28–30.

14. Неверов, Е. Н. Номограмма для определения массы снегообразного диоксида углерода при охлаждении рыбы / Е. Н. Неверов, С. Н. Нечаев // Теоретические и прикладные проблемы науки и образования в 21 веке : Сборник материалов международной заочной научно-практической конференции. – Тамбов, 2012. – С. 105–106.

15. Неверов, Е. Н. Применение диоксида углерода для охлаждения тушек кролика / Е. Н. Неверов, А. Н. Гринюк, Н. Г. Третьякова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–2.

References

1. Fryer PJ, Versteeg C. Processing technology innovation in the food industry. Innovation: Management, Policy and Practice. 2008;10(1):74–90. DOI: https://doi.org/10.5172/impp.453.10.1.74.

2. Baranenko AV. O nekotorykh aspektakh razvitiya kholodil′noy industrii strany v XX – nachale XXI veka [Some aspects of the development of the country's refrigeration industry in XX and early XXI centuries]. Kholodilnaya Tekhnika. 2012;(1):28–34. (In Russ.).

3. Belozerov GA, Dibirasulaev MA, Koreshkov VN, Kolodyaznaya VS, Rumyantseva ON, Baranenko DA. Sovremennye tekhnologii i oborudovanie dlya kholodil′noy obrabotki i khraneniya pishchevykh produktov [Modern technologies and equipment for food freezing and storage]. Kholodilnaya Tekhnika. 2009;(4):18–22. (In Russ.).

4. Buaynov ON, Buaynova IV. Heat load calculation for the modules of combined type freezing units. Journal International Academy of Refrigeration. 2016;(2):63–66. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21047/1606-4313-2016-15-2-63-66.

5. Buaynov ON, Buaynova IV. Organization efficiency estimation of biological objects fast freezing combined method. Journal International Academy of Refrigeration. 2015;(4):44–48. (In Russ.).

6. Buyanov VO. Zamorazhivanie tverdykh syrov v usloviyakh reguliruemogo teplootvoda [Freezing hard cheeses in a controlled heat sink]. Magazine cheesemaking and buttermaking. 2009;(4):46–48. (In Russ.).

7. Buaynov ON, Buaynova IV. Modeling of food products freezing in the multizoned combined refrigeration supply system. Food Processing: Techniques and Technology. 2012;(4):1–7. (In Russ.).

8. Voskoboynikov VA. Razrabotka parametrov protsessa zamorazhivaniya pishchevykh produktov zadannoy formy [Development of parameters of the freezing process of food products of a given form]. Journal International Academy of Refrigeration. 2012;(1):28–30. (In Russ.).

9. Gorbunova NA. Effect of cold treatment on the quality and safety of meat. All about the meat. 2013;(3):44–46. (In Russ.).

10. Kak uvelichit′ srok godnosti i privlech′ pokupateley? [How to increase shelf life and attract customers.]. Milk Processing. 2018;228(9):57. (In Russ.).

11. Dibirasulaev MA, Belozerov GA, Ryzhova SG, Makarov BA. Vliyanie usloviy okhlazhdeniya myasoproduktov, podvergnutykh teplovoy obrabotke na sroki ikh khraneniya [Influence of cooling conditions of meat products subjected to heat treatment on the shelf life]. Aktual′nye problemy v oblasti sozdaniya innovatsionnykh tekhnologiy khraneniya sel′skokhozyaystvennogo syr′ya i pishchevykh produktov: sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Relevant Issues of Innovative Technologies in the Field of the Storage of Agricultural Raw Materials and Foods: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]; 2011; Uglich. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences; 2011. p. 50–53. (In Russ.).

12. Ishevskiy AL, Davydov IA. Freezing as a method of food preservation. Theory and practice of meat processing. 2017;2(2):43–59. (In Russ.).

13. Ishevskiy AL, Domoratskiy SS, Grishina IV. Ehkspress-otsenka srokov khraneniya pishchevykh produktov [Express assessment of shelf life]. Meat Technology. 2011;98(2):28–30. (In Russ.).

14. Neverov EN, Nechaev SN. Nomogramma dlya opredeleniya massy snegoobraznogo dioksida ugleroda pri okhlazhdenii ryby [Nomogram for determining the mass of snowlike carbon dioxide in chilled fish]. Teoreticheskie i prikladnye problemy nauki i obrazovaniya v 21 veke: Sbornik materialov mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Theoretical and applied problems of science and education in XXI century: Collection of materials of the International correspondence scientific-practical conference]; 2012; Tambov. Tambov: Ucom; 2012. p. 105–106. (In Russ.).

15. Neverov EN, Grinyuk AN, Tretyakova NG. The use of carbon dioxide for cooling carcasses rabbit. Modern problems of science and education. 2015;(2–2). (In Russ.).

Неверов Евгений Николаевич
д-р техн. наук, профессор кафедры теплохладотехники, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (923) 521-53-85, e-mail: neverov42@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3542-786X

Лифенцева Людмила Владимировна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры теплохладотехники, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (904) 378-08-15, e-mail: milka61-08@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7940-6836

Усов Андрей Васильевич
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры теплохладотехники, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: + 7 (904) 965-91-12, e-mail: usov-kemtipp@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0001-7585-2505

Yevgeniy N. Neverov
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Thermal Refrigeration, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (923) 521-53-85, e-mail: neverov42@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3542-786X

Lyudmila V. Lifentseva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Thermal Refrigeration, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (904) 378-08-15, e-mail: milka61-08@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7940-6836

Andrey V. Usov
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Thermal Refrigeration, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (904) 965-91-12, e-mail: usov-kemtipp@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0001-7585-2505

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-113-119
УДК 664:66.099.2

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Управление скоростью перемещения вязкоупругих материалов в цилиндрическом канале шнекового питателя формующих устройств

Е. В. Фоменко*, А. Х.-Х. Нугманов

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

**e-mail:albert909@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 01.03.2019
Дата принятия в печать: 28.03.2019

© Е. В. Фоменко, А. Х.-Х. Нугманов, 2019

Аннотация: Представленная статья тесно пересекается с проблемами, возникающими при переработке пшеницы, которые имеют свои специфические особенности, в частности со сложностью реализации процесса формования клейковинного штранга, связанной с вязкоупругими и адгезионными свойствами сырой клейковины. В статье рассмотрены результаты применения численного метода конечных разностей для решения уравнения Навье-Стокса в случае одномерной задачи прохождения охлаждаемого вязкоупругого материала внутри фильер круглого сечения. Проанализированы характерные особенности полученной при решении модели поверхности эволюции скоростей. Даны осредненные результаты для возможной автоматизации процесса. Объект исследования выбран не случайно, т. к. вязкостные свойства сырой клейковины являются переменными и зависят от температуры, химического состава и свойств исходного сырья. Работа не с самим объектом (явлением, процессом) исследования, а с его моделью, дает возможность относительно быстро и без существенных материальных затрат охарактеризовать его свойства и поведение в различных ситуациях. Необходимость выявления закономерностей движения сырой клейковины в узле формования штранга, а также выбор наиболее подходящей системы автоматизации контроля скорости его перемещения до узла формования в шнековом питателе аппарата очевидна для последующего физико-математического моделирования тепломассообменных процессов вакуумной заморозки, подсушки и гранулировании клейковинного штранга. Результаты исследований, представленные в статье, согласуются с имеющимися сведениями по данной тематике. Такой подход к решению задачи выбора рациональных гидродинамических режимов применен ввиду сложности экспериментального определения полей скоростей и трудности аналитического решения системы гидродинамических дифференциальных уравнений Навье-Стокса при переменных коэффициентах пропорциональности.

Ключевые слова. Уравнение Навье-Стокса, численные методы, неньютоновские жидкости, технические средства контроля процесса

Для цитирования: Фоменко, Е. В. Управление скоростью перемещения вязкоупругих материалов в цилиндрическом канале шнекового питателя формующих устройств / Е. В. Фоменко, А. Х.-Х. Нугманов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 113–119. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-113-119.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Velocity Control of Visco-Elastic Materials Movement in the Cylindrical Channel of the Grinder Feed Screw of the Former

E.V. Fomenko*, A.H.-H. Nugmanov

Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia

**e-mail:albert909@yandex.ru*

Received: March 01, 2019
Accepted: March 28, 2019

© E.V. Fomenko, A.H.-H. Nugmanov, 2019

Abstract. The present research features the problems of wheat processing. Wheat processing has its own specific features. For instance, the process of gluten extrusion forming is very complex since it is associated with the visco-elastic and adhesive properties of raw gluten. The article discusses the results of applying the numerical finite difference method to the Navier-Stokes equation in the case of the one-dimensional problem when a cooled viscoelastic material has to pass through circular nozzles. The paper also features the obtained surface model of velocity evolution and some averaged results for the possible automation of the process. The viscosity properties of raw gluten are variable and depend on temperature, chemical composition, and properties of the raw material. Modeling makes it possible to characterize the properties of the material and its behavior in various situations. Such research demands neither additional time nor significant costs. The authors identified patterns of movement for raw gluten in the extrusion molding unit and selected the most appropriate automation system to control the speed of its movement to the

molding assembly in the grinder feed screw. The significance of the research is obvious for subsequent physical and mathematical modeling of heat and mass transfer processes of vacuum freezing and drying and granulating of gluten extrusions. The results of the research presented in the article are consistent with the available information on this topic. The present approach to solving the problem of choosing the best rational hydrodynamic regimes was applied due to the complexity of the experimental determination of velocity fields and the difficulty of analyzing the Navier-Stokes system of hydrodynamic differential equations with variable proportionality coefficients.

Keywords. Navier-Stokes equation, numerical methods, non-Newtonian fluids, technical means of process control

For citation: Fomenko EV, Nugmanov AH-H. Velocity Control of Visco-Elastic Materials Movement in the Cylindrical Channel of the Grinder Feed Screw of the Former. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):113–119. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-113-119.

Введение

Уровень и высокие темпы развития вычислительной техники открыли новые возможности для фундаментальных исследований и их приложений в области математического моделирования физических процессов и управления техническими системами. Выявление закономерностей распределения скоростей и расход неньютоновской вязкоупругой жидкости при установившемся ламинарном режиме в прямом канале диска формования на основе решения системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса позволит найти конечную среднюю скорость перемещения сырой клейковины в виде штранга на выходе из цилиндрической фильеры и ее расход при известном перепаде давления [13, 15].

Работа не с самим объектом (явлением, процессом) исследования (например, перемещение сырой клейковины внутри каналов фильеры), а с его моделью, дает возможность относительно быстро, с достаточной полнотой и без существенных материальных затрат исследовать его свойства и поведение в различных ситуациях. Система автоматизации контроля скорости перемещения вязкоупругих материалов до узла формования представляет собой еще один важный этап к рационализации технологическими процессами на основе применения информационных технологий, который позволит осуществлять управление операциями, данными, информацией и ресурсами за счет использования компьютеров и программного обеспечения.

Анализ существующих технологий сухой пшеничной клейковины (СПК) показал, что для повышения эффективности получения СПК перспективным способом является предварительное вакуумное самопроизвольное замораживание сырой клейковины, сформованной в виде штранга и последующая его сушка, где скорость продвижения штранга составляет важный технологический параметр, влияющий на аппаратурное оформление технологии [3, 12].

Таким образом, для достижения рациональных габаритных размеров разрабатываемой конструкции аппарата необходимо провести исследование и моделирование закономерностей движения сырой клейковины в узле формования штранга, а также выбрать наиболее подходящую систему автоматизации контроля скорости его перемещения до узла формования в шнековом питателе аппарата.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования выбрана клейковина, отмытая из пшеничного теста [5]. Она представляет собой сильно гидратированный гель, состоящий в основном из белков, но содержащий еще углеводы, липиды и минеральные вещества (рис. 1).

Для реализации поставленных задач применялись общепринятые и специальные методы сбора, обработки и анализа информации: методы моделирования и расчета скорости процесса движения сырой клейковины в узле формования штранга; методы подобных преобразований, а именно, метод анализа размерности в теории подобия; численно-аналитический метод конечных разностей; методы статистической обработки экспериментальных данных.

Применение современных компьютерных математических программ, приборов и разработанных опытных установок для исследования выбранного объекта позволило всесторонне изучить исследуемую проблему все ее аспекты и параметры.

Результаты и их обсуждение

Исследуемая жидкость, а именно сырая пшеничная клейковина, согласно классификации [7], относится к третьей группе вязкоупругих или максвелловских жидкостей, которые текут под воздействием напряжения, но после его снятия частично восстанавливают свою форму подобно упругим твердым телам. Учитывая, что данный материал обладает структурно-механическими и реологическими свойствами неньютоновских вязкоупругих жидкостей, при этом движется внутри канала с круглым сечением (большая вязкость, малые диаметр штранга и скорость его продвижения, для клейкови-

Рисунок 1 – Клейковина, отмытая из пшеничного теста

Figure 1 – Gluten washed from wheat dough

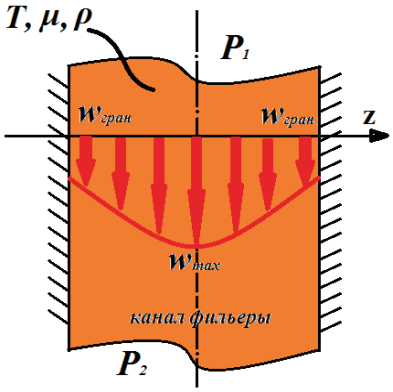


Рисунок 2 – Схема профиля скоростей по сечению потока сырой клейковины в канале фильеры

Figure 2 – Diagram of the velocity profile over the cross section of the flow of raw gluten in the nozzle

ны по предлагаемой технологии), можно однозначно утверждать, что его движение происходит в ламинарном режиме.

При движении исследуемой жидкости в ее потоке кроме сил давления и тяжести возникают силы трения, действие которых проявляется в возникновении внутри потока касательных напряжений. В таком случае для определения эволюции профиля скоростей по сечению потока, который можно принять одномерно плоским (рис. 2), целесообразно тем или иным способом решить систему дифференциальных уравнений Навье-Стокса [8, 11]. При этом проекция скорости w зависит только от расстояния до плоскости отсчета перпендикулярной направлению оси передвижения.

Тогда уравнение движения штранга в канале фильеры можно представить в виде:

$$\rho\frac{dw}{d\tau}=-\rho g-\frac{\partial P}{\partial z}+\mu\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}, \qquad (1)$$

где τ – время движения, c; z – координата по оси, перпендикулярной направлению оси передвижения, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2; ρ – плотность, кг/м^3; $\frac{\partial P}{\partial z}$ – градиент давления, Па/м; μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с.

При движении сжимаемой, как в нашем случае, жидкости дополнительно возникают силы сжатия и растяжения, вызванные трением. Тогда уравнение движения принимает следующий вид:

$$\rho\frac{dw}{d\tau}=-\rho g-\frac{\partial P}{\partial z}+\mu\left(\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}+\frac{1}{3}\frac{\partial\Theta}{\partial z}\right), \qquad (2)$$

где частная производная $\frac{\partial\Theta}{\partial z}$ выражает изменение скорости по оси z, связанное с действием сил тяжести и растяжения, при этом $\Theta=\frac{\partial w}{\partial z}$, ρg – отражает влияние сил тяжести, $\frac{\partial P}{\partial z}$ – влияние изменения статического давления, а $\mu\left(\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}+\frac{1}{3}\frac{\partial\Theta}{\partial z}\right)$ – сил трения, растяжения и сжатия. Каждый член уравнения имеет размерность соответствующей силы, отнесенной к единице объема жидкости.

Таблица 1 – Среднее значение $w_{пр}$ на выходе из канала фильеры

Table 1 – Average value of $w_{пр}$ at the nozzle exit

Наименование	$w_{пр}\cdot 10^3$, м/с
Экспериментальные значения	1,1/1,4/1,2/1,3/1,5
Среднее значение	≈ 1,3

Проведя математические преобразования получим:

$$\frac{dw}{d\tau}=-g\frac{\partial P}{\rho\partial z}+\frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}+\frac{1}{3}\frac{\partial\Theta}{\partial z}\right)=-g-\frac{\partial P}{\rho\partial z}+1{,}33\frac{\mu}{\rho}\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}. \qquad (3)$$

При моделировании допускаем, что влиянием сил тяжести и изменением статического давления, ввиду малых диаметра и длины штранга (от 3 до 8 мм), можно с достаточной для инженерных расчетов точностью пренебречь, тогда:

$$\frac{dw}{d\tau}=1{,}33\frac{\mu}{\rho}\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}=1{,}33\nu\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}, \qquad (4)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости, м^2/с.

Для решения (4) при определении граничных условий П. К. Волков полагает, что из-за сил трения между слоями они будут перемещаться с различными скоростями, причем центральный цилиндрический слой движется с максимальной скоростью [7]. По мере удаления от него к периферии цилиндра скорость элементарных кольцевых слоев будет снижаться, а непосредственно у стенки фильеры жидкость как бы прилипает к ней и скорость на границе $w_{гр}$ обращается в нуль.

Однако в реальности граничная скорость $w_{гр}$ не равна нулю вследствие проскальзывания жидкости вдоль стенки. Скорость проскальзывания $w_{пр}$ определялась путем оценки разности модельной скорости при нулевых граничных условиях и, определенной экспериментальным путем, скорости на выходе из фильеры.

Полученная математическая модель движения сырой клейковины в узле формования штранга (4) разрабатывалась и решалась с применением современных компьютерных математических программ, приборов и разработанных опытных установок.

На основе анализа результатов эксперимента (табл. 1) была определена средняя $w_{пр}$ клейковины на выходе из канала фильеры.

На основе анализа результатов моделирования выяснено, что снижение скорости как на границе, так и по диаметру фильеры происходит по экспоненциальному закону при ее стремлении к нулю. Тогда:

$$w_{гр}=0{,}002-10^{-4}e^{200(\tau_m-\tau_н)}, \qquad (5)$$

где τ_m и $\tau_н$ – текущее и начальное время движения соответственно, с.

Используя для упрощенных расчетов значения средних величин вязкости и скорости передвижения и принимая во внимание, что $\mathrm{Re}=\frac{\rho w d}{\mu}$, целесообразно использовать представленное соотношение [1] для расчета потери напора в виде:

$$\Delta P_П=\frac{64\mu_{ср}w_{ср}l}{2d^2}. \qquad (6)$$

(а) (б)

Рисунок 3 – Контроль регулирования скорости прохождения материала в канале питателя: (а) схема установки оптического датчика и контроль расстояния; (б) оптический датчик контроля

Figure 3 – Control of regulation of the flux in the feeder channel: (a) diagram of the installation of the optical sensor and the distance control; (b) optical control sensor

Согласно проведенным расчетам снижение давления в фильере не превышает 0,5 атм при наихудших в этом аспекте гидродинамических условиях, поэтому разницы между давлением перед фильерой (1 атм даже без подпрессовки в экструдере) и в вакуумной камере достаточно для организации процесса прохождения клейковины через канал фильеры. Наример, если длина фильеры, как в нашем случае, $l = 3$ мм, то потеря давления составляет примерно 1000 Па, что несущественно, но подпрессовка в шнековом питателе необходима при забивании фильеры, например, в случае попадания в исходный материал посторонних включений или отклонения значений характеристик клейковины при изменении технологии ее получения.

В автоматических процессах (объектах) достаточно часто необходимо изменять или поддерживать постоянными какие-либо физические величины, называемыми регулируемыми переменными (например, частоту вращения вала турбины, координаты движущегося объекта, напряжение, температуру, уровень, давление и т. д.). В данном случае поддержание скорости движения клейковины в шнековом питателе (рис. 3).

Контроль регулирования рациональной скорости движения клейковины в шнековом питателе возможен путем оценки степени заполнения полостей между стенками приемного бункера и шнекового питателя (рис. 3а). При стабильной работе аппарата с заданными параметрами и обеспечения постоянства расхода данные полости должны быть не заполнены, поэтому посредством датчика (рис. 3б) контролируется заданное расстояние от верхней внутренней поверхности питателя до поверхности материала. В случае изменения заданного расстояния скорость вращения рабочего шнека необходимо либо увеличить, либо уменьшить.

Конструкция датчиков расстояния разработана для реализации двух задач, выполняемых датчиками: максимальная точность измерений и высокая скорость обработки данных при измерениях в диапазоне нескольких миллиметров. В конструкции датчиков расстояния (рис. 3б) используется метод измерения скорости возврата луча. Световой пучок направляется на поверхность тестируемого объекта (источником света может быть, например, лазерный диод). В корпусе датчика установлена оптика приемника, которая принимает отраженные лучи на светочувствительном элементе. В зависимости от положения отраженного луча и известной геометрии определяется расстояние до тестируемого объекта.

Для достижения поставленной цели, а именно расчета эволюции полей скоростей в процессе движения вязкоупругих материалов (клейковины) по каналу фильеры, разработанная математическая модель (4) была решена численным методом конечных разностей [1].

Такой подход к решению задачи выбора рациональных гидродинамических режимов применен ввиду сложности экспериментального определения полей скоростей и трудности аналитического решения системы гидродинамических дифференциальных уравнений Навье-Стокса при переменных коэффициентах пропорциональности [2, 10, 16]. Для численного решения дифференциального уравнения параболического типа в частных производных при заданных начальных и граничных условиях применен метод конечных разностей по неявной схеме [4, 6].

Реализация математической модели (4) выполнена в среде специализированного программного обеспечения Mathcad Professional при установленных режимных параметрах:

– начальная скорость потока сырой клейковины при входе в канал фильеры $w_{нач} = 0,5$ м/с;

– формовочный диск с каналом фильеры диаметром 8 мм и высотой 3 мм;

– начальная температура сырой клейковины $T_{НАЧ} = 272$ K;

– коэффициент динамической вязкости сырой клейковины $\mu_{кл} \approx 5$ Па, с.

Графическая аппроксимация полученных скоростных полей (рис. 4) при рациональных режимах показывает, что распределение w по глубине штранга имеет экстремальный характер [9]. Также отмечены значительные скоростные градиенты в начале движения при их сглаживании в процессе перемеще-

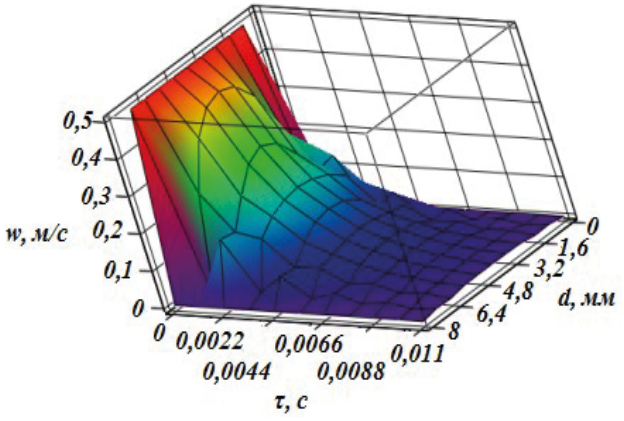


Рисунок 4 – Эволюция полей скоростей в процессе движения вязкоупругих материалов (клейковины) по каналу фильеры

Figure 4 – Evolution of velocity fields in the process of movement of visco-elastic materials (gluten) through the nozzle

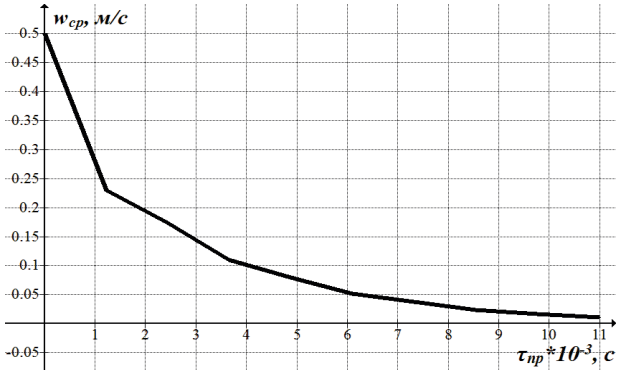


Рисунок 5 – Графическая зависимость $w_{ср}$, м/с от продолжительности процесса движения

Figure 5 – G raphic dependence $w_{ср}$, (m/c) on the duration of the process of movement

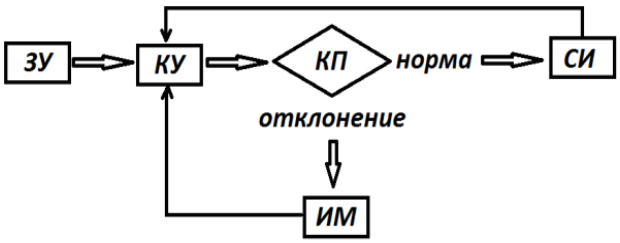


Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма управления

Figure 6 – Control flowchart

ния клейковины по фильере, что подтверждает обоснованность сделанных выводов и допущений.

Для удобства анализа полученной поверхности скоростей (рис. 4) на рисунке 5 представлена графическая зависимость средней объемной скорости $w_{ср}$, м/с от продолжительности процесса формования $\tau_{пр}$, с в канале фильеры шнекового питателя.

На рисунке 6 приведена блок-схема алгоритма управления скорости движения сырой клейковины в шнековом питателе до узла формования с регулируемой величиной: расстояние от верхней внутренней поверхности питателя до поверхности материала. Схема состоит из объекта управления и устройства управления. Объект управления – это основной элемент системы, сырая клейковина, заданный режим движения которой должен поддерживаться устройством управления (оптическим датчиком контроля расстояния) при помощи управляющих (регулирующих) органов. Под управляющим органом подразумевается устройство, обеспечивающие процесс управления, т. е. целенаправленное действие, приводящие к желаемому изменению управляемой переменной. Для уменьшения ошибки регулирования в систему вводят обратную связь.

Задающие устройство (ЗУ) оказывает управляющее воздействие на вход системы, формируя программу изменения регулируемой величины. ЗУ подает сигнал после получения данных с датчика (КУ) и их анализ через контроллер параметра (КП) исполнительному механизму (ИМ) – вариатору, который непосредственно является корректирующим звеном системы.

Выявления соответствий требуемого и полученного значения выполняет сравнивающие устройство (КП). Если величина расстояния не отклоняется от заданного, то через заданный промежуток времени происходит повторный замер сигнала через КУ.

Выводы

Как видно из полученных графических зависимостей (рис. 4, 5), среднеобъемная скорость сырого глютена в начальный период быстро снижается до половины своего первоначального значения, вследствие имеющего местного сопротивления, связанного с резким переходом толщин клейковинного слоя, соответствующими диаметрами питателя и канала фильеры, а затем плавно понижается, что обусловлено его ламинарным движением в канале.

Следует отметить, что рассчитанное среднеобъемное распределение скорости по толщине клейковинного штранга соответствует рекомендованному пороговому его значению на выходе из смесителя, равное 0,011 м/с.

Таким образом, разработанные скоростные режимы прохождения сырой клейковины в канале формования штранга и контроль скорости его перемещения до узла формования в шнековом питателе аппарата могут быть рекомендованы для внедрения в производственную практику.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Алексанян И. Ю. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование / И. Ю. Алексанян, А. А. Буйнов. – Астрахань : АГТУ, 2004. – 380 с.

2. Метод численного решения уравнений Навье-Стокса в переменных скорость–давление / Е. В. Бруяцкий, А. Г. Костин, Е. И. Никифорович [и др.] // Прикладна гідромеханіка. – 2008. – Т. 10, № 2. – С. 13–23.

3. Ванин, С. В. Функциональные свойства сухой пшеничной клейковины разного качества / С. В. Ванин, В. В. Колпакова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – Т. 296, № 1. – С. 21–24.

4. Ананьев, П. А. Исследование корректности краевых задач для уравнений Навье-Стокса в естественных переменных / П. А. Ананьев, П. К. Волков, А. В. Переверзев // Математическое моделирование. – 2004. – Т. 16, № 7. – С. 68–76.

5. ГОСТ 31934-2012. Глютен пшеничный. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2013.

6. Демидович, Б. П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова. – СПБ : Лань, 2010. – 400 с.

7. Волков, П. К. О природе движения жидкостей / П. К. Волков // Вестник Югорского государственного университета. – 2011. – Т. 21, № 2. – С. 8–28.

8. Лапчик, М. П. Элементы численных методов / М. П. Лапчик, М. И. Рагулина, Е. К. Хеннер. – М. : Академия, 2007. – 224 с.

9. Исследование физико-химических свойств рыбных фаршей, сухих растительных премиксов и их смесей / А. Х.-Х. Нугманов, Ю. А. Максименко, А. И. Алексанян [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2018. – № 2. – С. 135–148. DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2018-2-135-148.

10. Маркин, Е. Е. Решение полной системы уравнений навье стокса с распараллеливанием процесса вычислений / Е. Е. Маркин, П. П. Скачков // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 2. – С. 70–78.

11. Понтрягин, Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Л. С. Понтрягин. – М. : Ленанд, 2019. – 336 с.

12. Шхалахов, Д. С. Использование растительных белков в мясной промышленности посредством добавления белковожировой эмульсии / Д. С. Шхалахов, А. А. Нестеренко // Молодой ученый. – 2016. – Т. 127, № 23. – С. 109–111.

13. Wang, Z. J. High-order methods for the Euler and Navier-Stokes equations on unstructured grids / Z. J. Wang // Progress in Aerospace Sciences. – 2007. – Vol. 43, № 1–3. – P. 1–41. DOI: https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2007.05.001.

14. Wang, L. Adjoint-based h-p adaptive Discontinuous Galerkin methods for the compressible Euler equations / L. Wang, D. J. Mavriplis // 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition. – Orlando, USA, 2009.

15. An immersed interface method for solving incompressible viscous flows with piecewise constant viscosity across a moving elastic membrane / Z. Tan, D. V. Le, Z. Li [et al.] // Journal of Computational Physics. – 2008. – Vol. 227, № 23. – P. 9955–9983. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcp.2008.08.013.

16. Powell, C. E. Preconditioning Steady-State Navier--Stokes Equations with Random Data / C. E. Powell, D. J. Silvester // SIAM Journal on Scientific Computing. – 2012. – Vol. 34, № 5. – P. A2482–A2506. DOI: https://doi.org/10.1137/120870578.

References

1. Aleksanyan IYu, Buynov AA. Vysokointensivnaya sushka pishchevykh produktov. Penosushka. Teoriya. Praktika. Modelirovanie [High-intensity food drying. Foam drying. Theory. Practice. Modeling]. Astrakhan: Astrakhan State Technical University; 2004. 380 p. (In Russ.).

2. Bruyatskiy EV, Kostin AG, Nikiforovich EI, Rozumnyuk NV. Metod chislennogo resheniya uravneniy Nav′e-Stoksa v peremennykh skorost′–davlenie [Numerical solution method of the Navier-Stokes equations in velocity – pressure variables]. Prikladna gidromekhanika [Applied Hydromechanics]. 2008;10(2):13–23. (In Russ.).

3. Vanin SV, Kolpakova VV. Funktsional′nye svoystva sukhoy pshenichnoy kleykoviny raznogo kachestva [Functional properties of dry wheat gluten of different quality]. News of Institutes of higher education. Food Technology. 2007;296(1):21–24. (In Russ.).

4. Anan′ev PA, Volkov PK, Pereverzev AV. Issledovanie korrektnosti kraevykh zadach dlya uravneniy Nav′e-Stoksa v estestvennykh peremennykh [Correctness of boundary value problems for the Navier-Stokes equations in natural variables]. Mathematical Models and Computer Simulations. 2004;16(7):68–76. (In Russ.).

5. State Standard 31934-2012. Wheat gluten. Specifications. Moscow: Standartiform; 2013.

6. Demidovich BP, Maron IA, Shuvalova EhZ. Chislennye metody analiza. Priblizhenie funktsiy, differentsial′nye i integral′nye uravneniya [Numerical analysis methods. Approximation of functions, differential and integral equations]. St. Petersburg: Lan; 2010. 400 p. (In Russ.).

7. Volkov PK. On the source of motion of liquids. Yugra State University Bulletin. 2011;21(2):8–28. (In Russ.).

8. Lapchik MP, Ragulina MI, Khenner EK. Ehlementy chislennykh metodov [Elements of numerical methods]. Moscow: Akademia; 2007. 224 p. (In Russ.).

9. Nugmanov AH-H, Maximenko YuA, Aleksanian AI, Aleksanian OA. Investigation of physical and chemical properties of minced fish, dry vegetable premixes and their mixtures. Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. 2018;(2):135–148. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24143/2073-5529-2018-2-135-148.

10. Markin EE, Skachkov PP. Solution of the navier stokes complete system of equations with parallelization of the computation process. European Student Scientific Journal. 2017;(2):70–78. (In Russ.).

11. Pontryagin LS. Obyknovennye differentsial′nye uravneniya [Ordinary differential equations]. Moscow: Lenand; 2019. 336 p. (In Russ.).

12. Shkhalakhov DS, Nesterenko AA. Ispol′zovanie rastitel′nykh belkov v myasnoy promyshlennosti posredstvom dobavleniya belkovozhirovoy ehmul′sii [Use of vegetable proteins in meat industry by adding a protein-fat emulsion]. Young Scientist. 2016;127(23):109–111. (In Russ.).

13. Wang ZJ. High-order methods for the Euler and Navier-Stokes equations on unstructured grids. Progress in Aerospace Sciences. 2007;43(1–3):1–41. DOI: https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2007.05.001.

14. Wang L, Mavriplis DJ. Adjoint-based h-p adaptive Discontinuous Galerkin methods for the compressible Euler equations. 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition; 2009; Orlando, USA. Orlando, USA, 2009.

15. Tan Z, Le DV, Li Z, Lim KM, Khoo BC. An immersed interface method for solving incompressible viscous flows with piecewise constant viscosity across a moving elastic membrane. Journal of Computational Physics. 2008;227(23):9955–9983. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcp.2008.08.013.

16. Powell CE, Silvester DJ. Preconditioning Steady-State Navier--Stokes Equations with Random Data. SIAM Journal on Scientific Computing. 2012;34(5):A2482–A2506. DOI: https://doi.org/10.1137/120870578.

Фоменко Екатерина Валерьевна
аспирант кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, тел.: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: albert909@yandex.ru

Нугманов Альберт Хамед-Харисович
д-р техн. наук, профессор кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, тел.: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: albert909@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-4093-9982

Ekaterina V. Fomenko
Graduate student of the Department of Technological Machines and Machinery, Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia, phone: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: albert909@yandex.ru

Albert H.-H. Nugmanov
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technological Machines and Machinery, Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia, phone: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: albert909@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-4093-9982

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-120-126
УДК 664.8.03

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Влияние транспортировки и хранения на потерю массы и влаги экзотических фруктов

Н. А. Величко*, Е. А. Рыгалова, Л. П. Шароглазова, К. А. Сутугина**

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 90

Дата поступления в редакцию: 20.02.2018
Дата принятия в печать: 21.03.2019

**e-mail: vena@kgau.ru*
***e-mail: x3x3x@list.ru*

© Н. А. Величко, Е. А. Рыгалова, Л. П. Шароглазова, К. А. Сутугина, 2019

Аннотация. Ежегодно на территорию Российской Федерации производителями-экспортерами разных стран поставляют сотни тысяч тонн фруктов и овощей. При транспортировке и хранении поставляемые фрукты и овощи претерпевают различные физические и биохимические изменения, приводящие к убыли массы и изменению качественных показателей. Потеря влаги при перевозке – одна из основных причин порчи фруктов и овощей. Актуальность темы исследований определяется необходимостью минимизации потери массы и влажности экзотических фруктов в процессе транспортировки и хранения в условиях складских помещений. Цель работы дать оценку уровню потерь 10 образцам экзотических фруктов (ананас тайский, арбуз тайский, гуава, дыня канталуп, карамбола, манго тайское, папайя сорт холланд, папайя зеленая, пассифлора (маракуйя, питайя)) при транспортировке авиатранспортом из Таиланда (г. Бангкок) на территорию Российской Федерации в г. Красноярск (продолжительность полета составляла 8 часов, высота полета 10000 м) и в условиях хранения на складе (температура 5–8 °С, влажность 47 %, продолжительность хранения 10 суток) в течение 10 суток в зимний период, для рекомендаций условий хранения исследуемых фруктов. В работе приведены полученные результаты по динамике массы и влажности при транспортировке авиатранспортом образцов экзотических фруктов и при хранении в условиях склада. Установлено, что потеря массы и влаги экзотических фруктов в процессе транспортировки и хранения происходит у всех анализируемых образцов. Наибольший процент потерь массы наблюдался у манго тайского и составил 2,93 %. Наибольшие потери влажности в процессе хранения в складских помещениях наблюдаются у арбуза тайского (3,5 %), наименьшие у – ананаса тайского (0,5 %). Наибольшие потери массы фруктов в процессе хранения установлены для гуавы (4,6 %), наименьшие – арбуз тайский (0,5 %).

Ключевые слова. Экзотические фрукты, масса, влажность, потери, динамика, хранение, транспортировка

Для цитирования: Влияние транспортировки и хранения на потерю массы и влаги экзотических фруктов / Н. А. Величко, Е. А. Рыгалова, Л. П. Шароглазова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 120–126. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-120-126.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Effect of Transport and Storage on the Weight and Moisture Loss of Exotic Fruits

N.A. Velichko*, E.A. Rygalova, L.P. Sharoglazova, K.A. Sutugina**

Krasnoyarsk State Agrarian University, 90, Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia

Received: February 20, 2018
Accepted: March 21, 2019

**e-mail: vena@kgau.ru*
***e-mail: x3x3x@list.ru*

© N.A. Velichko, E.A. Rygalova, L.P. Sharoglazova, K.A. Sutugina, 2019

Abstract. Every year, hundreds of thousands of tons of fruits and vegetables are supplied to the territory of the Russian Federation by exporting producers from different countries. During transportation and storage, the supplied fruits and vegetables undergo various physical and biochemical changes, leading to weight loss and changes in quality indicators. Loss of moisture during transportation is one of the main causes of damage to fruits and vegetables. The relevance of the research topic is determined by the need to minimize the loss of mass and moisture of exotic fruits during transportation and storage in warehouse conditions.

Objective: to establish the rates of loss of 10 samples of exotic fruits. The samples included Thai pineapple, Thai watermelon, guava, cantaloupe melon, carambola, Thai mango, papaya of Holland variety, green papaya, passionflower (passion fruit, pitaya). The fruits were transported by air from Thailand (Bangkok) to Krasnoyarsk. The flight duration was 8 hours, flight altitude – 10,000 m. The storage conditions were as follows: temperature – 5–8°C, humidity – 47%, storage time – 10 days in winter period. The paper presents the results obtained for the dynamics of mass and humidity during transportation by air of samples of exotic fruits and during storage in warehouse conditions. It was established that the loss of mass and moisture of exotic fruits in the process of transportation and storage occurred in all samples. The highest percentage of weight loss was observed in Thai mango and amounted to 2.93%. The greatest loss of moisture during storage in warehouses was observed in Thai watermelon (3.5%), the smallest – in Thai pineapple (0.5%). The largest weight loss was set for guava (4.6%), the smallest – for Thai watermelon (0.5%).

Keywords. Exotic fruits, mass, humidity, loss, dynamics, storage, transportation

For citation: Velichko NA, Rygalova EA, Sharoglazova LP, Sutugina KA. Effect of Transport and Storage on the Weight and Moisture Loss of Exotic Fruits. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):120–126. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-120–126.

Введение

Имеющийся теоретический уровень исследования закономерностей сохранности фруктов при транспортировании и хранении недостаточен, а организационно-технические мероприятия по сокращению потерь продукции недостаточно методически обеспечены. Исследования, направленные на сокращение потерь фруктов, являются актуальными для обеспечения круглогодичного потребления населением страны и расширения внешнего рынка сбыта. Успешное решение этой проблемы требует квалифицированного анализа состояния проблемы по хранению и оценке качества плодов с учетом их видовых и сортовых особенностей. В этой связи большую актуальность приобретает совершенствование технологии транспортирования, хранения и переработки фруктов как выращиваемых на территории Российской Федерации, так и поставляемых из других стран.

В плодах и овощах, помещенных на хранение, происходят разнообразные процессы: физические, биохимические, химические. Из физических процессов наиболее существенное значение имеют испарение влаги и изменение температуры. Свежие плоды и овощи содержат высокое количество воды, имеют большие размеры клеток, незначительную толщину покровных тканей, содержат мало коллоидных веществ. Поэтому свежие плоды и овощи интенсивно теряют влагу при хранении. Это приводит к уменьшению массы, увяданию, потере товарного вида. Потеря влаги зависит от удельной поверхности плодов и овощей, степени зрелости, воздухообмена, наличия механических повреждений, способа и вида упаковки. Мелкие, незрелые плоды теряют больше влаги, так как они имеют большую удельную поверхность и менее развитые покровные ткани. Потери влаги и массы фруктов и овощей в период основного хранения зависят от эндогенных и экзогенных факторов. Но при этом, чем более скоропортящимся является продукт, тем сильнее на него оказывает влияние окружающая среда. С повышением скорости движения воздуха в хранилище испарение влаги увеличивается. Повышение температуры при хранении делает воздух более сухим, что влечет за собой большее испарение влаги. Независимо от способа охлаждения наблюдаются неодинаковые темпы потерь по этапам хранения: наибольшая убыль массы происходит на начальных и заключительных стадиях процесса. Испарение влаги зависит от способа хранения, вида упаковки. Овощи в буртах и траншеях имеют меньшую убыль массы, чем в стационарных хранилищах. Для успешного хранения необходима защита от испарения влаги и увядания. Известно влияние пониженных температур на хранение: чем ниже температура, тем меньше испаряется влаги, дыхание менее интенсивно, задерживается развитие вредных микроорганизмов. Однако существуют определенные границы низких температур, ниже которых охлаждать нельзя. При замораживании в плодах и овощах образование льда нарушает физиологические процессы в тканях. Так, бананы, ананасы, томаты, дыни, лимоны, апельсины, мандарины, особенно при хранении в недозрелом виде, даже при температуре 5–6 °С теряют свои потребительские качества. В процессе хранения и перевозки плоды и овощи испаряют влагу и расходуют органические вещества на дыхание. В результате происходит потеря их массы. Такие потери относят к естественным. Значительная их часть приходится на испарение влаги (65–90 %) и расходование органических веществ на дыхание (10–35 %) [6–8]. Эти потери неизбежны при любых условиях хранения и транспортирования плодов и овощей. Кроме того, при перевозке авиатранспортом фрукты и овощи испытывают компрессию, которая тоже может приводить к потере массы и влаги. Чу Дуан Тхан установил, что применение предварительного охлаждения бананов технической зрелости снижает потери от микробиологической порчи в 2–3 раза, повышает выход стандартной продукции на этапе холодильного хранения (транспортирования) на 4–5 %, а в период пред реализационного хранения – на 15 %, продлевает период пред реализационного хранения на 12–15 суток [3]. Предварительное охлаждение зрелых плодов увеличивает выход стандартных плодов при хранении на 5 % и снижает убыль массы на 1,6 % [7–19].

Таким образом, процессы, протекающие с фруктами и овощами в период от завершения основного хранения до реализации, вносят большой вклад в суммарные потери продуктов на пути от поля до потребителя.

Цель работы – дать оценку уровню потерь 10 образцам экзотических фруктов (ананас тайский,

Таблица 1 – Динамика массы экзотических фруктов при транспортировке из Таиланда в Красноярск

Table 1 – Dynamics of the mass of exotic fruits during transportation from Thailand to Krasnoyarsk

Наименование фрукта	Таиланд (среднее значение, кг)	Красноярск (среднее значение, кг)	Потери, кг
Ананас тайский	10,12	10	0,1
Арбуз тайский	10,215	10,16	0,05
Гуава	5,135	5,13	0,005
Карамбола	5,09	5,07	0,02
Манго тайское	3,075	2,985	0,09
Папайя холланд	6,098	6,023	0,075
Папайя зеленая	5,15	5,09	0,06
Маракуйя	5,15	5,13	0,02
Питайя	10,14	10,1	0,03

арбуз тайский, гуава, дыня канталуп, карамбола, манго тайское, папайя сорт холланд, папайя зеленая, пассифлора (маракуйя, питайя)) при транспортировке авиатранспортом из Таиланда (г. Бангкок) на территорию Российской Федерации в г. Красноярск (продолжительность полета составляла 8 часов, высота полета 10000 м) и в условиях хранения на складе (температура 5–8 °С, влажность 47 %, продолжительность хранения 10 суток) в течение 10 суток в зимний период для рекомендаций условий хранения исследуемых фруктов. Для реализации указанной цели были поставлены следующие задачи:

– определить массу экзотических фруктов при транспортировке авиатранспортом из Таиланда в Российскую Федерацию (г. Красноярск) в зимний период и в условиях хранения на складе в течение 10 суток;

– установить динамику изменения показателя влажности экзотических фруктов в условиях хранения склада в течение 10 суток.

Объекты и методы исследования

Для проведения испытаний использовали 10 образцов экзотических фруктов: ананас тайский, арбуз тайский, гуава, дыня канталуп, карамбола, манго тайское, папайя сорт холланд, папайя зеленая, пассифлора (маракуйя), питайя, доставленные авиатранспортом из Таиланда в зимний период.

В исследуемых образцах определяли массу 10 образцов экзотических фруктов в процессе транспортировки авиатранспортом из Таиланда в Красноярск (продолжительность полета – 8 часов) и при хранении в условиях складских помещений (температура 5–8 °С, влажность 47 %), а также показатель влажности.

Массу фруктов определяли весовым методом согласно ГОСТ 8756.1-2017 [4]. Показатель влажности образцов по методике согласно ГОСТ 28561-90 [5].

Результаты и их обсуждение

Измерение массы фруктов при транспортировке из Таиланда в Красноярск авиатранспортом показало, что массы всех анализируемых фруктов уменьшаются, но степень изменения их неодинакова. Динамика массы экзотических фруктов при транспортировке приведена в таблице 1.

Из полученных результатов (рис. 1) следует, что потеря массы экзотических фруктов в процессе транспортировки авиатранспортом происходит практически у всех анализируемых образцов. Наибольший процент потерь массы наблюдался у манго тайского (2,93 %), ананаса тайского (1,27 %), папайи холланд (1,23 %).

Динамика массы фруктов 10 анализируемых образцов в течение 10 суток хранения в условиях склада приведена в таблице 2.

Динамика изменения показателя влажности экзотических фруктов 10 образцов в процессе хранения приведена в таблице 3.

Как видно из полученных результатов (табл. 2, 3), изменение массы и влажности в процессе хранения происходит со всеми 10 образцами, но в различной степени.

Потери массы ананаса тайского за 10 суток хранения составил 4,04 %, потери влажности составили 0,50 %; для арбуза тайского потеря массы составила 0,5 %, потери влажности – 3,50 %; потери массы гуавы – 4,6 %, потери влажности – 1,33 %; потери массы дыни канталуп составили 0,6 %, потери влаж-

Рисунок 1 – Потери массы экзотических фруктов при транспортировке из Таиланда в Красноярск, %

Figure 1 – Weight loss of exotic fruits during transportation from Thailand to Krasnoyarsk, %

Таблица 2 – Динамика массы экзотических фруктов в процессе хранения в период с 19–29 января 2018 г.

Table 2 – Dynamics of mass of exotic fruits during storage period in January 19–29, 2018

Наименование образца	Масса образцов, г									
	Продолжительность хранения, сутки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ананас тайский	445	443	440	438	435	433	431	430	429	427
Арбуз тайский	3266	3264	3262	3260	3258	3258	3257	3255	3253	325
Гуава	197	196	195	194	192	191	190	189	189	188
Дыня канталуп	1028	1028	1027	1027	1026	1025	1024	1024	1023	1022
Карамбола	218	217	217	216	215	215	214	213	213	213
Манго тайское	261	260	259	259	258	257	257	256	256	255
Папайя сорт холланд	1191	1189	1188	1187	1186	1184	1183	1181	1179	1178
Папайя зеленая	765	761	757	753	749	745	743	739	735	733
Пассифлора (маракуйя)	104	104	104	103	102	102	101	100	100	100
Питайя	373	371	370	369	367	366	365	364	363	362

Таблица 3 – Динамика изменения показателя влажности экзотических фруктов в процессе хранения в период с 19–29 января 2018 года

Table 3 – Dynamics of changes in the moisture content of exotic fruits during storage period in January 19–29, 2018

Наименование образца	Влажность образцов, %									
	Продолжительность хранения, сутки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ананас тайский	86,48 ± 0,48	86,44 ± 0,04	86,44 ± 0,04	86,44 ± 0,14	86,40 ± 0,06	86,30 ± 0,02	86,19 ± 0,13	86,12 ± 00,3	86,08 ± 0,42	86,05 ± 0,09
Арбуз тайский	92,35 ±1,22	92,26 ± 0,62	92,23 ± 1,16	90,16 ± 0,13	90,13 ± 0,14	90,11 ± 0,08	89,74 ± 0,28	89,56 ± 0,14	89,23 ± 0,28	89,1 ± 0,14
Гуава	87,65 ± 0,56	87,42 ± 0,37	87,34 ± 0,44	87,27 ± 0,28	87,18 ± 0,17	87,05 ± 0,15	86,69 ± 0,13	86,54 ± 0,13	86,49 ± 0,39	86,48 ± 0,32
Дыня канталуп	92,25 ± 1,21	91,37 ± 0,32	91,24 ± 0,3	90,81 ± 0,65	90,40 ± 0,19	90,24 ± 0,29	90,23 ± 0,11	90,20 ± 0,05	90,16 ± 0,17	90,06 ± 0,09
Карамбола	88,23 ± 0,35	88,13 ± 0,1	88,04 ± 0,06	87,53 ± 0,27	87,50 ± 0,16	87,47 ± 0,09	87,36 ± 0,04	87,34 ± 0,06	87,28 ± 0,17	87,14 ± 0,16
Манго тайское	85,98 ± 0,17	85,97 ± 0,21	85,92 ± 1,05	85,90 ± 0,25	85,32 ± 0,25	85,28 ± 0,17	85,18 ± 0,15	85,16 ± 0,11	85,12 ± 0,09	85,05 ± 0,16
Папайя сорт холланд	90,77 ± 0,78	90,16 ± 0,1	89,71 ± 0,26	89,65 ± 0,27	89,53 ± 0,14	89,5 ± 0,21	89,48 ± 0,16	89,46 ± 0,44	89,43 ± 0,28	89,22 ± 0,15
Папайя зеленая	92,62 ± 0,53	92,45 ± 0,39	91,71 ± 0,14	91,60 ± 0,05	91,55 ± 0,34	91,43 ± 0,14	90,36 ± 0,06	90,10 ± 0,19	90,90 ± 0,1	89,90 ± 0,1
Пассифлора (маракуйя)	85,11 ± 0,29	84,94 ± 0,13	84,91 ± 0,06	84,71 ± 0,2	84,65 ± 0,39	84,43 ± 0,31	84,38 ± 0,28	84,32 ± 0,06	84,25 ± 0,24	84,23 ± 0,12
Питайя	87,60 ± 0,61	87,09 ± 0,7	86,70 ± 0,46	86,68 ± 0,08	86,46 ± 0,14	86,41 ± 0,4	86,33 ± 0,23	86,30 ± 0,14	86,25 ± 0,25	86,14 ± 0,19

Рисунок 2 – Потери массы экзотических фруктов в процессе хранения, %

Figure 2 – Weight loss in exotic fruits during storage,%

Рисунок 3 – Потери влажности экзотических фруктов в процессе хранения, %

Figure 3 – Loss of moisture in exotic fruits during storage,%

ности – 2,40 %; потери массы карамболы – 2,30 %, потери влажности – 1,24 %; потери массы манго тайского составили 2,30 %, потери влажности – 1,08 %; потери массы папайи холанд – 1,1 %, потери влажности – 1,70 %; потери массы папайи зеленой составили 4,2 %, потери влажности – 2,93 %; потери массы маракуйи – 3,85 %, потери влажности – 1,0 %; потери массы питайи составили 3,0 %, потери влажности – 1,70 % (рис. 2, 3).

Выводы

На основе проведенных исследований установлено:

1. Потеря массы в процессе транспортировки авиатранспортом из г. Бангкока в г. Красноярск происходит практически у всех анализируемых фруктов. Наибольший процент потерь массы наблюдался у манго тайского – 2,93 %, ананаса тайского – 1,27 %, папайи холланд – 1,23 %.

2. Определение массы экзотических фруктов в процессе хранения в условиях склада показало, что наибольшие потери были у гуавы (4,6 %), папайи зеленой (4,2 %), ананаса тайского (4,04 %), маракуйи (3,85 %), питайи (3 %). Наименьшие потери массы установлены у арбуза тайского (0,5 %) и дыни канталуп (0,6 %).

3. Наибольшие потери влажности в процессе хранения наблюдаются у арбуза тайского (3,5 %), папайи зеленой (2,93 %), дыни канталуп (2,4 %). Наименьшие потери у ананаса тайского (0,5 %) и маракуйи (около 1 %). Для предотвращения больших потерь влаги и массы экзотических фруктов и сохранения их качества необходимо соблюдать необходимую относительную влажность и оптимальную температуру в складских помещениях, применять инновационные способы их хранения, включающие вакуумирование продуктов, использование герметичной упаковки, тароупаковочных материалов с широким спектром функциональных свойств на основе полимеров и их комбинировании с картоном, металлической фольгой, предупреждающие потерю массы, замедляющие биохимические процессы [20–22]. Рекомендуем установить нормы потерь 2,7–3 %. Сохранность фруктов и плодов должна рассматриваться как сложный комплексный процесс, включающий совершенствование агротехники их культивирования, обеспечивающий повышение лежкоспособности и транспортабельности, применение эффективных технологий выращивания, регламентирующих систему внешних воздействий на пути от поля до потребителя, направленных на замедление метаболических процессов во фруктах и плодах, уменьшение периода наступления перезревания, сохранение устойчивости к возбудителям заболеваний и ряда других факторов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Работа выполнена в рамках научных исследований в ФГБОУ ВО «Красноярском государственном аграрном университете».

Список литературы

1. Ларина, Т. В. Тропические и субтропические плоды / Т. В. Ларина. – М. : Дели принт, 2002. – 254 с.

2. Першакова, Т. В. Современные технологии хранения фруктов / Т. В. Першакова, Д. В. Кабалина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского Государственного Аграрного Университета. – 2017. – № 131. – С. 1056–1066. DOI: https://doi.org/10.21515/1990-4665-131-087.

3. Тхан Ч. Д. Совершенствование технологии хранения плодов, выращенных во Вьетнаме: дисс. канд. тех. наук: 05.18.03 / Тхан Чу Дуан. – М., 1999. – 154 с.

4. ГОСТ 8756.1-2017. Продукты переработки фруктов, овощей, грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составляющих частей, массы нетто или объема. – М. : Издательство стандартов, 2017. – 27 с.

5. ГОСТ 28561-90. Продукты переработки фруктов, овощей, грибов. Методы определения сухих веществ или влаги. – М. : Издательство стандартов, 1990. – 12 с.

6. Способы обеспечения стабильного качества растительного сырья в процессе хранения / Т. В. Першакова, В. В. Лисовой, Г. А. Купин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского Государственного Аграрного Университета. – 2016. – № 116. – С. 205–217.

7. Способы обеспечения стабильного качества растительного сырья в процессе хранения с применением биопрепаратов / Т. В. Першакова, В. В. Лисовой, Г. А. Купин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского Государственного Аграрного Университета. – 2016. – № 117. – С. 540–550.

8. Кварацхелия, В. Н. Действие отрицательных температур на качество пектиновых веществ плодов и ягод / В. Н. Кварацхелия, Л. Я. Родионова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского Государственного Аграрного Университета. – 2014. – № 104. – С. 1822–1831.

9. Жарова, С. Н. / Заготовка и хранение плодов / С. Н. Жарова, Е. И. Панкова, И. Э. Старостенко. – Ленинград : Лениздат, 1987. – 160 с.

10. Трисвятский, Л. А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов / Л. А. Трисвятский Б. В. Лесик, В. Н. Курдина. – М. : Агропромиздат, 1991. – 415 с.

11. Николаева, М. А. Товароведение плодов и овощей / М. А. Николаева. – М. : Экономика, 1990. – 288 с.

12. Бутяйкин, В. В. Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции / В. В. Бутяйкин. – Саранск : МГУ им. Н. П. Огарева, 2012. – 161 с.

13. Неменущая, Л. А. Современные технологии хранения и переработки плодоовощной продукции / Л. А. Неменущая, Н. М. Степанищева, Д. М. Соломатин. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 172 с.

14. Русанова, Л. А. Современные способы хранения плодов, овощей, ягод и винограда / Л. А. Русанова // Сфера услуг: инновации и качество. – 2013. – № 13. – 11 с.

15. Технологии хранения фруктов и овощей для производства консервированной продукции / А. Н. Матвиенко, В. В. Лисовой, М. А. Казимирова [и др.] // Новые технологии. – 2014. – № 1. – С. 22–28.

16. Хранение в регулируемой атмосфере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.infrost-agro.ru/keeping/regulate/. – Дата обращения: 20.02.2019.

17. Шишкина, Н. С. Совершенствование технологии хранения плодоовощной продукции / Н. С. Шишкина // Сборник научных трудов к 85-летию ВНИХИ : Научно-практическое обеспечение холодильной промышленности / Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности. – М., 2015. – С. 327–335.

18. Лисовой, В. В. Технологии хранения сельскохозяйственной продукции растительного происхождения, разработанные учеными ФГБНУ КНИИХП / В. В. Лисовой, Е. П. Викторова, А. Н. Матвиенко // Сборник научных трудов к 85-летию ВНИХИ : Научно-практическое обеспечение холодильной промышленности / Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности. – М., 2015. – С. 302–305.

19. Анализ способов обеспечения качества растительной продукции в процессе хранения / Т. В. Першакова, В. В. Лисовой, Г. А. Купин [и др.] // Труды XIII международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество» / Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2016. – С. 38–42.

20. Гореньков, Э. С. Опыт применения предварительного охлаждения плодоовощной продукции перед транспортированием и хранением / Э. С. Гореньков, Н. С. Шишкина // АгроНИИТЭИПП. – 1987. – Т. 18, № 3. – С. 2–4.

21. Дубодел, Н. П. Хранение плодов и овощей в регулируемой газовой среде / Н. П. Дубодел // АгроНИИТЭИПП. – 1991. – Т. 6, № 18. – С. 20.

22. Чумак, И. Г. Перспективы применения предварительного охлаждения плодов и овощей для снижения их потерь в послеуборочный период / И. Г. Чумак, Н. С. Шишкина, В. П. Кочетов // ЦНИИТЭИпшщепром. – 1981. – Т. 4, № 11.

References

1. Larina TV. Tropicheskie i subtropicheskie plody [Tropical and subtropical fruits]. Moscow: Delhi print; 2002. 254 p. (In Russ.).

2. Pershakova TV, Kabalina DV. Ways to provide stability of raw material during storage. Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2017;(131):1056–1066. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21515/1990-4665-131-087.

3. Tkhan CD. Sovershenstvovanie tekhnologii khraneniya plodov, vyrashchennykh vo V′etname [Improving the storage technology of fruits from Vietnam]. Cand. eng. sci. diss. Moscow: Moscow State University of Food Production; 1999. 154 p.

4. State Standard 8756.1-2017. Fruit, vegetable and mushroom products. Methods for determination of organoleptic characteristics, components fraction of total mass and net mass or volume. Moscow: Standards Publishing; 2017. 27 p.

5. State Standard 28561-90. Fruit and vegetable products. Methods for determination of total solids or moisture. Moscow: Standards Publishing; 1990. 12 p.

6. Pershakova TV, Lisovoy VV, Kupin GA, Aleshin VN, Panasenko EYu, Victorova EP. Ways to provide stability of raw material during storage. Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2016;(116):205–217. (In Russ.).

7. Pershakova TV, Lisovoy VV, Kupin GA, Panasenko EYu, Victorova EP. Ways to ensure consistent quality of vegetable raw materials in the process of using biopreparations in storing. Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2016;(117):540–550. (In Russ.).

8. Kvaratskheliya VN, Rodionova LYa. The influence of low temperatures on the quality of pectinaceous substances fruits and berries. Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2014;(104):1822–1831. (In Russ.).

9. Zharova SN, Pankova EI, Starostenko IEh. Zagotovka i khranenie plodov [Fruit harvesting and storage]. Leningrad: Lenizdat; 1987. 160 p. (In Russ.).

10. Trisvyatskiy LA, Lesik BV, Kurdina VN. Khranenie i tekhnologiya sel′skokhozyaystvennykh produktov [Storage and technology of agricultural products]. Moscow: Agropromizdat; 1991. 415 p. (In Russ.).

11. Nikolaeva MA. Tovarovedenie plodov i ovoshchey [Merchandising fruits and vegetables]. Moscow: Ekonomika; 1990. 288 p. (In Russ.).

12. Butyaykin VV. Tekhnologiya khraneniya i pererabotki sel′skokhozyaystvennoy produktsii [Technology of storage and processing of agricultural products]. Saransk: NP Ogarev Mordovia State University; 2012. 161 p. (In Russ.).

13. Nemenushchaya LA, Stepanishcheva NM, Solomatin DM. Sovremennye tekhnologii khraneniya i pererabotki plodoovoshchnoy produktsii [Modern technologies of storage and processing of fruits and vegetables]. Moscow: Federal State Scientific Institution “Rosinformagrotekh”; 2009. 172 p. (In Russ.).

14. Rusanova LA. Modern way to store fruits, vegetables, berries and grapes. Sfera uslug: innovatsii i kachestvo [Services: innovations and quality]. 2013;(13):11. (In Russ.).

15. Matvienko AN, Lisovoy VV, Kasimirova MA, Skhalyakhov AA. Technologies of fruit and vegetables storage for the production of canned foods. New Technologies. 2014;(1):22–28. (In Russ.).

16. Khranenie v reguliruemoy atmosfere [Storage in a controlled atmosphere] [Internet]. [cited 2019 Feb 20]. Available from: http://www.infrost-agro.ru/keeping/regulate/.

17. Shishkina NS. Sovershenstvovanie tekhnologii khraneniya plodoovoshchnoy produktsii [Improving the storage technology of fruits and vegetables]. Sbornik nauchnykh trudov k 85-letiyu VNIKHI: Nauchno-prakticheskoe obespechenie kholodil′noy promyshlennosti [Collection of scientific papers on the 85th anniversary of the All-Russian Research Institute of Refrigeration Industry: Scientific and Practical Support of the Refrigerating Industry]; 2015; Moscow. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry; 2015. p. 327–335. (In Russ.).

18. Lisovoy VV, Viktorova EP, Matvienko AN. Tekhnologii khraneniya sel′skokhozyaystvennoy produktsii rastitel′nogo proiskhozhdeniya, razrabotannye uchenymi FGBNU KNIIKHP [Storage technology of agricultural products of plant origin, developed by the scientists of the North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, and Winemaking]. Sbornik nauchnykh trudov k 85-letiyu VNIKHI: Nauchno-prakticheskoe obespechenie kholodil′noy promyshlennosti [Collection of scientific papers on the 85th anniversary of the All-Russian Research Institute of Refrigeration Industry: Scientific and Practical Support of the Refrigerating Industry]; 2015; Moscow. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry; 2015. p. 302–305. (In Russ.).

19. Pershakova TV, Lisovoy VV, Kupin GA, Aleshin VN. Analysis of methods for providing quality of plant products in the process of storing. Trudy XIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Pishcha. Ehkologiya. Kachestvo” [Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference “Food. Ecology. Quality”]; 2016; Krasnoyarsk. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University; 2016. p. 38–42. (In Russ.).

20. Goren′kov EhS, Shishkina NS. Opyt primeneniya predvaritel′nogo okhlazhdeniya plodoovoshchnoy produktsii pered transportirovaniem i khraneniem [Experience of pre-cooling of fruits and vegetables before transportation and storage]. AgroNIITEHIPP [Research Institute of Information and Technical and Economic Research of the Food Industry]. 1987;18(3):2–4. (In Russ.).

21. Dubodel NP. Khranenie plodov i ovoshchey v reguliruemoy gazovoy srede [Storage of fruits and vegetables in a controlled atmosphere]. AgroNIITEHIPP [Research Institute of Information and Technical and Economic Research of the Food Industry]. 1991;6(18):20. (In Russ.).

22. Chumak IG, Shishkina NS, Kochetov VP. Perspektivy primeneniya predvaritel′nogo okhlazhdeniya plodov i ovoshchey dlya snizheniya ikh poter′ v posleuborochnyy period [Prospects for the use of pre-cooling of fruits and vegetables to reduce their losses in the post-harvest period]. TSNIITEHIpshtseprom [Central Research Institute of Information and Technical and Economic Research]. 1981;4(11). (In Russ.).

Величко Надежда Александровна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедры технологий консервирования и пищевых биотехнологий, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 90, тел.: +7 (391) 227-36-09, e-mail: info@kgau.ru

Рыгалова Елизавета Александровна
старший преподаватель кафедры технологий консервирования и пищевых биотехнологий, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 90, тел.: +7 (391) 227-36-09, e-mail: info@kgau.ru
https://orcid.org/0000-0002-4730-4015

Шароглазова Лидия Петровна
старший преподаватель кафедры технологий консервирования и пищевых биотехнологий, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 90, тел.: +7 (391) 227-36-09, e-mail: info@kgau.ru

Сутугина Ксения Андреевна
аспирант кафедры технологий консервирования и пищевых биотехнологий, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 90, тел.: +7 (391) 227-36-09, e-mail: info@kgau.ru

Nadezhda A. Velichko
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Canning Technology and Food Biotechnology, Krasnoyarsk State Agrarian University, 90, Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia, phone: +7 (391) 227-36-09, e-mail: info@kgau.ru

Elizaveta A. Rygalova
Senior Lecturer of the Department of Canning Technology and Food Biotechnology, Krasnoyarsk State Agrarian University, 90, Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia, phone: +7 (391) 227-36-09, e-mail: info@kgau.ru
https://orcid.org/0000-0002-4730-4015

Lidia P. Sharoglazova
Senior Lecturer of the Department of Canning Technology and Food Biotechnology, Krasnoyarsk State Agrarian University, 90, Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia, phone: +7 (391) 227-36-09, e-mail: info@kgau.ru

Ksenia A. Sutugina
Postgraduate Student of the Department of Canning Technology and Food Biotechnology, Krasnoyarsk State Agrarian University, 90, Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia, phone: +7 (391) 227-36-09, e-mail: info@kgau.ru

2019 Т. 49 № 1 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-127-134
Оригинальная статья
УДК 633.491:631.244.2
http://fptt.ru/

Биохимические показатели и нитраты в период хранения картофеля при современных приемах возделывания

А. В. Бутов[1], А. А. Мандрова[2,*]

[1] ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина», 399770, Россия, г. Елец, ул. Комунаров, 28

[2] Совет депутатов городского округа город Елец, 399740, Россия, г. Елец, ул. Октябрьская, 127

*e-mail: annaelets@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 15.02.2019
Дата принятия в печать: 21.03.2019

© А. В. Бутов, А. А. Мандрова, 2019

Аннотация. Были проведены исследования по изучению динамики биохимических показателей клубней картофеля в осенне-зимний период хранения. Пробы для закладки на хранение отбирали в 2011–2013 гг. в полевых опытах, включающих 12 вариантов различных доз и соотношений минеральных удобрений при капельном поливе. Почва − выщелоченный чернозем (Воронежская обл.). В среднем, за 3 периода хранения (с сентября по апрель) содержание витамина С в клубнях при умеренных дозах удобрений снизилось в 3,0–3,2 раза, а при высоких в 3,3–3,4 раза. Потери сухого вещества и крахмала при небольших и умеренных дозах N30-60P90-120K60-90 составили 1,4–1,5 и 1,0–1,1 %, от высоких доз N120-150P180-210K150-180 − 1,6–2,0 и 1,4–1,7 %. Содержание нитратов в клубнях при хранении постепенно снижалось, причем наибольшее их уменьшение произошло в апреле. Так, при небольших дозах удобрений их остаточное количество в продукции в апреле уменьшалось в 3,2–3,3 раза, при повышенных дозах в 2,5–2,9 раза, против 3,7 раза на контроле без удобрений. Односторонне усиленное азотное и азотно-калийное удобрение ухудшало все биохимические показатели картофеля. Для поддержания оптимальных биохимических показателей клубней при хранении необходимо при капельном поливе в полном удобрении увеличивать долю фосфора (кг/га действующего вещества) по отношению к азоту в 1,5–1,7 раза, а долю калия в 1,3 раза. Высокая урожайность (37,8 т/га), оптимальные биохимические показатели, низкая концентрация нитратов (36,6 мг/%) в продукции за период хранения достигались при капельном поливе и внесении под картофель N90P150K120 кг/га действующего вещества. Допустимо вносить дозу N120P180K150 (урожай – 41,5 т/га) при условии засыпки картофеля отдельно от общего вороха и осуществлять реализацию продукции в конце периода хранения, когда концентрация нитратов в клубнях становится в 2,5–2,9 раз меньше.

Ключевые слова. Картофель, хранение, минеральные удобрения, капельный полив, биохимические показатели, нитраты

Для цитирования: Бутов, А. В. Биохимические показатели и нитраты в период хранения картофеля при современных приемах возделывания / А. В. Бутов, А. А. Мандрова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 127–134. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-127–134.

Original article
Available online at http://fptt.ru/

Biochemical Indicators and Nitrates in Potatoes during Storage: Modern Cultivation Techniques

A.V. Butov[1], A.A. Mandrova[2,*]

[1] Bunin Yelets State University, 28, Communarov Str., Yelets, 399770, Russia

[2] Yelets Council of Deputies, 127, October Str., Yelets, 399740, Russia

*e-mail: annaelets@yandex.ru

Received: February 15, 2019
Accepted: March 21, 2019

© A.V. Butov, A.A. Mandrova, 2019

Abstract. It featured the dynamics of the biochemical parameters of potato tubers in the autumn and winter storage period. The samples were gathered in 2011–2013 during field experiments. The experiments included 12 various doses and ratios of mineral fertilizers under drip irrigation. The soil was leached chernozem (Voronezh region). During 3 storage periods (September–April), the content of vitamin C in moderately fertilized tubers decreased by 3.0–3.2 times. The content of vitamin C in

heavily fertilized tubers decreased by 3.3–3.4 times. The loss of dry matter and starch at small and moderate doses of fertilizers N30-60P90-120K60-90 amounted to 1.4–1.5 and 1.0–1.1%. The loss of dry matter and starch from high doses of fertilizers N120-150P180-210K150-180 equaled 1.6–2.0 and 1.4–1.7%. The content of nitrates in the tubers gradually decreased during storage, and the greatest decrease occurred in April. For moderately fertilized tubers, the residual amount decreased by 3.2–3.3 times by April. For heavily fertilized tubers, it decreased by 2.5–2.9 times against 3.7 times in the control sample. Enhanced nitrogen and nitrogen-potassium fertilizer worsened all the biochemical indicators of the potatoes. In order to maintain optimal biochemical parameters of tubers during storage, the proportion of phosphorus (kg/ha of active substance) had to be increased by 1.5–1.7 times as related to nitrogen. The share of potassium was increased by 1.3 times. The best results (yield = 37.8 t/ha, optimal biochemical parameters, concentration of nitrates = 36.6 mg/%) were achieved by drip irrigation and application of N90P150K120 kg/ha of active ingredient. A dose of N120P180K150, (yield – 41.5 t/ha) was found beneficial, provided the potatoes were filled separately from the total pile. Such potatoes have to be sold at the end of the storage period, when the concentration of nitrates in tubers becomes 2.5– 2.9 times lower.

Keywords. Potatoes, storage, mineral fertilizers, drip irrigation, biochemical parameters, nitrates

For citation: Butov AV, Mandrova AA. Biochemical Indicators and Nitrates in Potatoes during Storage: Modern Cultivation Techniques. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):127–134. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-127-134.

Введение

В потребительской корзине жителей России картофель располагают вслед за хлебом. Потребление его на душу населения – одно из самых высоких в мире (120 кг). Причины такой «популярности» – относительная дешевизна, высокие питательные свойства, значительный адаптивный потенциал культуры и традиции русской кухни. Важной задачей современного картофелеводства является достижение не только роста урожая, но и сохранение продукции в течение длительного периода хранения, в том числе без снижения биохимических показателей клубней. Высокоинтенсивная технология возделывания культуры в современных агрофирмах предусматривает применение высоких доз минеральных удобрений, интенсивную химизацию защиты растений от вредителей, болезней, сорняков и использование полива. Такие технологические приемы значительно увеличивают урожай клубней. Но они же вызывают острую проблему ухудшения качества, экологической безопасности выращенного урожая и сохранности продукции. Продовольственный картофель, используемый для реализации, хранится течение 8–10 месяцев в типовых хранилищах с активной вентиляцией. За такой длительный период биохимические и экологические показатели качества клубней претерпевают существенные изменения. Поэтому требуется разработка технологических приемов, позволяющих управлять не только урожаем и его качеством, но и сохранностью продукции, биохимическими, экологическими показателями клубней в период хранения.

Цель нашей работы заключалась в разработке оптимальных доз и соотношений минеральных удобрений при капельном поливе на выщелоченных черноземах ЦЧР по действию не только на величину урожая, но и сохранность клубней с лучшими биохимическими и экологическими показателями в период хранения.

Обзор литературы. Россия занимает лишь третье место по валовому сбору картофеля после Китая и Индии. Однако урожайность культуры в стране и качество ее продукции находится на одном из последних мест среди других стран мира. За период хранения в нашей стране ежегодно теряется до 25–53 % и более продукции от различных болезней. Это приводит к тому, что Россия вынуждена импортировать картофель из-за границы [1].

В регионах недостаточного и не устойчивого увлажнения, к которому относится ЦЧР. Главные причины низкой урожайности картофеля – недостаток выпадающих осадков в период роста, развития растений и накопления урожая. Во многих регионах страны естественных водных ресурсов для орошаемого земледелия мало. Однако в тех местах, где есть реки и пруды объемов воды для полива культур обычным методом дождевания явно недостаточно [2, 3].

Для повышения урожая картофеля и окупаемости затрат картофелеводческие хозяйства при наличии естественного водного источника (реки или пруда) стали применять капельное орошение. Это рационально тем, что на капельный полив воды требуется в несколько раз меньше, чем при обычном дождевании [4, 5].

Лежкость картофеля зависит от устойчивости клубней к заболеваниям, дыхания, заживления ран и прорастания. Сохранность картофеля, высокое содержание ценных биохимических показателей, экологическая безопасность клубней в значительной мере зависит от рационального подбора доз и соотношений минеральных удобрений при его возделывании. Недопустимо применять чрезмерно высокие, несбалансированные дозы минеральных удобрений, ухудшающие качество, сохранность картофеля, пригодность его для переработки, иначе неизбежны огромные потери [6].

Потери при хранении можно значительно уменьшить. Поэтому важно находить пути управления и регулирования процессами, обеспечивающие улучшение сохранности клубней [7].

Вопросы биохимии клубней картофеля в период хранения представляют исключительный интерес, так как это кладовая питательных веществ. Необходимо, чтобы ценный биохимический состав клубней сохранялся в должной мере в течение всего периода хранения. В это время продукция картофеля поступает регулярно в торговую сеть для питания населения [6, 8].

В опытах Л. С. Федотовой, связанных с капельным поливом на дерново-подзолистой почве, установлено, что при высоких дозах минеральных удобрений клубни за период хранения к весне теряли несравненно больше крахмала и витамина С, чем на вариантах без удобрений и при небольших их дозах [9]. Также при высоких дозах удобрений в уборочных пробах весной в конце хранения клубни картофеля содержали на порядок больше нитратов.

Ухудшение биохимических показателей клубней в период хранения от высоких доз удобрений при капельном поливе в условиях Среднего Урала выявила Е. П. Шанина, в Астраханской области – А. Ф. Туманян [10, 11].

Значительную опасность для здоровья людей и теплокровных представляют нитраты, из которых в желудочно-кишечном тракте человека и животных образуются нитриты [12]. Именно нитриты, а также вторичные амины и нитрозамины вызывают заболевания людей и животных из-за образования в крови метгемоглобина, который блокирует перенос кислорода клеткам организма. Особенно это опасно для детей. Образующие в организме человека из нитратов нитрозамины и нитрозамиды обладают выраженными канцерогенными, мутагенными и эмбриотоксическими свойствами [13, 14]. При повышении нитратов уменьшается содержание витамина С и незаменимых аминокислот в клубнях. В результате чего продукция становится биологически не качественной, отрицательно действующей на организм человека [14].

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в полевых опытах в 2011–2013 гг. и в периоды хранения в типовых хранилищах в 2011–2014 гг. в агрофирме «ЗАО Аненское» (Воронежская область) в лесостепной подзоне. Почва – выщелоченный среднесуглинистый чернозем, по гранулометрическому составу − средний суглинок. Подпочвенный горизонт – лёссовидные глины. Реакция почвенного раствора слабокислая ($pH_{сол.}$ – 6,1). Содержание гумуса (по И. Тюрину и М. Кононовой) в пахотном слое (0–30 см) повышенное – 7,1–7,4 %. Содержание питательных макроэлементов (N, P_2O_5, K_2O) – среднее. Степень насыщенности основаниями – высокая (88,5 %). Забор воды для капельного полива осуществляли из крупного водоисточника (пруда) с объемом запаса воды в зависимости от весеннего паводка от 130 до 145 тыс. м^3.

Полевые опыты закладывали в общем массиве орошаемого картофеля. Культура возделывалась в 3-х польном севообороте с чередованием культур: однолетние травы (на сено) – озимые (пшеница) – картофель. Схема опыта включала 12 вариантов различных доз и соотношений минеральных удобрений: 1) без удобрений (0-0-0), 2) $N_{30}P_{90}K_{30}$, 3) $N_{60}P_{120}K_{90}$, 4) $N_{90}P_{150}K_{120}$, 5) $N_{120}P_{180}K_{150}$, 6) $N_{150}P_{210}K_{180}$, 7) $N_{120}P_{90}K_{60}$, 8) $N_{30}P_{180}K_{60}$, 9) $N_{30}P_{90}K_{150}$, 10) $N_{120}P_{180}K_{60}$, 11) $N_{120}P_{90}K_{150}$, 12) $N_{30}P_{180}K_{150}$). Сорт картофеля – среднепоздний Пикассо. Площадь опытной делянки – 81 м^2, учетной − 54 м^2, повторность вариантов – 4-х кратная. Густота посадки клубней 54–55 тыс./га, схема посадки 25×75 см. Предшественник картофеля – озимая пшеница. Весной после разбивки опытов разбрасывали минеральные удобрения по вариантам под предпосадочную обработку почвы. В опытах при возделывании картофеля использовали элементы голландской технологии. Во время вегетации культуры с помощью капельного орошения поддерживали влажность почвы под растениями не ниже 75 % от предельной полевой влагоемкости (ППВ). Это означает, что при установленной нами на опытном участке ППВ равной 32,4 % полив посадок возобновляли при относительной влажности почвы в пахотном слое менее 24,5 %. К уборке опытов приступали в первой декаде сентября. За 12 дней до уборки проводили скашивание ботвы. Для уборки картофеля использовали 2-х рядковый картофелекопатель PYRUS Z−653 с подбором клубней и взвешиванием с учетной площади делянки. С каждого варианта опыта для исследования сохранности, биохимических показателей и содержания нитратов в период хранения картофеля отбирали по 10 кг клубней в трех повторностях и укладывали в сетки. Отобранные пробы в сетках закладывали в хранилище с активной вентиляцией в насыпе на глубине 0,5 м.

В период хранения в среднем раз в месяц определяли интенсивность дыхания (мг CO_2 кг/ч), содержание витамина С (мг%), крахмала (%), сухих веществ (%) и нитратов (мг/кг). К концу эксперимента в апреле определяли отходы, которые образовались в результате поражения клубней болезнями, естественную убыль массы, ростки и общие потери. Все биохимические анализы выполнены по методике ВНИИКХ [15]. В том числе определение содержания крахмала в клубнях поляриметрическим методом по Эверсу, витамина С по С. М. Прокошеву, сухих веществ весовым методом, дыхания клубней по методу Бойсен-Иенсена [15]. Определение нитратов в картофеле проводили по методике [16] на приборе pH-метр-иономер «Эксперт-001» анализатор жидкости.

Математическую обработку данных по урожаю, биохимическим показателям качества и содержанию нитратов проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [17].

Результаты и их обсуждение

В наших опытах эффективность минеральных удобрений в условиях капельного орошения была высокой. С увеличением доз от 0 (без удобрений) до $N_{150}P_{210}K_{180}$, в среднем за 2011–2013 гг., урожайность клубней повысилась с 23,4 до 43,7 т/га. При внесении $N_{30}P_{90}K_{30}$ урожай составил 28,2 т/га, $N_{60}P_{120}K_{90}$ – 34,1 т/га, $N_{90}P_{150}K_{120}$ – 37,8 т/га, $N_{120}P_{180}K_{150}$ – 41,5 т/га, $N_{150}P_{210}K_{180}$ – 43,7 т/га, против 23,4 т/га на контроле без удобрений (рис. 1). С повышением доз удобрений, особенно выше уровня $N_{90}P_{150}K_{120}$, отмечается снижение качества клубней, ухудшение их ценности по содержанию нитратов и сохранности продукции.

Различия в потерях массы картофеля в период хранения связаны в большей мере с дыханием клубней (рис. 1, табл.1). Это происходит за счет испарения воды при дыхании. При этом установлено относительно не высокое снижение (на 1,1–2,0 %) содержания сухих веществ.

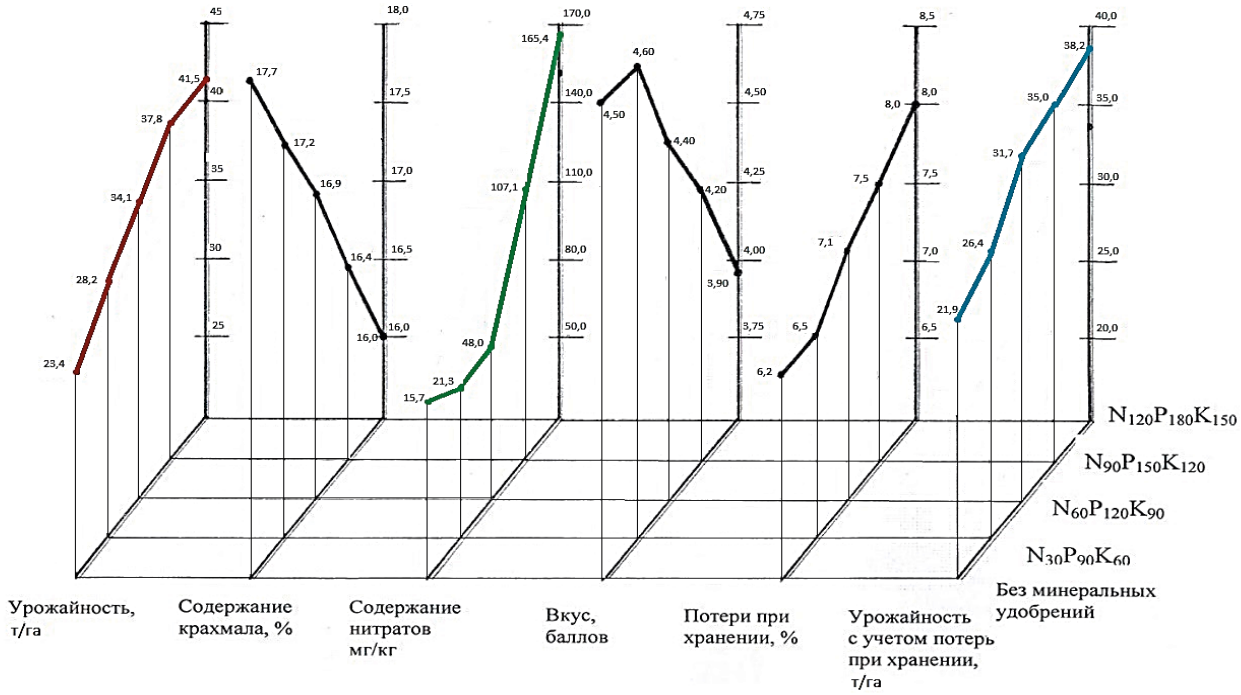


Рисунок 1 – Взаимосвязь показателей урожайности, качества и сохранности картофеля в зависимости от доз минеральных удобрений при капельном поливе (2011–2014 гг.)

Figure 1 – Interrelation of indicators of yield, quality, and safety of potatoes, depending on the doses of mineral fertilizers during drip irrigation (2011–2014)

Интенсивность дыхания была максимальной в первые сроки хранения клубней картофеля (в сентябре-ноябре), особенно в вариантах с применением высоких доз минеральных удобрений (табл. 1). Это связано с происходящими физиолого-биохимическими процессами в клубнях. Такие процессы направлены на дозревание и заживлением ран, полученных от неизбежных механических повреждений кожуры при комбайновой уборке. В декабре интенсивность дыхания снижалась почти в 2 раза, а в середине зимы (февраль) достигала минимума. Это связано с наступлением физиологического покоя клубней. Весной (апрель) активность дыхания резко возрастала в связи с началом периода прорастания клубней. Активность дыхания увеличивалась с повышением уровня минерального питания. Особенно интенсивной она была в вариантах опыта, на которых клубни выращены с применением высоких доз минеральных удобрений – $N_{120}P_{180}K_{150}$ и $N_{150}P_{210}K_{180}$. Однако существенная разница в скорости дыхания по вариантам опыта отмечена осенью (ноябрь) – 1,1–2,9 % и весной (апрель) – 1,3–2,6 %, против 0,3–0,5 и 0,1–0,2 % в период физиологического покоя.

Установлено, что в период хранения картофеля происходит распад витамина С (аскорбиновой кислоты) (табл. 2). Наибольшее снижение данного показателя выявлено в осенний период и в начале зимы. В ноябре содержание витамина С уменьшилось в 1,8 раза по отношению к первоначальным замерам во время уборки клубней.

Менее значительное снижение витамина в клубнях установлено в середине и конце срока хранения. За годы исследований (2012–2014) в период хранения этот показатель снизился в 3,0–3,4 раза. Наибольшее снижение витамина (в 3,4 раза) отмечено на варианте выращивания картофеля с максимальной дозой внесения удобрений $N_{150}P_{210}K_{180}$. Умеренные ($N_{60}P_{120}K_{90}$) и небольшие ($N_{30}P_{90}K_{60}$) дозы минеральных удобрений способствовали повышению или поддержанию содержания витамина С на уровне контрольного варианта.

В Центрально-Черноземном регионе РФ проблема получения экологически чистого и безопасного картофеля очень актуальна. Установлено, что присутствие в картофеле повышенных количеств нитратов (наряду с пестицидами, тяжелыми металлами) приводит ко многим тяжелым заболеваниям, в том числе канцерогенного характера [18, 20].

В России утверждены пределы допустимых концентраций (ПДК) для взрослого населения − 250 мг/кг и для детей − 80 мг/кг в сырых клубнях [19]. Од-

Таблица 1 – Изменение интенсивности дыхания клубней в период хранения в зависимости от уровня минерального питания (мг CO_2 кг/ч)

Table 1 – Changes in the intensity of tuber respiration during storage depending on the level of mineral nutrition (mg CO2 kg/h)

Вариант	2012–2013 гг.					2013–2014 гг.				
	XI	XII	II	III	IV	XI	XII	II	III	IV
0-0-0	4,2	2,9	2,0	2,3	4,4	3,8	2,2	1,3	1,9	4,5
30-90-60	4,1	2,8	2,2	2,4	4,4	3,8	2,3	1,3	1,9	4,5
60-120-90	4,4	2,9	2,2	2,6	4,9	3,8	2,5	1,2	2,2	5,1
90-150-120	5,3	3,1	2,3	2,7	5,2	4,1	2,4	1,3	2,4	5,8
120-180-150	5,5	2,9	2,3	2,7	5,1	4,4	2,6	1,4	2,9	6,6
150-210-180	7,1	3,5	2,5	2,9	6,2	5,2	2,9	1,5	3,0	7,1

Таблица 2 – Изменение содержания аскорбиновой кислоты и нитратов в период хранения в зависимости от срока определения и условий выращивания.

Table 2 – Changes in the content of ascorbic acid and nitrates during the storage period, depending on the determination period and growing conditions

Вариант $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$	Уборка		Ноябрь		Февраль		Март		Апрель	
	витамин С, мг%	нитраты, мг/кг	витамин С, мг%	нитраты, мг/кг	витамин С, мг%	нитраты, мг/кг	витамин С, мг%	нитраты, мг/кг	витамин С, мг%	нитраты, мг/кг
0-0-0	20,8	15,7	12,3	14,2	8,6	7,2	–	6,1	7,0	4,2
30-90-60	21,1	21,3	12,4	20,0	8,4	16,7	–	12,0	7,0	6,5
60-120-90	21,5	48,2	12,7	46.5	8,8	41,4	–	30,8	7,2	15,3
90-150-120	20,3	107,1	11,9	105,1	8,1	97.8	–	77,1	6,7	36,6
120-180-150	19,8	165,4	11,4	162,9	7,7	155,1	–	131,3	6,2	61,3
150-210-180	19,0	234,8	10,7	230,1	7,1	220,3	–	182,5	5,6	94,4
$НСР_{0,5}$ среднее	0,5	11,4								

нако в развитых странах ЕС предельно допустимые концентрации для детского питания установлены в пределах 3 мг% (30 мг/кг) [13].

Внесение различных доз минеральных удобрений при капельном поливе оказало значительное влияние на содержание нитратов в клубнях (табл. 2). Так, в уборочных пробах их содержание возросло с 15,7 мг/кг на контрольном варианте (без удобрений) до 234,8 мг/кг при внесении наибольшей дозы $N_{150}P_{210}K_{180.}$

В период хранения содержание нитратов постепенно уменьшалось. Наиболее значительное снижение нитратов произошло в апреле. В условиях зоны исследования это период начала прорастания клубней. Нитратные соединения расходуются на образование (построение) массы ростков.

За период хранения (сентябрь–апрель) содержание нитратов в клубнях на контрольном варианте без удобрений снизилось в 3,7 раза. На вариантах с использованием небольших и умеренных доз ($N_{30}P_{90}K_{60}$, $N_{60}P_{120}K_{90}$) в 3,3–3,2 раза, а в опыте с повышенной дозой минеральных удобрений $N_{90}P_{150}K_{120}$ – в 2,9 раза.

При высоких дозах минеральных удобрений $N_{120\text{-}150}$ $P_{180\text{-}210}$ $K_{150\text{-}180}$ содержание нитратов в клубнях снизилось в апреле до 61,3–94,4 мг/кг при уборке или в 2,7–2,5 раза соответственно. В марте содержание нитратов в клубнях на вариантах с высокими дозами удобрений ($N_{120\text{-}150}P_{180\text{-}210}K_{150\text{-}180}$) уменьшилось в 1,3 раза. В то же время на вариантах с меньшими дозами азота 30, 60, 90 кг/га в полном минеральном удобрении количество нитратов в марте уменьшилось в 1,8; 1,6; 1,4 раза. Полученные нами данные свидетельствуют, что при капельном орошении на выщелоченных черноземах ЦЧР увеличение доз удобрения свыше $N_{90}P_{150}K_{120}$ кг/га д.в. на 1 га приводит к резкому ухудшению биохимических показателей клубней и более значительному накоплению в них нитратов. С социально-экологической и экономической точек зрения эта доза удобрений является более оптимальной. Она обеспечивает получение урожая картофеля до 37,8 т/га, хорошую сохранность клубней – 92,5 % (потери 7,5 %), безопасность продукции по содержанию нитратов – 107 мг/кг при уборке и 37 мг/кг в

Таблица 3 – Динамика содержания сухих веществ и крахмала за период хранения, 2012–2014 гг.

Table 3 – Changes in the solids and starch content during storage, 2012–2014

Вариант $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$	Содержание сухих веществ, %			Содержание крахмала, %		
	до хранения	после хранения	убыль	до хранения	после хранения	убыль
1. 0-0-0	26,1	24,8	1,3	18,2	17,4	0,8
2. 30-90-60	25,5	24,1	1,4	17,4	16,4	1,0
3. 60-120-90	24,8	23,3	1,5	17,2	16,1	1,1
4. 90-150-120	24,0	22,5	1,5	16,4	15,1	1,3
5. 120-180-150	23,4	21,8	1,6	16,1	14,7	1,4
6. 150-210-180	23,0	21,0	2,0	15,7	14,0	1,7
7. 120-90-60	23,3	21,3	2,0	15,9	14,1	1,8
8. 30-180-60	25,6	24,4	1,2	17,6	16,7	0,9
9. 30-90-150	25,1	23,8	1,3	16,4	15,3	1,1
10. 120-180-60	23,3	21,5	1,8	16,4	14,9	1,5
11. 120-90-150	23,5	21,6	1,9	15,0	13,4	1,6
12. 30-180-150	25,1	24,0	1,1	16,9	16,1	0,8
$НСР_{0,5}$ сред.	0,7	0,6		0,4	0,3	

конце хранения клубней. Для получения более высокого урожая картофеля допустимо вносить под картофель в условиях капельного орошения $N_{120}P_{180}K_{150}$ кг/га д.в. при условии, что выращенный при такой дозе удобрений картофель будет засыпаться в хранилище отдельно. Чтобы использовать его в последующем для поставки в торговую сеть в марте–апреле, когда нитратов в продукции становится значительно меньше допустимой нормы.

Мы считаем, что установленные в РФ предельно допустимые концентрации нитратов в картофеле в пределах 250 мг/га для взрослого населения и 80 мг/кг для детей являются завышенными, чем в стандартах развитых стран ЕС (80 мг/кг и 30 мг/кг). Поскольку нитраты поступают в организм человека еще с овощами, плодами, копченостями, молочными продуктами, питьевой водой, то в сумме могут достигать предельных суточных значений. Из выше сказанного следует, что, в связи происходящими снижениями нитратов в клубнях в период хранения, можно реализовывать занитраченные свыше ПДК партии картофеля в марте, апреле, мае.

За период хранения изменяется содержание сухих веществ и крахмала в клубнях картофеля. По данным Е. П. Шаниной распад крахмала в клубнях при хранении зависит от сорта, места, сроков и условий выращивания картофеля [10]. Оно может варьировать от 0,8 до 4,5 %. В наших исследованиях содержание крахмала за период хранения уменьшалось в зависимости от применяемых доз минеральных удобрений на 0,7–1,8 %, сухих веществ на 1,1–2,0 % (табл. 3). Изменение содержания сухих веществ и крахмала при хранении зависело от интенсивности дыхания. С повышением уровня внесения удобрений возрастала активность дыхания и более существенно увеличивались потери крахмала и сухих веществ (табл. 1, 3). Наибольшие потери крахмала и сухого вещества выявлены при значительном одностороннем повышении азотного и азотно-калийного питания и при максимальной в опыте дозе удобрений.

Усиление фосфорного или одновременно фосфорно-калийного питания ($N_{30}P_{180}K_{60}$, $N_{30}P_{180}K_{150}$) способствовало оптимизации размеров потерь крахмала и сухих веществ практически на уровне контроля.

Одностороннее увеличение дозы калия в составе полного минерального удобрения способствовало некоторому снижению потерь крахмала и сухих веществ в клубнях картофеля за период хранения.

Наши исследования по биохимии и содержанию нитратов в продукции картофеля в период хранения свидетельствуют о целесообразности использования умеренно повышенных доз удобрений при капельном поливе. Очень важно на черноземных почвах придерживаться строгого соблюдения оптимальных соотношений элементов питания под картофель. Правильный подбор доз и соотношений элементов удобрения позволяет значительно снизить отрицательное воздействие усиленного минерального питания на биохимические показатели и содержание нитратов в клубнях. При возделывании картофеля в условиях капельного полива рекомендуется система удобрений, при которой фосфорные и фосфорно-калийные туки превышают уровень азота. Такое положение достигается при использовании минеральных удобрения в соотношениях N:P:K = 1:1,5–1,7:1,3. Это позволит даже на вариантах с повышенными дозами их внесения ($N_{90}P_{150}K_{120}$, $N_{120}P_{180}K_{150}$) получать высокую урожайность (37,8–41,5 т/га) с хорошими или удовлетворительными биохимическими показателями в период хранения. Однако, принимая во внимание наиболее важный показатель − содержание нитратов в клубнях в период хранения, ориентируясь на стандарты ПДК в развитых странах ЕС, не целесообразно применять дозу азота свыше 90 кг/га д.в. На варианте $N_{90}P_{150}K_{120}$ урожайность с учетом потерь при хранении составила 35,0 т/га, содержание крахмала 15,1 %, сухих веществ 22,5 %, нитратов 36,6 мг/кг (при ПДК = 250 мг/кг). С учетом приведенных показателей данный вариант удобрений можно считать оптимальным для рекомендаций производству.

Выводы

1. В Центрально-Черноземном регионе РФ в условиях капельного орошения картофеля при внесении повышенных (или высоких) доз минеральных удобрений необходимо строго соблюдать соотношение элементов питания – N:P:K не менее как 1:1,5–1,7:1,3. Не допускать применения удобрений с односторонним усиленным азотным и азотно-калийным питанием.

2. Для получения высокого урожая (37,8 т/га), хороших биохимических показателей и значительно меньшим ПДК содержанием нитратов в клубнях в период хранения вносить под картофель при капельном поливе азота 90, фосфора 150 и калия 120 кг/га действующего вещества.

3. Допустимо применять более высокую дозу удобрений $N_{120}P_{180}K_{150}$ при условии засыпки картофеля отдельно от общего вороха и реализацией продукции в конце периода хранения, когда концентрация нитратов в клубнях становится в 2,5–2,9 раза меньше.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Материалы подготовлены без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Тульчеев, В. В. Мировой рынок картофеля / В. В. Тульчеев, О. М. Ягфоров // АПК: Экономика и управление. – 2014. – № 5. – С. 57–64.

2. Акарин, А. Е. Водные ресурсы России и их использование / А. Е. Акарин, П. А. Полад-Заде, А. Н. Семенов // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 6. – С. 4–8.

3. Применение капельного полива при выращивании картофеля / В. В. Ивенин, А. В. Ивенин, С. П. Тихонов [и др.] // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – Т. 1. – С. 57–61.

4. Сенчуков, Г. А. Водопотребность сельскохозяйственных культур при капельном орошении / Г. А. Сенчуков, И. В. Новиков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – Т. 12, № 4. – С. 93–108.

5. Шляхов, В. А. Возделывание картофеля при капельном орошении / В. А. Шляхов, В. В Коринец, В. М. Ермаков // Аграрный Вестник Урала. – 2011. – Т. 89, № 10. – С. 34–35.

6. Шпаар, Д. Картофель: выращивание, уборка и хранение / Д. Шпаар. – М. : ДЛВ Агродело, 2007. – 458 с.

7. Индустрия картофеля / Е. А. Симаков, В. И. Старовойтов, Б. В. Анисимов [и др.]. – М. : НПФ АгроНиф, 2013. – 273 с.

8. Кощаев, А. Г. Биохимия сельскохозяйственной продукции / А. Г. Кощаев, С. Н. Дмитриенко, И. С. Жолобова. – СПб. : Лань, 2018. – 234 с.

9. Федотова, Л. С. Динамика биохимических показателей картофеля в период хранения / Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева // Картофель и овощи. – 2017. – № 1. – С. 31–34.

10. Оценка картофеля по биохимическим показателям в условиях Среднего Урала / Е. П. Шанина, Е. М. Клюкина, М. А. Стафеева [и др.] // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 2. – С. 337–341.

11. Туманян, А. Ф. Биохимический состав и столовые качества сортов картофеля, выращенных в условиях светло-каштановых почв Астраханской области на капельном орошении / А. Ф. Туманян, Н. В. Тютюма Н. А. Щербаков // Вестник Российского университета Дружбы народов. Серия Агрономия и животноводство. – 2016. – № 2. – С. 15–22.

12. Черников, В. А. Стратегия получения экологически безопасной продукции / В. А. Черников, В. А. Соколов // Агроэкология. – 2014. – № 1. – С. 13–18.

13. Химия пищевых продуктов. – СПб. : Профессия, 2012. – 1040 с.

14. Койка, С. А. Нитраты и нитриты в продукции растениеводства / С. А. Койка, В. Т. Скориков // Вестник Российского университета Дружбы народов. Серия Агрономия и животноводство. – 2008. – № 3. – С. 58–63.

15. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. – М. : НИИКХ, 1989. – 142 с.

16. Практикум по агрохимии. – М. : Издательство Московского университета, 2011. – 689 с.

17. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Книга по Требованию, 2012. – 352 с.

18. Черников, В. А. Экологически безопасная продукция / В. А. Черников, О. А. Соколов. – М. : Колос, 2009. – 438 с.

19. СанПин 2.3.2. 1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.

20. Butov, A. V. Organic Potato Product for Baby Foods and Dietetic Food / A. V. Butov // Indian Journal of Science and Technology. – 2015. – Vol. 8, № 29. – P. 1–6. DOI: https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i29/84226.

References

1. Tul′cheev VV, Yagforov OM. Mirovoy rynok kartofelya [Global Potato Market]. AIC: economics, management. 2014;(5):57–64. (In Russ.).

2. Akarin AE, Polad-Zade PA, Semenov AN. Vodnye resursy Rossii i ikh ispol′zovanie [The water sourced of Russia and their use]. Power Technology and Engineering. 2007;(6):4–8. (In Russ.).

3. Ivenin VV, Ivenin AV, Tikhonov SP, Magomedkasumov AM, Nikolaev AP. Primenenie kapel′nogo poliva pri vyrashchivanii kartofelya [Drip watering in potato farming]. Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2012;1:47–61. (In Russ.).

4. Senchukov GA, Novikova IV. Water demand of agricultural crops under drip irrigation. Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. 2013;12(4):93–108. (In Russ.).

5. Shlyakhov BA, Korinets VV, Ermakov VM. The cultivation of potatoes for drip irrigation. Agrarian Bulletin of the Urals. 2011;89(10):34–35. (In Russ.).

6. Shpaar D. Kartofel′: vyrashchivanie, uborka i khranenie [Potatoes: growing, harvesting, and storage]. Moscow: DLV Agrodelo; 2007. 458 p. (In Russ.).

7. Simakov EA, Starovoytov VI, Anisimov BV, Korshunov AV, Tul′cheev VV, Fedotova LS, et al. Industriya kartofelya [Potato industry]. Moscow: NPF AgroNif; 2013. 273 p. (In Russ.).

8. Koshchaev AG, Dmitrienko SN, Zholobova IS. Biokhimiya sel′skokhozyaystvennoy produktsii [Biochemistry of agricultural products]. St. Petersburg: Lan; 2018. 234 p. (In Russ.).

9. Fedotova LS, Timoshina NA, Knyazeva EV. Dynamics of potato biochemical indicators during storage. Potato and Vegetables. 2017;(1):31–34. (In Russ.).

10. Shanina EP, Klyukina EM, Stafeeva MA, Sergeeva LB, Kiprushkina NA, Maslenina NV. Assessing the potatoes varieties according to biochemical parameters under the conditions of the Middle Urals. APK of Russia. 2016;23(2):337–341. (In Russ.).

11. Tumanyan AF, Tutuma NV, Shcherbakova NA. Biochemical composition and quality dining sorts of potatoes grown in the light-brown soils Astrakhan region drip irrigation. RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2016;(2):15–22. (In Russ.).

12. Chernikov VA, Sokolov OA. Environmentally safety producing strategy. Agroehkologiya [Agroecology]. 2014;(1):13–18. (In Russ.).

13. Khimiya pishchevykh produktov [Food chemistry]. St. Petersburg: Professiya; 2012. 1040 p. (In Russ.).

14. Kojka SA, Skorikov VT. Nitrates and nitrites in production vegetative. RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2008;(3):58–53. (In Russ.).

15. Metodika fiziologo-biokhimicheskikh issledovaniy kartofelya [Methods of physiological and biochemical studies of potatoes]. Moscow: Scientific Research Institute of Potato Farming; 1989. 142 p. (In Russ.).

16. Praktikum po agrokhimii [Workshop on agrochemistry]. Moscow: Moscow University Publishing House; 2011. 689 p. (In Russ.).

17. Dospekhov BA. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul′tatov issledovaniy) [Methods of field experience (the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Kniga po Trebovaniyu; 2012. 352 p. (In Russ.).

18. Chernikov VA, Sokolov OA. Ehkologicheski bezopasnaya produktsiya [Environmentally safe products]. Moscow: Kolos; 2009. 438 p. (In Russ.).

19. SanPin 2.3.2. 1078-01. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov [Sanitary rules and Regulations 2.3.2. 1078-01. Hygienic requirements for safety and nutritional value of food].

20. Butov AV. Organic Potato Product for Baby Foods and Dietetic Food. Indian Journal of Science and Technology. 2015;8(29):1–6. DOI: https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i29/84226.

Бутов Алексей Владимирович
д-р с-х. наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина», 399770, Россия, г. Елец, ул. Комунаров, 28, тел.: +7 (47467) 99-2-60, e-mail: butov.a.v@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-1861-2892

Мандрова Анна Алексеевна
главный специалист-эксперт по экономике и финансам, Совет депутатов городского округа город Елец, 399740, Россия, г. Елец, ул. Октябрьская, 127, тел.: +7 (47467) 6-43-08, e-mail: annaelets@yandex.ru

Alexey V. Butov
Dr.Sci.(Agri), Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products, Bunin Yelets State University, 28, Communarov Str., Yelets, 399770, Russia, phone: +7 (47467) 99-2-60, e-mail: butov.a.v@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-1861-2892

Anna A. Mandrova
Main expert on economics and finance, Yelets Council of Deputies, 127, October Str., Yelets, 399740, Russia, phone: +7 (47467) 6-43-08, e-mail: annaelets@yandex.ru

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-135-143
УДК 664:575.113.34

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Разработка многослойного упаковочного материала на основе полиолефиновых смесей, модифицированных сополимером этилена с пропиленом, для хранения пищевых продуктов

И. С. Тверитникова*, И. А. Кирш, Д. А. Помогова, О. А. Банникова, О. В. Безнаева, В. А. Романова

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11

**e-mail: iza-1995@bk.ru*

Дата поступления в редакцию: 01.03.2019
Дата принятия в печать: 28.03.2019

© И. С. Тверитникова, И. А. Кирш, Д. А. Помогова, О. А. Банникова, О. В. Безнаева, В. А. Романова, 2019

Аннотация. Цель работы – провести комплексное исследование, направленное на увеличение технологической совместимости многослойных упаковочных материалов для разработки технологии их повторной переработки с перспективой возврата полученного вторичного сырья в производственный цикл. В работе были поставлены задачи: провести комплексное исследование полиолефиновых смесей, модифицированных сополимером этилена с пропиленом; изучить влияние сополимера на реологические и физико-механические свойства полимерных композиций; предложить технологию повторной переработки вторичных полиолефиновых смесей в производственный цикл. В ходе работы были проведены следующие методы исследования: метод капиллярной вискозиметрии для определения реологических свойств полимерных композиций; метод испытания на растяжение для определения физико-механических свойств композиций; пикнометрический метод для определения плотности смесей. В качестве объектов исследования были выбраны такие полимеры, как полиэтилен, полипропилен и сополимер этилена с пропиленом (СЭП) как связующее звено между полимерами. В работе были получены полимерные композиции в различном соотношении компонентов ПЭ:ПП:СЭП (70:30:0; 68,5:28,5:3; 65:25:10; 30:70:0; 28,5:68,5:3; 25:65:10). В работе исследовался процесс модификации полиолефиновых композиций на основе полиэтилена и полипропилена СЭПом на одношнековом экструдере. Были проведены исследования реологических свойств и деформационно-прочностных характеристик полимерных смесей. На основании проведенных исследований установлено, что многократная переработка приводит к уменьшению физико-механических свойств полиолефиновых смесей. Исключение составляют композиции на основе ПЭ:ПП в соотношении 30:70, где разрушающее напряжение увеличивается. От количества циклов переработки увеличивается показатель текучести расплава смесей. Предложена технология получения многослойных упаковочных материалов с использованием отходов упаковки в среднем слое для контакта с продуктами питания.

Ключевые слова. Многослойные полимерные материалы, сополимер, соэкструзия, реологические и физико-механические свойства

Для цитирования: Разработка многослойного упаковочного материала на основе полиолефиновых смесей, модифицированных сополимером этилена с пропиленом, для хранения пищевых продуктов / И. С. Тверитникова, И. А. Кирш, Д. А. Помогова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 135–143. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-135-143.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Polyolefin-Based Multilayer Packaging Material Modified by Ethylene Propylene Copolymer in Food Storage

I.S. Tveritnikova*, I.A. Kirsh, D.A. Pomogova, O.A. Bannikova, O.V. Beznaeva, V.A. Romanova

Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 25080, Russia

**e-mail: iza-1995@bk.ru*

Received: March 01, 2019
Accepted: March 28, 2019

© I.S. Tveritnikova, I.A. Kirsh, D.A. Pomogova, O.A. Bannikova, O.V. Beznaeva, V.A. Romanova, 2019

Abstract. The research features a comprehensive study aimed at increasing the technological compatibility of multilayer packaging materials. The paper describes a recycling technology with the prospect of returning the resulting secondary raw materials to the production cycle. The research included the following tasks: to conduct a comprehensive study of polyolefin

mixtures modified by ethylene propylene copolymer; to study the effect of the copolymer on the rheological and physicomechanical properties of polymer compositions; to propose a technology for the recycling of secondary polyolefin mixtures. The research involved the following methods: the capillary viscometry method was used to determine the rheological properties of polymer compositions; the tensile test method was employed to define the physicomechanical properties of the compositions; the pycnometric method was used to assess the density of the mixtures. The study featured such polymers as polyethylene, polypropylene, and ethylene-propylene copolymer, which was chosen as a link between the polymers. The authors obtained polymer compositions in various ratios of polyethylene, polypropylene, and ethylene-propylene copolymer: 70:30:0; 68.5:28.5:3; 65:25:10; 30:70:0; 28.5: 68.5: 3; 25:65:10. The article describes the process of modifying polyolefin compositions based on polyethylene and polypropylene by ethylene-propylene copolymer on a single-screw extruder. The authors defined the rheological properties and the deformation-strength characteristics of the polymer mixtures. Repeated processing proved to lead to a decrease in the physicomechanical properties of polyolefin mixtures, with the exception of compositions based on polyethylene and polypropylene in the ratio of 30:70, where the breaking stress increased. The number of processing cycles increased the melt flow rate of the mixtures. The proposed technology is meant for producing multilayer packaging materials using packaging waste in the middle layer for contact with food.

Keywords. Multilayer polymeric materials, copolymer, coextrusion, rheological and physico-mechanical properties

For citation: Tveritnikova IS, Kirsh IA, Pomogova DA, Bannikova OA, Beznaeva OV, Romanova VA. Polyolefin-Based Multilayer Packaging Material Modified by Ethylene Propylene Copolymer in Food Storage. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):135–143. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-135-143.

Введение

В мире на сегодняшний день одним из основных направлений использования пластических масс является упаковочная продукция. Использование полимеров в упаковке составляет 41 %, 47 % из которых расходуется на упаковку пищевых продуктов. Потребление полимеров для изготовления упаковки составляет более 38 % от всего объема потребления пластмасс в Европе и, примерно, 29 % от объема потребления термопластов в США [1]. Тенденция развития упаковочных полимерных материалов для продуктов питания имеет большую направленность на введение в сегмент рынка многослойных полимерных материалов, которые обладают высоким комплексом барьерных свойств. Так, например, для упаковки сыпучих продуктов (пшено, рис, гречка, горох и др.) и макаронных изделий используют многослойные материалы на основе полиолефинов: полиэтилен (ПЭ) – полипропилен (ПП), ПЭ – ориентированный ПП (ОПП), ПП-ОПП и другие виды. Такие материалы обладают высокими барьерными свойствами: высокая жиростойкость, низкая паро- и газопроницаемость. Данные свойства позволяют обеспечивать требуемые сроки для хранения продуктов питания [2–5]. Например, двухслойная соэкструзионная пленка (ПП-ПЭ) удачно сочетает положительные качества полипропиленовых (блеск, прозрачность, жиростойкость и др.) и полиэтиленовых пленок (морозостойкость и пр.). Характеризуется прекрасным внешним видом, хорошей прозрачностью, блеском, стойкостью к повреждениям и отличной свариваемостью, повышенной морозостойкостью. Прочность при растяжении до 25 МПа, относительное удлинение при разрыве не менее 400 %, паропроницаемость не более 2 г/м^2/24ч, газопроницаемость по кислороду не более 5×10^{-8} м^{2}ПА$^{-1}$с$^{-1}$, стойкость к проколу не менее 8 Мпа [6]. Однако на стадиях производства упаковки и ее потребления образуются смешанные полимерные отходы, которые необходимо утилизировать. Большое количество таких отходов из многослойных материалов утилизируются методом захоронения на свалках и полигонах или сжигаются. Это наносит ущерб окружающей среде. Поэтому все больше уделяется внимание вопросам разработки технологии переработки многослойных упаковочных материалов с перспективой возврата полученного вторичного сырья в производственный цикл [7–9]. В Европе производится 492 кг отходов на человека в год, из которых перерабатывается меньшая часть – 42 %, а оставшиеся 58 % захороняются или сжигаются. Об этом сообщил генеральный директор «PET Baltija» Каспарс Фогельманис в своем докладе, посвященном рециклингу пластмасс в Европе. Сегодня практически 50 % всего собираемого и перерабатываемого объема пластика в Европейском союзе (ЕС) приходится на Францию, Германию и Италию. К этим странам примыкают Испания и Великобритания, формируя пятерку крупнейших игроков и собирая около 71 % всего объема отходов в ЕС. Европейской Комиссией предложено увеличение процента переработки всего потока пластиковых отходов в ЕС до 55 % к 2025 г [10].

Многослойные полимерные материалы имеют в своем составе полимеры различной химической природы, а также разное количество полимерных слоев. Большинство полимеров термодинамически несовместимы и, в связи с этим, имеют разные технологические показатели по реологическим свойствам, а также разные температурные режимы переработки [7, 11]. При совместной переработке таких отходов образуются технологически несовместимые системы, которые приводят не только к уменьшению эксплуатационных характеристик вторичного сырья, но и снижают качество изделия, что не удовлетворяет спросу на рынке сбыта. Это понижает эффективность совместной переработки полимерных отходов. Для устранения таких недостатков целесообразно использовать модификацию полимерных композиций [12–16]. Для увеличения технологической совместимости в полимерных смесях используют различные приемы: введение агентов совместимости, модификаторов на осно-

ве ангидридов [17]. На сегодняшний день большое влияние уделяется исследованиям в области модификации полимерных смесей путем введения реакционно-способных добавок (малеиновые ангдриды и диангедриды привитого типа). В случае модификации полимерных смесей агентами совместимости может реализовываться механизм взаимодействия макромолекул с реакционно-способными модификаторами с образованием привитых, статистических или блок-сополимеров [7, 17]. Необходимым условием модификатора является создание макромолекулярных центров, способных инициировать рост привитых ветвей. Основным способом активации полимеров является окисление с образованием гидроперекисных групп при последующем разложении которых образуются свободные радикалы как инициаторы роста привитых цепей. Основными параметрами скорости реакции сополимеризации является степень окисления полимера, температура и продолжительность процесса. Такие сополимеры при добавлении в полимерные смеси увеличивают технологический интервал совместимости [7, 17].

Большинство взаимонерастворимых смесей имеют худшие механические свойства, по сравнению с исходными компонентами, а их фазовая морфология сильно зависит от предыстории переработки. Первой причиной этого является неблагоприятное взаимодействие между молекулами сегментами компонентов, которое определяет их взаимную растворимость [18]. Неблагоприятное взаимодействие ведет: к большому межфазному натяжению в расплаве, что тормозит тонкое диспергирование компонентов при смешении и вызывает перестройку частиц фазы (например, коалесценцию) при слабом напряжении или в стационарном состоянии; к слабой межфазной адгезии в твердом состоянии, что влечет механическое разрушение из-за наличия «слабых мест» между фазами. Устранение этих проблем (компатибилизация) может осуществляться путем добавления блок- или привитых сополимеров, которые работают как межфазные модификаторы [18].

Образование группировок сополимера на межфазной границе уменьшает межфазное натяжение, ведет к стерической стабилизации, которая задерживает коалесценцию дисперсной фазы [18], и усиливает межфазную границу в твердом состоянии. Главный выигрыш состоит в значительном уменьшении размеров доменов фаз, что критично для достижения хороших физических свойств смеси. Кроме того, получаемая морфология более стабильна и предсказуема. Это расширяет диапазон условий переработки и производства.

Формирование морфологии при участии химических реакций в многофазных полимерных системах – это динамический процесс: чем создается большая поверхность при разрушении дисперсной фазы вследствие реакций на межфазной границе, тем больше вероятность того, что функциональные группы найдут друг друга и прореагируют с образованием большего количества сополимера, что приведет еще к более мелкой дисперсности частиц. Однако имеются как химические, так и физические ограничения на протекание процесса [18]. Ограничения по кинетике реакций могут быть жесткими, поскольку время выдержки в промышленных смесительных устройствах (экструдер) составляет примерно одну минуту, и реакция может произойти только на поверхности межфазной границы.

Целью данной работы является проведение комплексного исследования, которое направлено на увеличение технологической совместимости многослойных упаковочных материалов для разработки технологии их повторной переработки с перспективой возврата полученного вторичного сырья в производственный цикл.

В работе были поставлены задачи:

– провести комплексное исследование полиолефиновых смесей, модифицированных сополимером этилена с пропиленом в различном соотношении компонентов;
– изучить влияние СЭП на деформационно-прочностные характеристики полимерных композиций;
– изучить влияние реологических свойств смесей, модифицированных сополимером этилена с пропиленом;
– предложить технологию повторной переработки вторичных полиолефиновых смесей в производственный цикл.

Объекты и методы исследования

В работе исследовался процесс модификации полиолефиновых смесей сополимером этилена с пропиленом в процессе многократной переработки на одношнековом лабораторном экструдере (рис. 1). Образцы получали в виде стренги при температуре 230 ± 3 °С. Переработка осуществлялась в три цикла. Каждый цикл включал процесс переработки на лабораторном оборудовании с последующим измельчением в дробилке ножевого типа. Температура переработки полимерных смесей выбиралась с учетом переработки полимера. На основании ранее проведенных работ и дальнейших сравнений исследований в работе использовали три цикла переработки полиолефиновых смесей. Данная

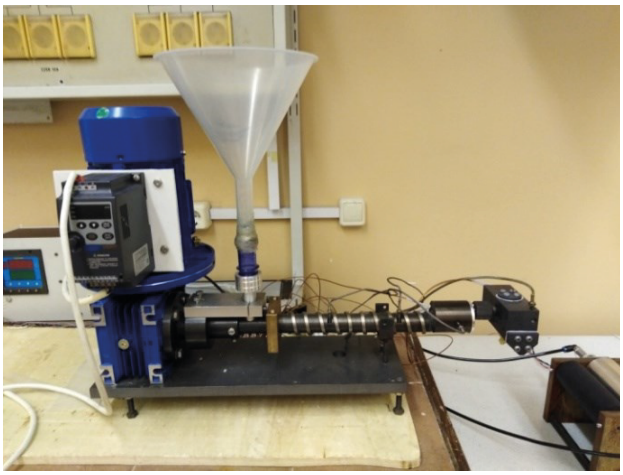
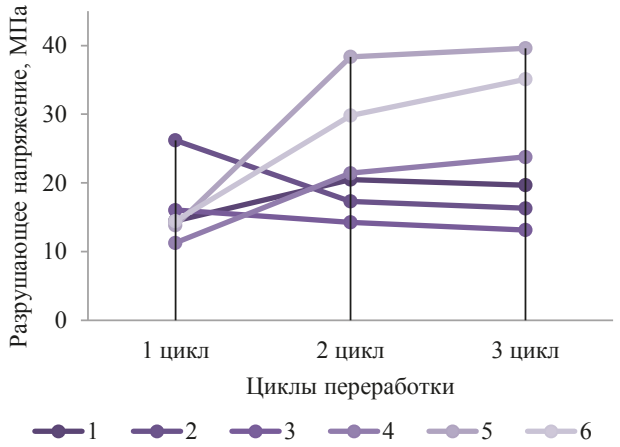


Рисунок 1 – Лабораторная экструзионная установка

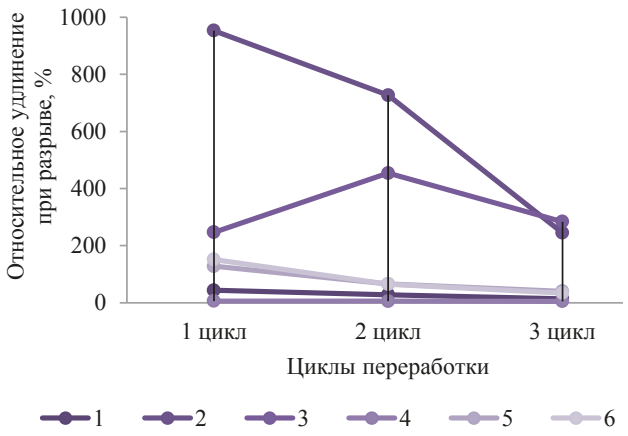
Figure 1 – Laboratory extrusion unit



Соотношение компонентов композиции: ПЭ:ПП:СЭП:
№ 1 – 70:30:0; № 2 – 68,5:28,5:3; № 3 – 65:25:10;
№ 4 – 30:70:0; № 5 – 28,5:68,5:3; № 6 – 25:65:10

Рисунок 2 – Зависимость разрушающего напряжения от количества циклов переработки

Figure 2 – Effect of the number of processing cycles on the destructive voltage



Соотношение компонентов композиции: ПЭ:ПП:СЭП:
№ 1 – 70:30:0; № 2 – 68,5:28,5:3; № 3 – 65:25:10;
№ 4 – 30:70:0; № 5 – 28,5:68,5:3; № 6 – 25:65:10

Рисунок 3 – Зависимость относительного удлинения при разрыве от количества циклов переработки

Figure 3 – Effect of the number of processing cycles on the relative elongation at the break

экструзионная линия была разработана в лаборатории композитных материалов Московского государственного университета пищевых производств.

Стренги – это нити, которые образуются из жидкой полимерной массы. Они формируются через стренговую головку и остужаются на валковом каландре. Далее, нож разрезает их на гранулы [9].

В качестве объектов исследования были выбраны смеси на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) марки 15813-020, производитель ПАО «Казаньоргсинтез» (показатель текучести расплава (ПТР) – 2 г/10 мин); ПП марки 2120-16, производитель ПАО «Казаньоргсинтез» (ПТР – 4 г/10 мин); сополимер этилена с пропиленом (СЭП) (50:50) марки PP8300G, производитель ОАО «Нижнекамскнефтехим» (ПТР – 2 г/10 мин). В работе были получены полимерные композиции в различном соотношении компонентов ПЭ:ПП:СЭП (68,5:28,5:3; 65:25:10; 28,5:68,5:3; 25:65:10). В качестве контрольных образцов использовали полимерные смеси на основе ПЭ-ПП без сополимера в соотношениях 70:30 и 30:70.

В ходе работы были проведены исследования:

– на реологические свойства полимеров и композиций методом капиллярной вискозиметрии. Эксперимент проводился на приборе типа ИИРТ (ГОСТ 1145-73. «Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов»);

– на физико-механические свойства полимерных материалов. Испытания проводились на разрывной машине РМ-10 (ГОСТ 14236-81. «Пленки полимерные. Методы испытания на растяжение»);

– на определение плотности пикнометрическим методом. Данный метод заключается в определении плотности образцов при помощи ареометра в момент перехода образца во взвешенное состояние (ГОСТ 15139-69. «Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы)»).

Результаты и их обсуждение

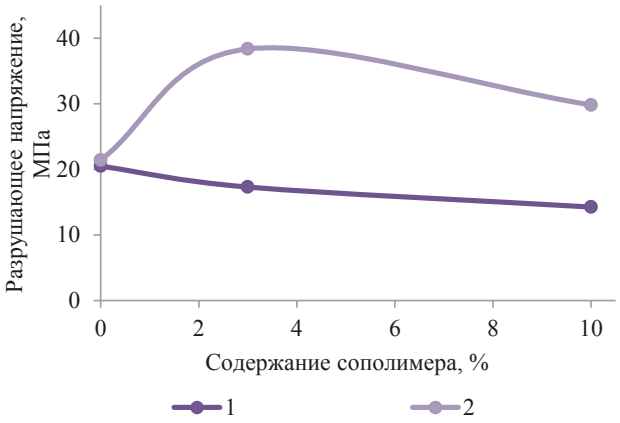
На лабораторном оборудовании вовремя первого этапа получили экспериментальные образцы на основе полимерных композиций ПЭ-ПП с разным содержанием СЭП.

На следующем этапе были проведены физико-механические исследования полученных полимерных смесей.

На рисунках 2, 3 представлены зависимости разрушающего напряжения (рис. 2) и относительное удлинение при разрыве (рис. 3) от количества циклов переработки.

Проанализировав данные, следует отметить, что разрушающее напряжение в полимерных композициях ПЭ:ПП (30:70), содержащих СЭП (рис. 2, кривые 5, 6), с увеличением кратности переработки увеличивается, примерно, в 2 раза по сравнению с первым циклом переработки. Увеличение показателя разрушающего напряжения в данных композициях, возможно, связано с введением сополимера этилена с пропиленом, поскольку контрольные образцы имеют значения ниже, чем у полимерных смесей, которые содержат в себе сополимер. В полимерных композициях на основе ПЭ и ПП в соотношении 70 % и 30 % показатель разрушающего напряжения уменьшается от цикла к циклу переработки в экструдере.

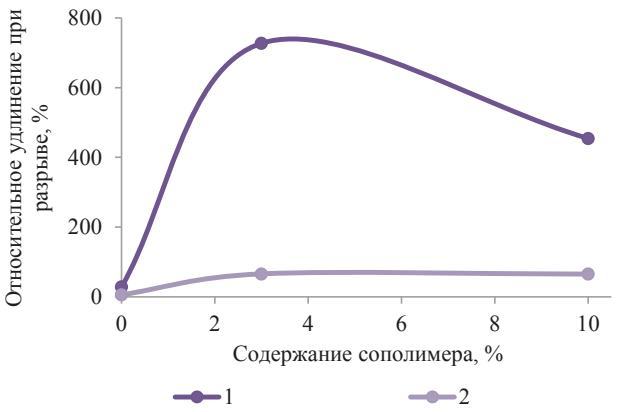
При рассмотрении данных относительного удлинения при разрыве полимерных смесей можно увидеть, что с увеличением количества циклов переработки на лабораторном оборудовании наблюдается уменьшение данного показателя (рис. 3). В случае композиций на основе ПЭ и ПП в соотношении 30:70 с содержанием сополимера как 3 %, так и 10 % наблюдается наименьшее изменение данного показателя. Необходимо отметить, что относительное удлинение при разрыве полимерных компози-



Соотношение компонентов ПЭ-ПП композиций: № 1 – 70:30; № 2 – 30:70

Рисунок 4 – Зависимость разрушающего напряжения полимерных композиций от содержания сополимера в полиолефиновой смеси

Figure 4 – Effect of the copolymer content in the polyolefin mixture on the breaking stress of the polymer compositions



Соотношение компонентов ПЭ-ПП композиций: № 1 – 70:30; № 2 – 30:70

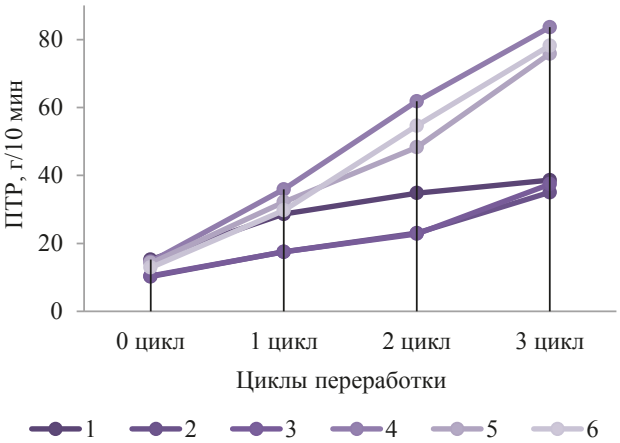
Рисунок 5 – Зависимость относительного удлинения при разрыве полимерных композиций от содержания сополимера в полиолефиновой смеси

Figure 5 – Effect of the content of the copolymer in the polyolefin mixture on the relative elongation at the break of the polymer compositions

ций ПЭ:ПП в соотношении 70:30 и 30:70 с введением любого количества сополимера этилена с пропиленом имеют большие значения, чем у композиций, не содержащих СЭП.

На рисунках 4, 5 представлены зависимости разрушающего напряжения (рис. 4) и относительного удлинения при разрыве (рис. 5) от содержания сополимера этилена с пропиленом в полимерной смеси на основе ПЭ и ПП после двух циклов переработки.

Из полученных результатов видно, что при введении сополимера этилена с пропиленом в полимерные смеси деформационно-прочностные характеристики изменяются неоднозначно. При введении сополимера в количестве 3 % в полимерную смесь на основе ПЭ и ПП в соотношении 30:70 приводит к увеличению разрушающего напряжения в 1,5 раза (рис. 4, кривая 2), а также к возрастанию относительного удлинения при разрыве от 6 % до 66 % (рис. 5, кривая 2). Можно отметить обратную зависимость в полимерных композициях, содержащих ПЭ 70 % и ПП 30 %, где введение СЭП приводит к уменьшению показателя разрушающего напряжения (рис. 4, кривая 1). Относительное разрушение при разрыве сильно возрастает с 30 % до 730 %.



Соотношение компонентов композиции: ПЭ:ПП:СЭП: № 1 – 70:30:0; № 2 – 68,5:28,5:3; № 3 – 65:25:10; № 4 – 30:70:0; № 5 – 28,5:68,5:3; № 6 – 25:65:10

Рисунок 6 – Зависимость показателя текучести расплава от количества циклов переработки

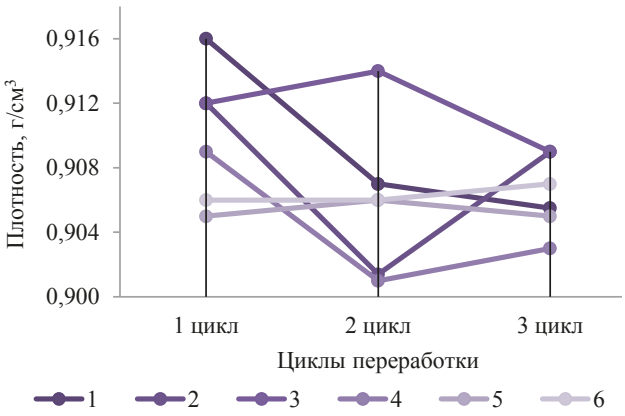
Figure 6 – Effect of the number of processing cycles on the melt flow rate

При введении 10 % сополимера наблюдается увеличение относительного удлинения при разрыве и разрушающего напряжения в композиции ПЭ:ПП (30:70), а в полимерных смесях с содержанием ПЭ 70 % и ПП 30 % разрушающее напряжение уменьшается, но относительное удлинение при разрыве увеличивается с 30 % до 450 %.

На третьем этапе проводили оценку реологических свойств экспериментальных образцов методом капиллярной вискозиметрии. Оценкой реологических свойств является показатель текучести расплава (ПТР).

На рисунке 6 представлена зависимость показателя текучести расплава полимерных смесей от количества циклов переработки.

На основании проведенных исследований можно увидеть, что многократная переработка полиолефиновых композиций приводит к резкому увеличению показателя текучести расплава. Особенно сильно данный процесс проявляется у композиций с содержанием ПЭ и ПП в соотношении 30:70. Полученные данные свидетельствуют о протекании процессов деструкции в полимерных смесях (с большим содержанием ПП) более интенсивно, по сравнению с композициями, содержащих меньшее количество ПП. При рассмотрении полученных результатов можно отметить, что при введении в смеси сополимера этилена с пропиле-



Соотношение компонентов композиции: ПЭ:ПП:СЭП:
№ 1 – 70:30:0; № 2 – 68,5:28,5:3; № 3 – 65:25:10; № 4 – 30:70:0;
№ 5 – 28,5:68,5:3; № 6 – 25:65:10

Рисунок 7 – Зависимость плотности от количества циклов переработки

Figure 7 – Effect of the number of processing cycles on the density

ном наблюдается уменьшение ПТР, в сравнении с образцами, полученными без добавления СЭП.

При изучении плотности полиолефиновых смесей (рис. 7) в зависимости от кратности переработки можно отметить, что с увеличением количества циклов переработки на лабораторном оборудовании отмечается уменьшение данного показателя для всех исследуемых композиций за исключением ПЭ:ПП:СЭП с содержанием компонентов 28,5:68,5:3 и 25:65:10. Для данных полимерных смесей характерно увеличение плотности, что свидетельствует об изменении надмолекулярной структуры полиолефиновых композиций при введении сополимера этилена с пропиленом.

В результате проведенных исследований можно рекомендовать исследуемые полимерные композиции для получения упаковочных материалов. Тем не менее, для того чтобы использовать такие упаковочные материалы для контакта с пищевыми продуктами, необходимо использовать технологию соэкструзии с получением многослойных полимерных материалов, где внутренний слой представляет собой смесь отходов ПЭ-ПП, модифицированных сополимером этилена с пропиленом (рис. 8).

Внешний слой и слой, который контактирует с продуктами питания, должен изготовляться из первичных полимеров, не содержащих полимерных отходов. Метод соэкструзии заключается в переработке в одном экструдере слоя полиэтилена, в другом – слоя полипропилена, и в третьем экструдере – смесь отходов на основе ПЭ-ПП-СЭП, из которых попадают в соэкструзионную головку плоскощелевой конструкции. Полимеры поступают в загрузочные бункеры, расплавляются и выдавливаются в виде пленки. Такая технология направлена на получение многослойных полимерных материалов типа «сэндвич-упаковка» с использованием отходов пластика. Это является актуальным направлением при рециклинге упаковочных материалов.

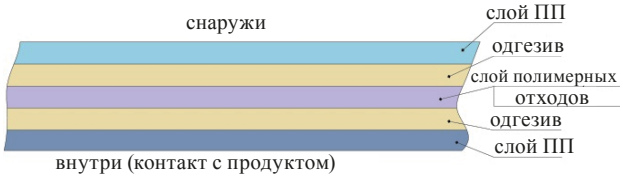


Рисунок 8 – Многослойный полиолефиновый материал типа «сэндвич-упаковка»

Figure 8 – Multilayer polyolefin material of the “sandwich” type

Выводы

На основании проведенных исследований по изучению влияния сополимера этилена с пропиленом на свойства полиолефиновых смесей можно отметить следующее:

– в полимерных композициях на основе ПЭ:ПП в соотношении 70:30 приводит к уменьшению разрушающего напряжения с добавление большего количества сополимера и увеличению относительного удлинения при разрыве. Максимальная точка наблюдается при концентрации СЭП 3 %;

– в композициях ПЭ 30 % и ПП 70 % наблюдается увеличение разрушающего напряжения и относительного удлинения по сравнению с полимерными смесями без добавления сополимера;

– многократная переработка приводит к уменьшению деформационно-прочностных характеристик полиолефиновых композиций. Исключение составляют полимерные смеси на основе ПЭ и ПП в соотношении 30:70, где разрушающее напряжение увеличивается;

– многократная переработка полимерных смесей приводит к резкому увеличению показателя текучести расплава, что связано с деструкционными процессами. Однако, проанализировав данные, можно заметить, что полиолефиновые композиции, модифицированные сополимером этилена с пропиленом, имеют меньшие значения данного показателя по сравнению с контрольными образцами без введения сополимера;

– на основании полученных результатов можно рекомендовать полимерную композицию на основе ПЭ:ПП в соотношении 30:70, модифицированную 3 % сополимера этилена с пропиленом, для получения многослойной упаковки;

– предложена технология получения многослойных упаковочных материалов с использованием отходов упаковки в среднем слое для контакта с продуктами питания.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Уникальный идентификатор проекта – RFMEFI57418X0191.

Список литературы

1. Богданова, А. С. Полимеры для упаковки / А. С. Богданова // Новые химические технологии. – 2014. – № 6. – С. 4–7.

2. Пищулин, И. Рециклинг сложных пленок / И. Пищулин // Пластикс. – 2013. – Т. 125, № 7. – С. 38–44.

3. Зелке, С. Е. М. Пластиковая упаковка: производство, применение, свойства / С. Е. М. Зелке, Д. Кутлер, Р. Хернандес. – СПб. : Профессия, 2011. – 560 с.

4. Кербер, М. Л. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии / М. Л. Кербер, Г. С. Головкин, Ю. А. Горбаткина. – СПб. : Профессия, 2014. – 592 с.

5. Кирш, И. А. Направленная модификация полимерных отходов для повторной переработки / И. А. Кирш // Международная конференция «РеПласт». – М., 2008. – С. 32–33.

6. Барьерные многослойные пленки // Специальный выпуск «Все о пленках». – 2014. – С. 8–18.

7. Кирш, И. А. Установление закономерностей влияния ультразвукового поля на физико-химические свойства и структуру расплавов полимеров при их вторичной переработке: дисс. … док. хим. наук: 02.00.06 / Кирш Ирина Анатольевна. – Иваново, 2016. – 22 с.

8. Тверитникова, И. С. Модификация смесей полиолефиновых отходов / И. С. Тверитникова, О. А. Банникова // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств : материалы XIX международной научно-практической конференции / Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2018. – С. 167–170.

9. Суворова, А. И. Вторичная переработка полимеров и создание экологически чистых полимерных материалов / А. И. Суворова, И. С. Тюкова. – Екатеринбург : Уральский государственный университет им. А. М. Горького, 2008. – 130 с.

10. Вторичная переработка полимеров 2018: Сжигать нельзя, перерабатывать! // Plastinfo. – 2018. – С. 9–10.

11. Кирш, И. А. Вторичная переработка многослойных упаковочных материалов / И. А. Кирш, И. С. Тверитникова // Материалы научной конференции с международным участием «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: Кадры и наука» / Московский государственный университет пищевых производств. – М., 2017. – С. 143–147.

12. Регулирование физико-механических свойств вторичного полиэтилентерефталата путем химической и физической модификации / И. А. Кирш, И. Т. Чалых, В. В. Ананьев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 7. – С. 79–82.

13. Тверитникова, И. С. Изучение физико-механических свойств полиолефиновых композиций, содержащих сополимер этилена с пропиленом / И. С. Тверитнткова, И. А. Кирш // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21, № 8. – С. 79–82.

14. Разработка технологии получения полиолефиновых композиций / И. С. Тверитникова, И. А. Кирш, Т. А. Кондратова [и др.] // «Новые решения в упаковке пищевой продукции» : материалы I научно-практической конференции с международным участием «Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста» / Московский государственный университет пищевых производств. – М., 2018. – С. 166–180.

15. Тверитникова, И. С. Разработка технологии переработки отходов упаковки без их сортировки / И. С. Тверитникова, И. А. Кирш, Б. Н. Федоренко // Пищевая промышленность. – 2017. – № 11. – С. 20–23.

16. Иванов, А. Б. Модификация полимерных смесей сополимером / А. Б. Иванов, И. С. Тверитникова, И. А. Кирш // «Современное состояние и перспективы развития упаковки в пищевой промышленности» : Материалы конференции с международным участием / Московский государственный университет пищевых производств. – М., 2018. – С. 20–25.

17. Кочнев, А. М. Модификация полимеров / А. М. Кочнев, С. С. Галибеев. – Казань : Казанский государственный технологический университет, 2002. – 180 с.

18. Пол, Д. Р. Полимерные смеси / Д. Р. Пол, К. Б. Бакнелл. – СПб. : Научные основы и технологии, 2009. – 606 с.

References

1. Bogdanova AS. Polimery dlya upakovki [Polymers for packaging]. Novye khimicheskie tekhnologii [New Chemical Technologies]. 2014;(6):4–7. (In Russ.).

2. Pishchulin I. Recycling for complex films. Plastiks. 2013;125(7):38–44. (In Russ.).

3. Zelke SEM, Kutler D, Khernandes R. Plastikovaya upakovka: proizvodstvo, primenenie, svoystva [Plastic packaging: production, use, and properties]. St. Petersburg: Professija; 2011. 560 p. (In Russ.).

4. Kerber ML, Golovkin GS, Gorbatkina YuA. Polimernye kompozitsionnye materialy. Struktura. Svoystva. Tekhnologii [Polymer composite materials. Structure. Properties. Technologies]. St. Petersburg: Professija; 2014. 592 p. (In Russ.).

5. Kirsh IA. Directional modification of polymer waste for recycling. International conference “RePlast”; 2008. Moscow. Moscow: Plastiks; 2008. p. 32–33. (In Russ.).

6. Bar′ernye mnogosloynye plenki [Barrier multilayer films]. Spetsial′nyy vypusk “Vse o plenkakh” [All About Films: Special Issue]. 2014:8–18. (In Russ.).

7. Kirsh IA. Ustanovlenie zakonomernostey vliyaniya ul′trazvukovogo polya na fiziko-khimicheskie svoystva i strukturu rasplavov polimerov pri ikh vtorichnoy pererabotke [Establishing patterns of influence of the ultrasonic field on the physicochemical properties and structure of polymer melts during recycling]. Dr. chem. sci. dicc. Ivanovo: Ivanovo State University of Chemistry and Technology; 2016. 22 p.

8. Tveritnikova IS, Bannikova OA. Modifikatsiya smesey poliolefinovykh otkhodov [Modification of polyolefin waste mixtures]. Sovremennye problemy tekhniki i tekhnologii pishchevykh proizvodstv: materialy XIX mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Modern Problems of Food Production Technology: Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference]; 2018; Barnaul. Barnaul: Polzunov Altai State Technical University; 2018. p. 167–170. (In Russ.).

9. Suvorova AI, Tyukova IS. Vtorichnaya pererabotka polimerov i sozdanie ehkologicheski chistykh polimernykh materialov [Secondary processing of polymers and the development of environmentally friendly polymeric materials]. Ekaterinburg: Gorky Ural State University; 2008. 130 p. (In Russ.).

10. Vtorichnaya pererabotka polimerov 2018: Szhigat′ nel′zya, pererabatyvat′ [Recycling of polymers 2018: do not burn but recycle]. Plastinfo. 2018:9–10. (In Russ.).

11. Kirsh IA, Tveritnikova IS. Vtorichnaya pererabotka mnogosloynykh upakovochnykh materialov [Recycling of multilayer packaging materials]. Materialy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem “Razvitie pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti Rossii: Kadry i nauka” [Proceedings of a scientific conference with international participation “The Development of Russian Food and Processing Industry: Human resources and science”]; 2017; Moscow. Moscow: Moscow State University of Food Production; 2017. p. 143–147. (In Russ.).

12. Kirsh IA, Chalykh IT, Anan′ev VV, Zaikov GE. Regulirovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv vtorichnogo poliehtilentereftalata putem khimicheskoy i fizicheskoy modifikatsii [Regulation of physical and mechanical properties of recycled polyethylene terephthalate by chemical and physical modification]. Bulletin of the Technological University. 2015;18(7):79–82. (In Russ.).

13. Tveritnikova IS, Kirsh IA. Study of physico-mechanical properties of polyolefin compositions containing copolymers of ethylene to propylene. Bulletin of the Technological University. 2018;21(8):79–82. (In Russ.).

14. Tveritnikova IS, Kirsh IA, Kondratova TA, Kubyshkin AI. Razrabotka tekhnologii polucheniya poliolefinovykh kompozitsiy [Development of technology for the production of polyolefin compositions]. “Novye resheniya v upakovke pishchevoy produktsii”: materialy I nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem “Peredovye pishchevye tekhnologii: sostoyanie, trendy, tochki rosta” [“New Solutions in Food Packaging”: Proceedings of I Scientific and Practical Conference with international participation “Advanced food technologies: state, trends, and points of growth”]; 2018; Moscow. Moscow: Moscow State University of Food Production; 2018. p. 166–180. (In Russ.).

15. Tveritnikova IS, Kirsh IA, Fedorenko BN. Development of technology for recycling of packaging waste without sorting them. Food Industry. 2017;(11):20–23. (In Russ.).

16. Ivanov AB, Tveritnikova IS, Kirsh IA. Modifikatsiya polimernykh smesey sopolimerom [Copolymer modification of polymer mixtures]. “Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya upakovki v pishchevoy promyshlennosti”: Materialy Konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [“The Current State and Prospects for the Development of Packaging in the Food Industry”: Proceedings of the Conference with international participation]; 2018. Moscow. Moscow: Moscow State University of Food Production; 2018. p. 20–25. (In Russ.).

17. Kochnev AM, Galibeev SS. Modifikatsiya polimerov [Modification of polymers]. Kazan: Kazan State Technological University; 2002. 180 p. (In Russ.).

18. Pol DR, Baknell KB. Polimernye smesi [Polymer mixtures]. St. Petersburg: Scientific Foundations and Technologies; 2009. 606 p. (In Russ.).

Тверитникова Изабелла Сергеевна
магистрант кафедры пищевой инженерии, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, тел.: +7 (916) 907-11-00, e-mail: iza-1995@bk.ru
https://orcid.org/0000-0001-6055-4396

Izabella S. Tveritnikova
Undergraduate of the Department of Food Engineering, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 25080, Russia, phone: +7 (916) 907-11-00, e-mail: iza-1995@bk.ru
https://orcid.org/0000-0001-6055-4396

Кирш Ирина Анатольевна
д-р хим. наук, доцент, профессор кафедры прикладной механики и инжиниринга технических систем, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, тел.: +7 (916) 173-21-58, e-mail: kirshia@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0003-3370-4226

Irina A. Kirsh
Dr.Sci.(Chem.), Associate Professor, Professor of the Department of Applied Mechanics and Engineering Technical Systems, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 25080, Russia, phone: +7 (916) 173-21-58, e-mail: kirshia@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0003-3370-4226

Помогова Дарья Александровна
соискатель, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, тел.: +7 (953) 126-45-74, e-mail: polechka0107@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-9589-3301

Darya A. Pomogova
Job Seeker, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 25080, Russia, phone: +7 (953) 126-45-74, e-mail: polechka0107@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-9589-3301

Банникова Ольга Анатольевна
канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории композитных материалов, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, e-mail: bannikovaoa@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0003-0633-0003

Безнаева Ольга Владимировна
канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории композитных материалов, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, e-mail: olgabeznaeva@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0003-2906-094X

Романова Валентина Александровна
младший научный сотрудник лаборатории композитных материалов, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, e-mail: bwal1307@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0002-7234-2267

Olga A. Bannikova
Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Laboratory of Composite Materials, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 25080, Russia, e-mail: bannikovaoa@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0003-0633-0003

Olga V. Beznaeva
Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Laboratory of Composite Materials, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 25080, Russia, e-mail: olgabeznaeva@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0003-2906-094X

Valentina A. Romanova
Junior Researcher of the Laboratory of Composite Materials, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 25080, Russia, e-mail: bwal1307@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0002-7234-2267

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-144-158
УДК 658:663.085.55

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Стратегическое планирование инновационного развития предприятия в условиях усиления конкуренции и рисков

С. К. Мизанбекова[1,*], И. П. Богомолова[2], И. Н. Василенко[2], А. В. Богомолов[2]

[1] НАО «Казахский национальный аграрный университет»
0550010, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Абая, 8

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

**e-mail: Salima– 49@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 21.01.2019
Дата принятия в печать: 21.03.2019

© С. К. Мизанбекова, И. П. Богомолова, И. Н. Василенко, А. В. Богомолов, 2019

Аннотация. В работе проведено комплексное исследование основных направлений, базовых принципов и системы организации стратегического планирования инновационного развития отраслевых предприятий. Обоснован и уточнен механизм планирования инноваций и инвестиций в современном производственном менеджменте, уточнена и адаптирована к особенностям комбикормовых предприятий схема стратегического управления инновационным развитием отраслевых хозяйствующих субъектов, приведена классификация типов предприятий, согласно проводимой инновационной деятельности, проработаны имеющиеся научные труды отечественных и зарубежных ученых по вопросам систематизации инновационных стратегий предприятия, с учетом которых выделены ключевые стратегические направления их деятельности. В работе было установлено, что важной составляющей комбикормового производства для современного отечественного и зарубежного животноводства является динамика и тенденции производства жмыха и шрота. В рамках этого направления проведен мониторинг отраслевого сегмента. Выполнен анализ функционирования регионального предприятия комбикормовой промышленности – АО «Воронежский экспериментальный комбикормовый завод». По результатам исследования были выявлены базовые условия и направления инновационного развития комбикормового производства в условиях реализации политики импортозамещения и достижения стратегических целей развития.

Ключевые слова. Стратегическое планирование, инновационное развития, комбикормовая промышленность, конкуренция, риски

Для цитирования: Стратегическое планирование инновационного развития предприятия в условиях усиления конкуренции и рисков / С. К. Мизанбекова, И. П. Богомолова, И. Н. Василенко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 144–158. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-144-158.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Strategic Planning of Innovation Development of industrial Enterprises Under Growing Competition and Risks

S.K. Mizanbekova[1,*], I.P. Bogomolova[2], I.N. Vasilenko[2], A.V. Bogomolov[2]

[1] Kazakh National Agrarian University,
8, Abay Ave., Almaty, 050010, Republik of Kazakhstan

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

**e-mail: Salima– 49@mail.ru*

Received: January 21, 2019
Accepted: March 21, 2019

© S.K. Mizanbekova, I.P. Bogomolova, I.N. Vasilenko, A.V. Bogomolov, 2019

Abstract. The paper describes a comprehensive study of the strategic planning of innovative development at industrial enterprises: the main directions, the basic principles, and the system as a whole. The research features the planning mechanism of innovations and investments. It introduces a scheme of strategic management of innovative development of industrial economic entities and their typological classification. Based on foreign and domestic academic sources, the authors systematized innovative strategies and prospective directions of feed industry development. Oil cake and seed cake production make up an important part of feed industry worldwide. The research included monitoring of this industry segment. It featured a case of a regional experimental compound feed plant (stock company OAO Voronezh). The study revealed some basic conditions and directions of innovative

development of feed production under the import substitution and strategic goals policy.

Keywords. Strategic planning, innovative development, feed industry, competition, risks

For citation: Mizanbekova SK, Bogomolova IP, Vasilenko IN, Bogomolov AV. Strategic Planning of Innovation Development of Industrial Enterprises under Growing Competition and Risks. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):144–158. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-144-158.

Введение

В настоящее время современный менеджмент производственных систем особое внимание уделяет вопросам ресурсо- и энергосбережения, качества выпускаемой продукции, модернизации и технологического перевооружения, экологической безопасности, оптимизации транспортно-логистических издержек, маркетинга и сбытовой политики. Успешное решение данного спектра целевых установок позволит обеспечить хозяйствующему субъекту высококонкурентное и эффективное развитие в будущем. Важнейшим инструментом решения подобного типа вопросов являются инновационные организационно-управленческие методы и подходы, а также передовые разработки в области техники и технологий соответствующего отраслевого производства.

Программа стратегического развития России предполагает интенсивное использование научно-технического потенциала и смещение акцентов в сторону инновационного производства. Однако национальная экономика унаследовала элементы планово-административного управления, в котором важная роль внедрения инноваций отводилась только перспективным отраслям. Руководители многих субъектов рыночной экономики и в настоящее время не осознают первостепенность научно-технического развития своих объектов и не придают большого значения необходимости повышения качества продукции и услуг, предпочитая экономию на затратах, как способ максимизации прибыли. Это снижает адаптивность организаций к изменениям экзо- и эндоуровней и делает их неконкурентоспособными в долгосрочной перспективе. Данные тенденции весьма характерны для ключевых продовольственных сегментов АПК России, включая и комбикормовое производство, как основной фактор успешного развития всей животноводческой отрасли народного хозяйства.

Также можно сделать конструктивный вывод относительно того, что инновационная деятельность является не только фактором повышения эффективности и конкурентоспособности субъекта рыночной экономики, в частности комбикормового завода, но и важным инструментом успешной реализации политики импортозамещения в соответствующих отраслевых сегментах АПК РФ, что актуализирует заявленную тему.

Целью исследования является рассмотрение теоретических, методических и практических аспектов разработки инновационных решений в области стратегического планирования развития отраслевых предприятий в аспекте роста конкуренции и рисков. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

– проведен анализ отраслевой конъюнктуры и рыночных тенденций отечественного комбикормового производства и дана оценка состояния и динамики развития АО «ВЭКЗ» в условиях реализации инновационных решений и укрепления конкурентных позиций;
– рассмотрены современные методы и подходы к оценке эффективности инновационных управленческих решений и проектов;
– обоснованы направления совершенствования управления инновационным развитием предприятий комбикормовой промышленности в условиях усиления конкуренции и рисков.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования избраны предприятия комбикормовой промышленности России, расположенные в Центральном черноземном регионе. При решении поставленных задач использованы методы системного анализа и экспертных оценок, экономико-математические и графические методы.

Результаты и их обсуждение

Процесс принятия управленческих решений, нацеленных на повышение уровня инновационности, а также минимизацию рисков и обеспечение безопасности деятельности отраслевого предприятия, является частью стратегического планирования. Реализация любой стратегии на предприятии связаны с инвестициями, под которыми понимаются ресурсы, вкладываемые в объекты предпринимательской деятельности для получения прибыли и минимизации рисков.

Эффективность развития и степень риска экономики предприятий во многом зависит от уровня и характера их инновационно-инвестиционной деятельности. По оценкам отраслевых экспертов суммарные инвестиции в мукомольно-крупяную и комбикормовую промышленность за последние годы резко сократились, а изношенность основных производственных фондов достигла критической отметки, превышающей 60 %. Вместе с тем мировой опыт свидетельствует, что для эффективного и устойчивого функционирования экономики ежегодные инвестиции должны составлять порядка 30 %. Как показывают исследования, низкая инвестиционная активность предприятий связана с двумя основными факторами: отсутствием средств и невосприимчивостью предпринимателей к нововведениям [4].

В настоящее время задача инвестиционной политики состоит в том, чтобы не просто инвестировать комбикормовое производство, а делать вложения, которые позволяют выпускать инновационную высококачественную и конкурентоспособную про-

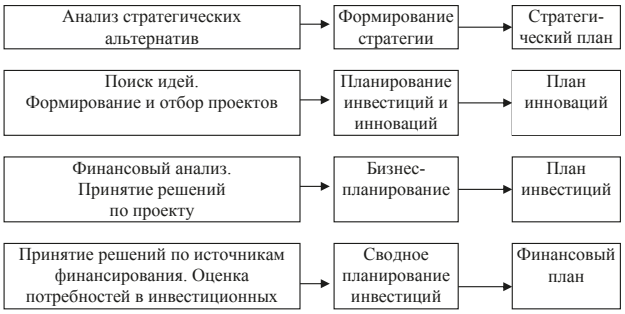


Рисунок 1 – Планирование инноваций и инвестиций в современном производственном менеджменте

Figure 1 – Planning of innovations and investments in the modern industrial management

дукцию и снижать риски предпринимательской деятельности.

Инновационное развитие агропромышленного комплекса, исходя из Стратегии «Инновационная Россия – 2020», представляет собой такой тип экономического развития, основным фактором которого становится инновация. Инновация (или ее синоним «инновационная деятельность») трактуется как вывод на рынок нового товара или услуги, освоение нового процесса производства (технологии) или предпринимательской модели, создание новых рынков. Уровень новизны в таких случаях должен быть не ниже национального российского рынка [8]. Планирование инвестиций и инноваций в производственном менеджменте предприятия предполагает принятие решений и выполнение процедур по схеме, представленной на рисунке 1.

Связь между общей стратегией развития и менеджмента рисков предприятия и стратегией в области научно-технического прогресса реализуется при внедрении новой продукции и изменениях в процессе производства. Стратегия в области научно-технических нововведений осуществляется в рамках стратегии развития воспроизводственных процессов на предприятии, неразрывно связанных со всем комплексом проблем его деятельности [10]. На основе изучения практического опыта действующих предприятий комбикормовой промышленности России, передовой практики зарубежных отраслевых предприятий, а также результатов научных исследований современных ученых уточнен алгоритм процесса стратегического планирования инноваций, который схематично представлен на рисунке 2.

Стратегия внедрения новой продукции определяет что, когда и как необходимо производить, на каком технико-экономическом уровне, а также – при каких условиях. Она показывает как использовать резервы, повышая уровень требований, рационализируя основные пути их выполнения. Очень важно, как соотносится стратегия нововведений с контекстом общей стратегии управления риском.

Инновационная стратегия обеспечивает эффективную динамику развития процесса вос-

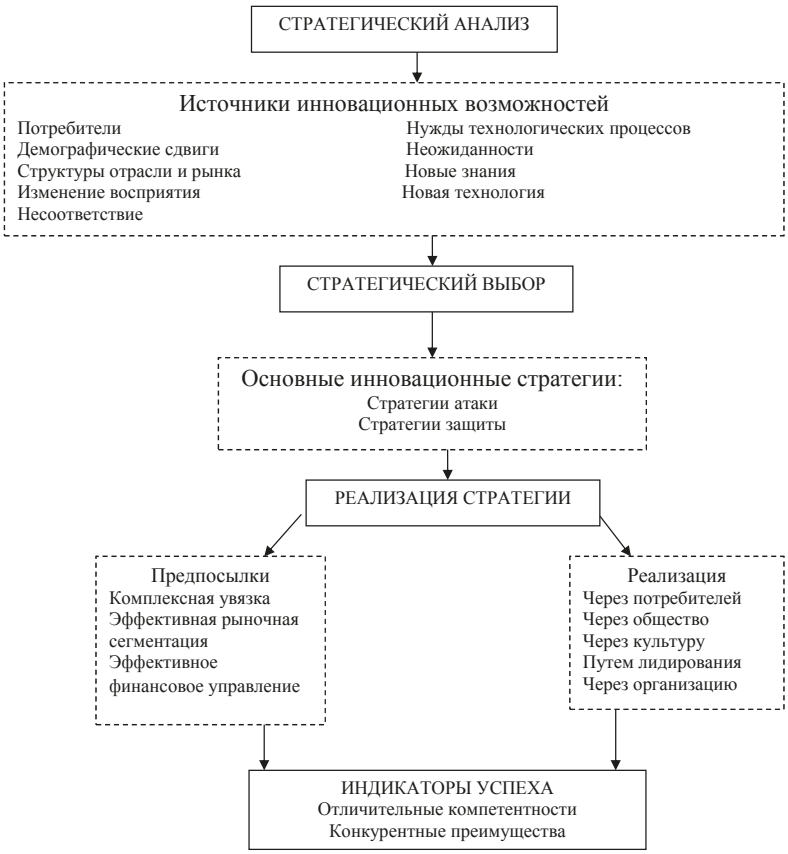


Рисунок 2 – Схема стратегического управления инновационным развитием отраслевых хозяйствующих субъектов

Figure 2 – A scheme of strategic management of innovative development of industrial economic entities

Таблица 1 – Классификация типов предприятий согласно проводимой инновационной деятельности

Table 1 – A typological classification of of enterprises according to ongoing innovation activities

Первопроходческие	Адаптивные	Протекционистские	Взвешенные	Реактивные
Молодые предприниматели	Построено на внутренних силах	Формализованность	Матричная или дивизиональная структура	Нет четкого характера
Новые продукты и технологии	Ясные и простые ценности	Готовность к риску	Осторожность в разработках	Постоянная имитация
Готовность к риску	Сочетание гибкости и прочности	Стоимостная ориентация	Менеджеры различных типов	–
Управление замкнутым кругом лиц	Долгосрочные цели	Объединенная управленческая команда	–	–
Неформальность	Единство через «промывание мозгов»	Влияние персонала	–	–
Сменяемость персонала	–	–	–	–

производства на предприятии с точки зрения его качественных характеристик. Она играет роль двигателя в общей стратегии [16].

Внутренними факторами, определяющими выбор инновационной стратегии, являются: технический уровень и темпы обновления продукции; темпы обновления технологии; рыночная стратегия; организация производства; степень использования капитала; степень использования трудовых ресурсов.

К внешним факторам относятся параметры социально-экономической среды, находящиеся вне сферы влияния предприятия, а именно уровень конкурентоспособности других фирм и государственная политика.

Инновационная стратегия является результатом непрерывного процесса оценки и анализа различных зависимостей, увязывающих между собой стратегию, риски экономической обстановки, научно-технический потенциал предприятия, портфель научно-технических задач и сами задачи. В условиях рыночной экономики руководителю недостаточно иметь хороший продукт. Он должен внимательно следить за появлением новых технологий комбикормового производства и планировать их внедрение. Специфика инновационной стратегии организации зависит от профиля и рисков ее деятельности, уровня производственно-технического развития, направленности и объема реализуемых в производственных и исследовательских подразделениях работ в рамках инновационного цикла по различным видам новшеств, сферы их применения. Оценивая инновационную стратегию организации, следует учитывать высокую зависимость перспектив ее развития от результатов деятельности предыдущих периодов и накопленного потенциала. Большое влияние на содержание и результаты инновационной стратегии оказывают интенсивность и качество взаимодействия между специализированными и профессиональными подразделениями [15]. Классификация инновационных стратегий, которая определяется на основании критериев типов предприятии по их готовности к инновациям, приведена в таблице 1.

По предметному содержанию различают стратегии в области исследований и разработок, продуктовой структуры, рынка, финансов, организации и т.п., являющиеся составными частями долгосрочной инновационной стратегии.

По результативности и времени достижения более высокого технологического уровня инновационные стратегии можно объединить в три основные – защитную, наступательную и поглощающую.

В зависимости от способа получения экономико-технологического эффекта при использовании инноваций необходимо выделить два типа инновационных стратегий в экономике: локально-точечную и последовательно-адаптивную.

Изучение и проработка действующих классификаций положены в основу систематизации инновационных стратегий предприятия, которые условно разделены на две основные группы (рис. 3).

Стратегии проведения НИОКР связаны с проведением предприятием исследований и разработок. Они определяют характер заимствования идей, инвестирования НИОКР, их взаимосвязи с существующими видами продукции и процессами. Стратегии адаптации нововведений относятся к системе обновления производства, вывода продуктов на рынки, использования технологических преимуществ. Стратегия ресурсосбережения на предприятиях комбикормовой промышленности невозможна без выполнения стратегий: снижения себестоимости; управления качеством продукции; сегментирования рынка сбыта продукции; рационализации использования вторичных ресурсов; инновационного развития; обновления ассортимента и дифференциации продукции; рационализации закупок и хранения сырья, и является их логическим завершением. Иными словами, те или иные мероприятия по реализации всех стратегий развития приведут к экономии определенных видов ресурсов и снижению рисков (рис. 4).

Как правило, предприятие применяет сразу несколько инновационных стратегий. Портфель инновационных стратегий формируется в зависимости от поставленных общих социально-экономических целей развития, характера рисков предприятия, вытекающих из них инновационных задач, а также факторов, оказывающих влияние на инновационное развитие предприятия. Важным фактором инновационного развития является совершенствование ассортиментной политики в условиях быстро меняющихся

Рисунок 3 – Инновационные стратегии предприятия

Figure 3 – Innovative strategies

запросов потребителей, а также роста конкуренции со стороны реальных и потенциальных игроков рынка комбикормовой продукции. Поэтому в отмеченном контексте весьма актуально уделить внимание именно данному спектру вопросов [5, 14, 20].

Известно, что птицеводство и свиноводство, а также производство комбикормов относятся к сферам деятельности, которые могут стать сферами «быстрого инновационного развития» АПК.

В ближайшие годы преобладающая доля производства будет осуществляться на основе его модернизации. На период до 2020 г. выделяется два этапа реализации инноваций: на первом этапе (2–3 года) должна осуществляться преимущественно модернизация производства и на ее основе – переход к инновационному развитию. В последующем должны сложиться наиболее рациональные пропорции между объемами модернизации и инновационной деятельностью, обеспечивающие конкурентоспособность этих отраслей.

Рисунок 4 – Стратегические направления деятельности предприятий

Figure 4 – Strategic directions

В животноводстве ставится задача довести производство молока в 2020 г. до 41 млн. т. Увеличить поголовье крупного рогатого скота на 10–15 млн. голов; увеличить производство мяса свиней до 5,8 млн. т (в живом весе) или 41 % в структуре мясных ресурсов; довести производство яиц до 44 млрд. шт.; производство мяса птицы всех видов должно возрасти до 4,5 млн. т (в убойном весе). Одновременно необходимо стимулировать развитие полноценных и экологичных комбикормов. Для производства указанного количества продукции потребуется производить ежегодно 85–90 млн. т комбикормов.

Важной составляющей комбикормового производства для современного отечественного и зарубежного животноводства является динамика и тенденции производства жмыха и шрота. Как показывают аналитические исследования, сектор жмыха и шрота – одна из динамично развивающихся отраслей кормопроизводства. За последние несколько лет прирост их продаж составил несколько десятков процентов. Таким образом, жмых и шрот являются важной составляющей в производстве кормов для животных. Ими возможно заменить в комбикормах многие дорогостоящие импортные белково-витаминные ингредиенты, что весьма актуально в условиях применения секторальных санкций и реализации политики импортозамещения [2, 9, 12, 18].

Стоит подчеркнуть, что практика свидетельствует о том, что в структуре себестоимости кормов для животных жмых и шрот составляют около 20–35 %.

Содержание их в рационах для птицы достигает 7–15 %, в рационах свиней – 8–10 %, крупного рогатого скота – 10–25 %, в кормах для рыб – от 10 до 40 %. Развитие данного рынка тесно связано с ростом промышленного производства кормов, уровень которого в 2016 г. составил 25,81 млн. т, а в 2017 – уже 27,6 млн. т. Минсельхоз прогнозирует, что к 2020 г. рынок комбикормов достигнет 30,8 млн. т, поэтому у рынка жмыха и шрота есть хорошие перспективы роста.

По сообщению BusinesStat, в 2011–2015 гг. объем продаж жмыха и шрота в России увеличился на 47,6 % – с 3,7 млн. до 5,5 млн. т. По мнению экспертов Центра экономического прогнозирования «Газпромбанк», в 2016 г. внутренний рынок жмыха и шрота в России составил более 6,46 млн. т. Согласно экспертным оценкам в 2017 г. российский рынок данной продукции достиг уровня около 8 млн. т. Этот показатель учитывает импорт продукции. Таким образом, прирост продаж жмыха и шрота в России в натуральном выражении за последние два года составил порядка 23 и 17 %.

По данным USDA, мировое производство соевого шрота в сезоне 2016–2017 г. достигло 226,76 млн. т, при этом мировой экспорт составил 69,87 млн. т. Ведущими странами-экспортерами стали Аргентина (32,8 млн. т), Бразилия (15,8 млн. т), США (10,89 млн. т). В январе 2017 г. пять главных экспортеров соевого шрота поставили на мировой рынок 5,37 млн. т продукции. Наибольшие объемы отгрузила Аргентина (2,6 млн. т) [22].

Глобальный рынок подсолнечного шрота в сезоне 2016–2017 гг. находился на уровне 18,2 млн. т. Лидерами производства данного шрота являются Украина (5,49 млн. т), Россия (4 млн. т), а также страны ЕС (4,1 млн. т). Наибольшее количество продукции экспортируют Украина (4,8 млн. т), Россия (1,6 млн. т), а также Аргентина (580 тыс. т).

Согласно информации USDA в 2016–2017 гг. производство рапсового шрота в мире составило около 38,4 млн. т. Ведущими его производителями являются страны ЕС (13,3 млн. т), Китай (9,8 млн. т) и Канада (5 млн. т). Крупнейшими экспортерами выступают Канада (4,4 млн. т), а также страны ЕС (400 тыс. т). Ключевое место в импорте рапсового шрота занимают Китай (200 тыс. т) и страны ЕС (300 тыс. т).

В 2016 г. в структуре российского потребления зерновых и отходов их переработки для кормовых целей доля использования в комбикормах подсолнечного шрота составила 6 % (2,77 млн. т), соевого шрота – 7 % (3,23 млн. т), рапсового – 1 % (0,462 млн. т).

Согласно результатам исследования ведущих отраслевых информационно-аналитических агентств в 2017 г. потребление подсолнечного шрота в России достигло уровня 3,0 млн. т, потребление соевого шрота — 4,6 млн. т, рапсового — 0,4 млн. т. Десять лет назад потребление этих видов шрота составляло всего лишь 2,63; 0,28 и 0,08 млн. т соответственно.

Основными производителями жмыха и шрота в России являются маслоэкстракционные заводы ГК «Юг Руси», ГК «Содружество», ГК «Эфко», ГК «Солнечные продукты», ГК «НЭФИС», ГК «Сигма», ГК «Астон», ГК «НМЖК» и др. Основным производителем соевого шрота является компания «Содружество», которая способна выпускать около 1,7 млн. т соевого жмыха и шрота. Ведущими производителями подсолнечного шрота являются ГК «АСТОН», ГК «ЭФКО», ГК «Юг Руси», ГК «НЭФИС» и др.

Согласно данным Российского экспортного центра потребление отечественных жмыха и шрота на внутреннем рынке увеличивается. В 2016–2017 гг. поставки за рубеж подсолнечного шрота сократились более чем на 20 % (в стоимостном выражении), рапсового шрота – на 8,22 % [2, 23].

Более подробно остановимся на исследовании производственной и конъюнктурной составляющей рынка жмыха и шрота по наиболее значимым товарным позициям. Так, соевый шрот – дефицитная составляющая комбикормов для птицы и свиней. По многим показателям этот корм превосходит другие виды жмыха и шрота, поэтому его трудно заменить.

По оценкам ряда экспертов, потребность внутреннего рынка в соевом шроте сегодня составляет около 5,0–5,5 млн. т. На изготовление комбикормов направляется максимум 4,6 млн. т соевых ингредиентов. В России сои выращивается недостаточно, несмотря на то, что наши аграрии ежегодно увеличивают ее посевные площади. Конкурентным преимуществом отечественной сои является отсутствие ГМО, что отличает ее от аналогичной продукции из Парагвая и Бразилии. Кроме того, маржинальность соевого шрота значительно выше, чем аналогичной продукции из подсолнечника. Производство соевых бобов в России в 2016 г. достигло уровня показателя 3,1 млн. т, что на 14,5 % больше валового сбора в 2015 г. В 2017 г. сбор сои составил рекордные 3,5 млн. т, а это соответствует получению около 2,8 млн. т соевого шрота. Российские производители могут удовлетворить лишь половину всех нужд животноводов и птицеводов. Возникает высокая зависимость комбикормовой отрасли от импорта. Чтобы не подорвать продовольственную безопасность, правительству России необходимо проводить гибкую политику в отношении ввоза этого ценного сырья для птицеводства и свиноводства.

Россия – крупнейший по величине производитель подсолнечника и подсолнечного масла в мире. В 2016 г. рекордный сбор этой масличной культуры составил 10,7 млн. т. Отечественный подсолнечный шрот имеет хорошее соотношение «цена–качество», поэтому спрос на него стабильно растет на внутреннем рынке. По оценкам аналитиков OilWorld, в 2015–2016 гг. производство подсолнечного жмыха и шрота в РФ составило 4,013 млн. т. Согласно расчетам Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР) потребление соевого шрота в России в 2015–2016 гг. составляло 2,2–2,3 млн. т, а совокупное потребление шрота, жмыха и полно жирной сои – 2,9–3,0 млн. т. В 2017 г. сбор подсолнечника уменьшился до 10,5 млн. т. Если самостоятельно проводить расчет по объему производства подсолнечного

масла (при объеме производства 4,7 млн. т и выходе шрота 44–46 %), то можно заключить, что в 2017 г. в России было произведено около 3,69–3,85 млн. т жмыха и шрота [22].

По данным Центра «Газпромбанк», в 2017 г. внутреннее потребление подсолнечного шрота в России составило 2 млн. т, экспорт — 1,1 млн. т против 1,75 млн. т и 1,5 млн. т в 2016 г. соответственно. Начало сезона 2017–2018 г. аналитики ИКАР характеризуют негативно. В связи с рекордным урожаем зерновых рынок подсолнечного шрота в России оказался в тяжелых условиях. Часть жмыха и шрота была заменена в комбикормах дешевым зерном. Кроме того, в первые два месяца сезона 2017–2018 гг. экспорт подсолнечного шрота за пределы РФ оказался крайне слабым по причине высоких урожаев подсолнечника в Турции и странах Европы — ключевых импортёрах российского шрота. Таким образом, цены на шрот и жмых на внутреннем рынке упали до 7,0–7,5 руб. за 1 кг с НДС. Подобный уровень наблюдался последний раз на рубеже 2013–2014 гг.

Выращивание рапса и его переработка в России сегодня переживает подъем. Более 90 % рапсового масла отправляется за рубеж, туда же экспортируется часть жмыха и шрота. Выход жмыха и шрота из рапса составляет около 62–66 %. Можно предположить, что в 2017 г. в России было произведено около 479,36–535,75 тыс. т рапсового жмыха и шрота. По данным «АБ-Центр», производство рапсового масла в России в 2016–2017 г. выросло на 19,9 % (293,8 тыс. т), рапсового жмыха и шрота — на 20,0 %. В прошлом году в России увеличился спрос на рапсовый жмых и шрот. По данным Российского экспортного центра в 2017 г. их экспорт уменьшился до 138,8 тыс. т. В январе-феврале 2018 г. по отношению к январю-февралю 2017 г. поставки данной продукции сократились на 17,0 % – до 21,9 тыс. т. В 2018 г. посевы рапса в России были увеличены на 13,2 % (211,8 тыс. га), что говорит о высоких перспективах развития этого направления [24, 26].

Помимо соевого, подсолнечного и рапсового, в России в незначительном количестве производится жмых и шрот на основе семян льна. Основная часть льняного семени вывозится за рубеж. В практике кормления сельскохозяйственных животных льняной жмых признается одним из лучших, так как обладает лечебными свойствами, благотворно влияет на ЖКТ, является компонентом ряда кормовых добавок. В льяном жмыхе содержится около 30,8 % белка и 6,8 % жира, в шроте — 33,6 % белка и 2,5 % жира.

В ближайшее время российский рынок жмыха и шрота может значительно увеличиться. Масложировой союз предложил правительству пересмотреть приоритеты сектора растениеводства и заместить до 20 % площадей, отведенных под пшеницу, масличными культурами, в том числе увеличить посевные площади сои (вдвое и более) и рапса (в 5 раз). Для развития отрасли необходим вывод на полную мощность ряда перерабатывающих заводов. В ближайшие годы потребление жмыха и шрота в России может достигнуть 9–10 млн. т.

В данном контексте хотелось бы более подробно остановиться на ведущем региональном предприятии комбикормовой промышленности – АО «Воронежский экспериментальный комбикормовый завод». В настоящее время в состав завода входят: цех рассыпных комбикормов, производственной мощностью 620 т/сутки; цех гранулированных комбикормов, производственной мощностью 500 т/сутки, со складом готовой продукции силосного типа емкостью 1700 т; механизированные склады сырья силосного типа № 1, 2, 3, склад металлических емкостей, склад жмыхов и шротов общей емкостью 1,9 тыс. т; производственная котельная на газовом топливе; энергоцех с электромастерской (две трансформаторные подстанции на 1000 кВт.); механические мастерские; гараж на 5 автомашин; материальные склады; административное здание, имеющее в своем составе производственно-техническую лабораторию.

Сегодня – это стабильно работающее и доходное предприятие, вырабатывающее полнорационные, высокоэнергетические, с заданным количеством протеина комбикорма, сбалансированные по минеральному и аминокислотному составу. Производительность завода по рассыпным кормам составляет до 400 т/сутки, в том числе 200 т/сутки гранулированного [11].

На заводе проведено комплексное техническое перевооружение, заменена на современное технологическое оборудование линия рассыпчатых комбикормов. Смонтированы линии ввода жидких добавок, модуль многокомпонентного дозирования на 12 комплексов. В результате технологическое оборудование позволяет полностью автоматизировать линию рассыпных кормов. Рецепты комбикормов рассчитываются с использованием компьютерной программы для каждого потребителя с учетом многочисленных факторов: породы животных, кросса птицы, уровня продуктивности. При расчете рецептуры используются фактические качественные показатели сырья, а не табличные данные. Все комбикорма обогащаются премиксами, которые производятся ОАО «ВНИИКП» по полной рецептуре, включая весь комплекс витаминов, аминокислот, ферментов, что позволяет существенно улучшить питательную ценность комбикормов. Одним из первых в отрасли завод освоил выпуск белково-витаминных добавок (БВМК), по качеству не уступающих зарубежным аналогам. На всех этапах производства − от приемки сырья до отпуска комбикормов потребителям – осуществляется жесткий технико-химический контроль со стороны производственно-технологической лаборатории (ПТЛ), хорошо оборудованной и прошедшей Государственную аккредитацию.

В регионе расположения завода (Воронежская область) предприятие занимает одно из лидирующих положений по производству комбикормов. Основные контрагенты предприятия приведены на рисунке 5.

Контрагенты: ООО «Туран», г. Белгород − 29473 т; ООО «Птицепром Бобровский», Воронежская область − 732,0 т; ООО «Липецкптица»,

Рисунок 5 – Структура основных контрагентов на 2017 г.

Figure 5 – Counteragents (2017)

г. Липецк − 621,0 т; ООО «Техбиокорм», г. Мытищи (Московская область) − 630,0 т; ООО «Агростройинвест» − 1428,4 т; прочие − 6831,06 т.

Поставщики: ООО «Воронежкорм» − белковое сырье; АО МК «Воронежский» − отруби, пшеница; ООО «Русмасло» − масло подсолнечное; ООО «Агроэко-Восток» − пшеница, ячмень; ООО «АПК АГРОЭКО» − пшеница; АО «РПК» − зерновое сырье, шроты.

Тип Общества − непубличное акционерное общество. Общество создано без ограничения срока, но может быть реорганизовано или ликвидировано в соответствии с Уставом и действующим законодательством. Уставный капитал Общества составляет 14832 р. Уставный капитал разделен на 74160 р. обыкновенных именных бездокументарных акций номинальной стоимостью 0,2 р [11].

Согласно отчетным данным всего объем выработанной продукции в натуральном выражении за 2017 г. составил 22224,6 т, что на 47 % ниже уровня 2016 г. (42320,9 т) (рис. 6).

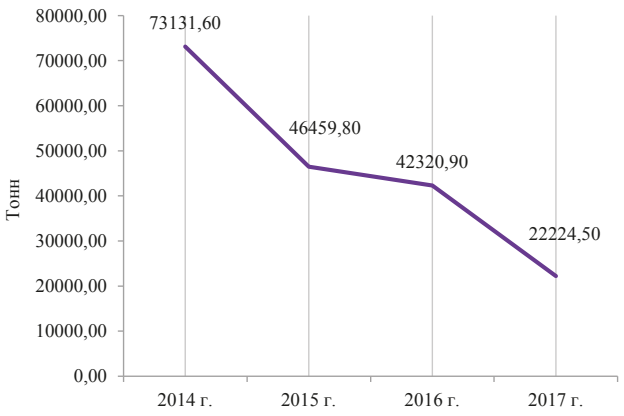


Рисунок 6 – Динамика объема производства комбикормов на АО «ВЭКЗ»

Figure 6 – Dynamics of animal feed production

Таблица 2 − Показатели по труду АО «ВЭКЗ» за 2014–2017 гг. [7]

Table 2 – Labor indicators in 2014–2017 [7]

Показатели	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Численность работников, чел.	149	158	143	127
Производительность труда, тыс. р/чел.	2953,60	3336,23	5639,99	1890,54
Производительность труда, т/чел.	490,82	294,05	295,95	175,00
Фонд заработной платы, тыс. р	45069,0	45777,9	42487,4	33758,3
Средняя заработная плата, р	25206,26	24144,46	24759,56	22151,12

Показатели по труду АО «ВЭКЗ» представлены в таблице 2.

Проанализировав фактический состав работников, отметим, что в целом численность предприятия за рассматриваемый период снизилась на 14,76 % с 149 чел. в 2014 г. до 127 чел. в 2017 г. Частично данная ситуация обусловлена совершенствование технологического процесса, что приводит к повышению уровня автоматизации и сокращению использования ручного труда. Показатель производительности имеет высокую степень нестабильности и колеблется в диапазоне от 2954 тыс. р/чел. до 1890,54 тыс. р/чел. за анализируемый период [1, 11].

Один из главных показателей эффективного использования основных производственных фондов является фондоотдача. Данный показатель используется для характеристики динамики эффективности использования основных фондов предприятия, а также для сравнительной оценки эффективности использования основных фондов на предприятиях одной отрасли.

В таблице 3 представлены значения показателей эффективности использования основных производственных фондов АО «ВЭКЗ» за период 2014–2017 гг.

Можно говорить о том, что показатель фондоотдачи в 2017 г. резко снизился на 68 % с 9,71 р/р до 3,03 р/р, что является отрицательным моментом в организационной деятельности предприятия. В тоже время значения показателей фондоемкости увеличились с 0,10 до 0,33. Фондовооруженность возросла в отчетном периоде на 42,09 тыс. р/чел. Это свидетельствует о росте технической вооруженности труда.

Далее рассмотрим основные показатели экономической деятельности отраслевого предприятия в рамках реализации продукции (табл. 4).

Исходя из данных таблицы 4, можно сделать выводы, что показатель выручки стабильно рос с 2014 г. до 2016 г., но в 2017 г. данный показатель снизился на 70,23 % и составил 240099 тыс. р. Показатель себестоимость имел аналогичную динамику, а прибыль от реализации продукции в 2017 г. снизилась до отрицательного значения и состави-

Таблица 3 − Показателей эффективности использования основных производственных фондов АО «ВЭКЗ» за 2014–2017 гг. [7]

Table 3 − The basic production assets: performance indicators in 2014−2017 [7]

Показатели	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Выручка, тыс. р	440087,00	527124,00	806518,00	240099,00
Объем производства, т	73131,60	46459,80	42320,90	22224,50
Среднегодовая стоимость ОПФ, тыс. р	108905,00	96893,00	83073,00	79124,00
Фондоотдача, р/р	4,04	5,44	9,71	3,03
Фондоемкость, р/р	0,25	0,18	0,10	0,33
Фондовооруженность, тыс. р/чел.	730,91	613,25	580,93	623,02

ла –17048 тыс. р, при этом максимум был отмечен в 2014 г. (+38300 тыс. р). Прибыль от продаж имела аналогичную динамику в 2017 г. – достигла минимума и составила (–20879 тыс. р). Чистая прибыль, кроме 2014 г., имела отрицательное значение за весь период исследования. Так, в 2014 г. она составляла 64886 тыс. р, а в 2017 г. ее значение снизилось до –22282 тыс. р [1, 7, 11]. За 2017 г. размер чистых активов уменьшился на 22,3 млн. р (–39,42 %) и составил 34236 тыс. р, что является весьма негативной тенденцией.

В таблице 5 представлен расчет показателей эффективности деятельности АО «ВЭКЗ» за период 2014–2017 гг [9, 28].

Расчетные данные свидетельствуют о том, что все показатели эффективности имеют крайне низкое значение. В частности, в 2017 г. все показатели имеют отрицательное значение.

Все это негативным образом сказывается на эффективности деятельности АО «ВЭКЗ». На наш взгляд, данная ситуация обусловлена резким сокращением рынка сбыта, высокими темпами роста прямых и косвенных затрат на реализацию готовой продукции, а также неэффективным использованием оборотного капитала.

Стоит отметить, что на конец отчетного периода у компании есть обязательства по долгосрочным займам на сумму 39503 тыс. р. Инвестиции в основной капитал составили 350 тыс. р. − приобретение основных средств, начислено амортизации в отчетном году – 13369 тыс. р. Кроме того, всего за 2017 г. было начислено налогов и сборов на сумму общую 31345 тыс. р, а внесено в бюджет − 31549 тыс. р [1, 6, 7, 11]. Таким образом, предприятие выполняет все социальные обязательства.

В результате критического анализа сделан вывод, что основным сдерживающим фактором увеличения производства и реализации комбикормов на заводе является отсутствие крупных платежеспособных потребителей. Наличие этой проблемы актуализирует проработку направлений стратегического планирования инновационного развития. Разработанные рекомендации авторов, адаптированные к отраслевым особенностям и сложившейся ситуации на рынке комбикормовой промышленности, позволят менеджменту организации принимать более взвешенные стратегические решения и оперативно реагировать на динамично изменяющуюся ситуацию.

Далее рассмотрим инновационные технико-технологические решения для комбикормового производства с учетом зарубежного опыта.

Животноводческая сфера народного хозяйства, а также производство комбикормов относятся к видам хозяйственной деятельности, которые могут стать

Таблица 4 − Показатели экономической деятельности предприятия, тыс. р [7]

Table 4 – Economic activity indicators, RUB, in thousands [7]

Показатели/Период	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Выручка от продаж	440087,00	527124,00	806518,00	240099,00
Себестоимость продаж	401787,00	516579,00	798760,00	257147,00
Прибыль от реализации продукции	38300,00	10545,00	7758,00	–17048,00
Издержки обращения (коммерческие и управленческие расходы)	2206,00	2455,00	4068,00	3831,00
Прибыль (убыток) от продаж	36094,00	8090,00	3690,00	–20879,00
Проценты к получению	4,00	6,00	39,00	6,00
Проценты к уплате	8228,00	6542,00	5356,00	3660,00
Прочие доходы	2375,00	2514,00	4221,00	1358,00
Прочие расходы	8633,00	8367,00	6373,00	4016,00
Прибыль до налогообложения	21612,00	–4299,00	–3779,00	–27191,00
Налог на прибыль	0,00	0,00	0,00	0,00
Чистая прибыль	16196,00	–4529,00	–3839,00	–22282,00
Чистые активы	64886,00	60357,00	56519,00	34236,00
Средняя стоимость активов	207307,00	182156,00	177443,00	138115,00
Средняя стоимость собственного капитала	64886,00	60357,00	56519,00	34236,00
Средняя стоимость долгосрочных обязательств	67248,00	51701,00	39297,00	38987,00

Таблица 5 − Показатели эффективности АО «ВЭКЗ» за период 2014–2017 гг.

Table 5 − Performance indicators in 2014−2017

Показатели / Период	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Затраты на 1 руб. реализованной продукции, коп.	91,30	98,00	99,04	107,10
Рентабельность затрат, %	5,3496	–0,8283	–0,4707	–10,4189
Рентабельность реализованной продукции (торговая наценка), %	9,5324	2,0413	0,9713	–6,6297
Валовая рентабельность продаж (маржа), %	8,7028	2,0005	0,9619	–7,1004
Рентабельность продаж, %	8,2016	1,5347	0,4575	–8,6960
Бухгалтерская рентабельность от обычной деятельности, %	4,9108	–0,8156	–0,4686	–11,3249
Чистая рентабельность продаж, %	3,6802	–0,8592	–0,4760	–9,2803
Рентабельность чистых активов, %	24,9607	–7,5037	–6,7924	–65,0835
Экономическая рентабельность, %	7,8126	–2,4863	–2,1635	–16,1329
Рентабельность собственного капитала, %	24,9607	–7,5037	–6,7924	–65,0835
Рентабельность перманентного капитала, %	12,2573	–4,0417	–4,0066	–30,4303
Коэффициент устойчивости экономического роста	0,2496	–0,0750	–0,0679	–0,6508

катализаторами интенсивного инновационного развития всего АПК России.

В ближайшие годы преобладающая доля производства будет осуществляться на основе его модернизации. На период до 2020 г. выделяется два этапа реализации инноваций: на первом этапе (2–3 года) должна осуществляться преимущественно модернизация производства и на ее основе − переход к инновационному развитию. В последующем сложатся наиболее рациональные пропорции между объемами модернизации и инновационной деятельностью, обеспечивающие конкурентоспособность этих отраслей. В данном контексте стоит отметить, что базовая составляющая инновационной деятельности − аграрная наука – уже в течение длительного времени функционирует в условиях большого дефицита молодых кадров [13].

Сегодня на долю индустриального животноводства приходится 67 % мяса птицы, 42 % − свинины, 50 % − яиц, 7 % − говядины. При этом весьма актуальны вопросы экологического характера, которые не редко идут в разрез с методами интенсификации производства скота и птицы, направленные на увеличение эффективности конверсии корма, на долю которого в себестоимости животноводческой продукции приходится 50–80 %.

К базовым условиям реализации выше отмеченных целей стоит отнести следующие, представленные на рисунке 7.

Интенсификация животноводства сопровождается повышением спроса на высококачественные комбикорма. Поэтому снижение затрат на корм – одна из ключевых проблем для отрасли. Решение ее невозможно без рационального использования фуражного зерна и других сырьевых ресурсов, внедрения на комбикормовых заводах и цехах современных технологий и оборудования.

Стоит отметить, что сегодня довольно низкие показатели производства белково-витамино-минеральных концентратов, так как нет необходимых производственных мощностей и все это замещается импортом. В нашей стране менее 50 % комбикормов используется в виде полнорационных. В Европе данный показатель составляет более 90 %.

Для производства гранулированных и экструдированных комбикормов отечественные отраслевые заводы закупают импортные технологии и машины. Например, фирма Мюнч Эдельшталь Гмбх (Германия) является одним из ведущих производителей полнокомплектного оборудования для производства гранулированных комбикормов. Вместе с дочерними фирмами Франции и Китая они экспортируют свою продукцию в 60 стран мира.

Как показало исследование, в конечной стоимости комбикормов для птицеводства и свиноводства 30–40 % затрат приходится на покупные и импортные белково-витаминные и минеральные добавки. Опыт работы передовых птицефабрик показал, что применение витаминной травяной муки значительно восполняет потребности в покупных БВМД. Целесообразно модернизировать и использовать серийные агрегаты марки АВМ-0,4А–АВМ-3,0. Сокращение потерь питательных веществ достигается при искусственной сушке зеленой массы на высокотемпературных сушильных агрегатах для приготовления сыпучего ингредиента комбикормов или в виде гранул, брикетов [19].

К примеру, введение в зимние рационы кормления птиц и свиней 5–7 % высококачественной травяной муки повышает яйценоскость птицы и привес животных на 10–20 %. Высокая питательная ценность травяной муки и большая концентрация биологически активных веществ полезны для всех возрастных групп животных и птицы. Так делается во всех передовых странах – в производстве комбикормов зерновые составляют менее 50 % (в Нидерландах 33 %, Дании 38 %, Германии 52 %, РФ более 80 %), а остальное − отходы пищевой и перерабатывающей промышленности, в том числе плодов и ягод [21].

По ГОСТ 18691-83 травяная мука должна содержать: первый класс − не менее 19 % протеина, 210 мг/кг каротина и не более 23 % клетчатки; вто-

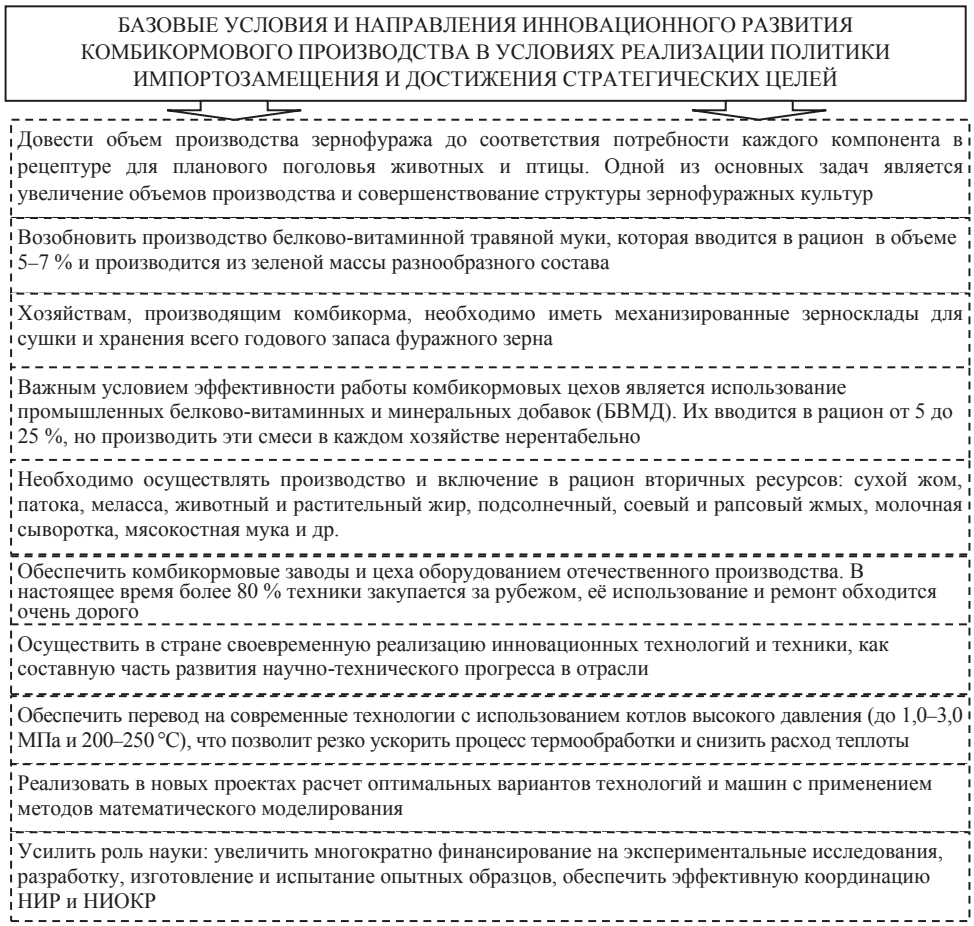


Рисунок 7 − Базовые условия и направления инновационного развития комбикормового производства в условиях реализации политики импортозамещения и достижения стратегических целей

Figure 7 – Basic conditions and directions of innovative development of feed production under import substitution and strategic goals policy

рой класс – 16 %, 160 мг/кг и 26 %; третий класс – 13 %, 100 мг/кг и 30 %. Для приготовления травяной муки растительное сырье должно содержать достаточное количество протеина, каротина и не превышать содержание клетчатки, предусмотренное ГОСТами. Это многолетние бобовые, травы, которые при одинаковых условиях питания накапливают в надземной массе значительно больше белка, чем злаковые, содержат достаточное количество каротина, витаминов, минеральных веществ. Их нужно скашивать до цветения, злаковые − до колошения. В лесной зоне и северной части лесостепи основная культура для производства травяной муки − клевер луговой. В качестве дополнительной культуры используется люцерна. Хорошим сырьем для приготовления травяной муки являются горох, вика, люпин, убранные до начала образования бобов в нижнем ярусе растений, а также ботва сахарной и кормовой свеклы [50].

Важным этапом в технологии производства травяной муки является подготовка зеленой массы к искусственной сушке. Снизить влажность зеленой массы можно путем ее непродолжительного подсушивания на поле. Это повышает производительность сушильного агрегата, снижает расход топлива и себестоимость корма. Эмпирические исследования доказывают, что понижение влажности с 80 до 70 % уменьшает расход топлива на 40 %, производительность сушилки значительно увеличивается. Но в процессе подсушивания часть каротина (15–25 %) разрушается. Поэтому вопрос о предварительном подсушивании трав перед искусственной сушкой решается в каждом конкретном случае отдельно в зависимости от начальных и граничных условий, а также поставленных конечных целей и задач. Выход муки и потребность в зеленой массе в зависимости от ее исходной влажности приведены в содержании таблицы 6.

Снизить влажность свежескошенной травы можно не только провяливанием ее в поле, но и путем механического удаления из зеленой массы части клеточного сока. Для этого измельченную траву пропускают через пресс. Из 1 т травы получают 500–700 кг отжатой массы (травяной жом) и 300–500 кг травяного сока. Чем выше влажность исходной зеленой массы, тем больше выход травяного сока.

Влажность травяного жома составляет 67–72 %, т. е. такая же, как и после провяливания растений в поле, но при механическом обезвоживании исключается влияние погодных условий. Механическое удаление влаги позволяет на единицу массы выделенной с соком воды многократно снизить расход

Таблица 6 – Выход травяной муки в зависимости от ее исходной влажности

Table 6 – Grass meal yield according to initial moisture

Влажность зеленой массы, %	Выход муки из 1 т сырья, кг	Масса сырья для получения 1 т муки, кг	Масса воды в сырье для получения 1 т травяной муки при влажности 10 %, кг
85	157	6350	5300
83	178	5600	5550
80	210	4760	3710
78	234	4280	3230
75	264	3790	2740
73	286	3500	2450
70	318	3150	2100
67	345	2900	1850
65	362	2770	1720

топлива. Травяной жом более однороден по влажности, чем провяленная трава, а частицы стеблей после отжатия сока обычно расщеплены, что создает лучшие условия для искусственной сушки. Однако при механическом удалении травяного сока выделяется 20–25 % сухого вещества, состоящего в основном из легкопереваримых питательных веществ. Поэтому, в травяном жоме содержится меньше питательных веществ, чем в не отжатой траве. Если зеленая масса содержит в сухом веществе 18–20 % протеина, то в травяном жоме данный показатель будет составлять 15–17 %. Содержание клетчатки в сухом веществе травяного жома на 4–5 % больше, чем в траве. Содержание каротина в муке из жома составляет 120–160 мг/кг, поэтому зачастую муку из него получают на сорт ниже, чем из свежескошенной травы [17, 25].

В травяной сок сразу после его получения вводят коагулянт. Выпавшую в осадок пасту используют в рационах свиней и телят – 0,3–1,0 кг на голову в сутки взамен кормов животного происхождения в качестве протеиновой каротиносодержащей добавки. Паста содержит около 20 % сухого вещества, в котором 30–40 % протеина, 250–400 мг/кг каротина, 10–17 % минеральных веществ, 2–5 % клетчатки, 8–12 % жира. Питательность 1 кг сухого вещества пасты составляет 0,9–1,0 корм. ед.

Технологический процесс с использованием механического отжима сока осуществляется следующим образом. Измельченная в поле комбайнами-измельчителями трава выгружается в стационарно установленный КТУ-10. При влажности массы ниже 82 % ее по транспортеру подают в измельчитель (типа «Волгарь-5») для дополнительного измельчения. Затем она поступает в пресс, откуда отжатый травяной жом подают на питающий транспортер сушильного агрегата, а сок перекачивают в хранилище. Из-под пресса жом может выходить комками, поэтому на питающем транспортере устанавливают битер.

Для искусственной сушки предварительно измельченной свежескошенной или провяленной травы в соответствии с техническими характеристиками наиболее рационально использовать сушильные агрегаты пневмобарабанного типа АВМ-0,4А, АВМ-0,65, АВМ-1,5, СБ-1,5 (М804/0-1,5) и АВМ-3,0 (табл. 7).

На этих же агрегатах высушенная трава размалывается в муку с последующей фасовкой в мешки или направляется на приготовление гранул (брикетов) [3, 19, 21, 25].

Таким образом, проведенное исследование позволило сделать ряд выводов:

– проблема использования в комбикормах витаминной травяной муки весьма актуальна, так как при использовании травяной кормовой добавки продуктивность скота и птицы повышается на 10–12 %, улучшаются репродуктивные способности и состояние здоровья животных;

– целесообразно использовать в каждом хозяйстве агрегаты типа АВМ-1,5, чтобы увеличить производство витаминно-травяной муки до 4 млн. т в год. В соответствии с расчетами вводить, в среднем, 5 % травяной добавки в рацион при производстве 80 млн. т комбикормов в год;

– экономически выгодно производить витаминно-травяную муку там, где имеется дешевый природный газ;

– следует отметить возможности снижения удельных затрат топлива путем повышения коэффициента полезного действия сушильных установок с 62 % до 92 % за счет отжима влаги, применения энергии СВЧ, использования теплоты отходящего воздуха и готовых продуктов;

– в нашей стране имеется большой потенциал в области разработки и применения новых технологий в сфере комбикормового производства, пилотные и

Таблица 7 – Техническая характеристика сушильных агрегатов

Table 7 – Technical characteristics of drying units

Показатель	АВМ-0,4А	АВМ-0,65	АВМ-1,5А	СБ-1,5 (М804/0-1,5)	АВМ-3,0
Производительность при влажности зеленой массы 75 %, кг/ч	500	650	1600	1500	300
Средняя испарительная способность, кг/ч воды	1500	1690	4200	4000	8500
Расход дизельного топлива, кг/ч	120	до 160	до 450	323	700
Суммарная мощность электрооборудования, кВт	85,8	101,5	230	233	450
Габаритные размеры, мм длина	10630	20936	25540	21260	46650
ширина	9060	8224	13580	8000	18000
высота	5060	6890	11020	9000	21070
Масса, кг	9900	15240	36950	40000	70000

опытные образцы, обеспечивающие себестоимость каждой тонны витаминно-травяной муки в пределах 2–2,5 тыс. р.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования теоретического и научно-методического уровня, а также разработки и выводы прикладного характера в области совершенствования системы управления инновационным развитием хозяйствующих субъектов комбикормовой промышленности позволят управленческим структурам, научным кадрам и специалистам производственных объединений по-новому (более глубоко и ясно) оценить характер и тенденции развития современного комбикормового производства, проанализировать и обобщить выводы относительно системных проблем, а также более эффективно применить на практике организационно-управленческие решения, направленные на активизацию инновационного потенциала исследуемого отраслевого сегмента АПК и придать ему инновационно-инвестиционный тип сценарного развития.

Критерий авторства

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам предприятий комбикормовой промышленности за предоставленную информацию и участие в качестве независимых экспертов в проведении оценки инновационной деятельности отраслевых предприятий.

Список литературы

1. Абрютина, М. С. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия / М. С. Абрютина. – М. : Дело и Сервис, 2016. – 272 с.

2. Анализ рынка комбикормов в России в 2011-2017 гг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agrovesti.net/kombikorma/analiz_rinka_kombikormov_v_rossii_v_2011-2017_gg.html. – Дата обращения: 25.11.2018.

3. Афанасьев, В. А. Маркетинг в управлении ассортиментом на предприятии / В. А. Афанасьев, И. В. Сорокин // Маркетинг в России и за рубежом. – 2017. – № 4. – С. 24–27.

4. Богомолова, И. П. Интегрированные показатели эффективности инновационных ресурсосберегающих проектов в комбикормовой промышленности / И. П. Богомолова, И. Н. Василенко, Д. В. Шайкин // Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции : «Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук в России» / Воронежский государственный технический университет. – Воронеж, 2017 – С. 94–98.

5. Богомолова, И. П. Основные особенности и принципы управления инновационной деятельностью хозяйствующих субъектов / И. П. Богомолова, И. Н. Василенко, Кигно Николь // Экономика. Инновации. Управление качеством. – 2017. – Т. 19, № 2. – С. 23–25.

6. Бердникова, Т. Б. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия / Т. Б. Бердникова. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 215 с.

7. Бухгалтерский баланс форма №1–5 за 2014–2017 гг. Акционерного общества «Воронежский экспериментальный комбикормовый завод».

8. Василенко, И. Н. Совершенствование управления интеграционно-кооперационными процессами в зерноперерабатывающей сфере АПК в контексте обеспечения сбалансированного развития / И. Н. Василенко, О. М. Омельченко, А. В. Богомолов // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. – 2018. – Т. 15, № 7. – С. 46–56.

9. Василенко, И. Н. Управление ассортиментом продукции комбикормовой промышленности на основе инноваций / И. Н. Василенко // Материалы IV Международной научно-практической конференции : «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса» / Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж, 2018 – С. 13–17.

10. Гапоненко, А. Л. Стратегическое управление / А. Л. Гапоненко, А. П. Панкрухин. – М. : Омега-Л, 2014. – 472 с.

11. Годовой отчет Акционерного общества «Воронежский экспериментальный комбикормовый завод» за 2017 г.

12. Гвоздев, Б. З. Экономика предприятия / Б. З. Гвоздев, А. В. Зверев. – М. : Юркнига, 2016. – 400 с.

13. Горлов, И. Инвестиции и инновации / И. Горлов // Коммуна. – 2018. – № 124. – С. 2–3.

14. Горфинкель, В. Я. Экономика предприятия / В. Я. Горфинкель, В. А. Швандар. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2016. – 718 с.

15. Горфинкель, В. Я. Инновационный менеджмент / В. Я. Горфинкель, Б. Н. Чернышев. – М. : Вузовский учебник, 2018. – 464 с.

16. Цыцарова, Н. М. Инновационный менеджмент / Н. М. Цыцарова. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – 195 с.

17. Аньшин В. М. Инновационный менеджмент: Концепции, многоуровневые стратегии и механизмы инновационного развития / В. М. Аньшин, А. А. Дагаев. – М. : Дело, 2014. – 584 с.

18. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение) / В. А. Крохина, А. П. Калашников, В. И. Фисинин [и др.]. – М. : Агропромиздат, 2016. – 304 с.

19. Лесницкий, В. Р. Производство травяной муки / В. Р. Лесницкий. – Москва. : Агропромиздат, 2017. – 174 с.

20. Медынский, В. Г. Реинжиниринг инновационного предпринимательства / В. Г. Медынский, С. В. Ильдеменов. – М. : ЮНИТИ, 2012. – 413 с.

21. Медынский, В. Г. Новые технологии / В. Г. Медынский // Комбикорма. – 2018. – № 2. – С. 16–18.

22. Обзор рынка комбикормов в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ikar.ru/poultry/research.html. – Дата обращения: 26.11.2018.

23. Производство комбикормов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://agrogold.ru/proizvodstvo_kombikormov. – Дата обращения: 25.11.2018.

24. Сычева, И. Н. Стратегический анализ внешней среды комбикормового производства региона / И. Н. Сычева, Е. С. Пермяков // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2017. – № 5. – С. 222–230.

25. Сыроватка, В. И. Инновационные технологии производства комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка, А. Д. Обухов // Вестник ВНИИМЖ. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 74–77.

26. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gks.ru. – Дата обращения: 24.11.2018.

References

1. Abryutina MS. *Analiz finansovo-ehkonomicheskoy deyatel'nosti predpriyatiya* [Analysis of the financial and economic activity of an enterprise]. Moscow: Delo i Servis; 2016. 272 p. (In Russ.).

2. Analiz rynka kombikormov v Rossii v 2011–2017 gg. [An analysis of the feed market in Russia, 2011–2017]. [Internet]. [cited 2018 Nov 25]. Available from: http://agrovesti.net/kombikorma/analiz_rinka_kombikormov_v_rossii_v_2011-2017_gg.html.

3. Afanas′ev VA, Sorokin IV. Marketing v upravlenii assortimentom na predpriyatii [Assortment management marketing at an enterprise]. Journal of Marketing in Russia and Abroad. 2017;(4):24–27. (In Russ.).

4. Bogomolova IP, Vasilenko IN, Shaikin DV. Integrated indicators of efficiency of innovative resource-saving projects in the fertilizer industry. Sbornik materialov VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: "Problemy sovremennykh ehko-nomicheskikh, pravovykh i estestvennykh nauk v Rossii" [Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference "Problems of modern economic, legal, and natural sciences in Russia"]; 2017; Gannover–Voronezh. Voronezh: VSTU; 2017. p. 94–98. (In Russ.).

5. Bogomolova IP, Vasilenko IN, Kigno N. Osnovnye osobennosti i printsipy upravleniya innovatsionnoy deyatel′nost′yu kho-zyaystvuyushchikh sub″ektov [The main features and principles of innovation management of business entities]. Ehkonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom [Economy. Innovation. Quality Control]. 2017;19(2):23–25. (In Russ.).

6. Berdnikova T.B. Analiz i diagnostika finansovo-khozyaystvennoy deyatel′nosti predpriyatiya [Analysis and diagnosis of the financial and economic activities of an enterprise]. Moscow: INFRA-M; 2015. 215 p. (In Russ.).

7. Bukhgalterskiy balans forma №1–5 za 2014–2017 gg. Aktsionernogo obshchestva "Voronezhskiy ehksperi-mental′nyy kombikormovyy zavod" [Balance sheet form No.1–5 (2014–2017) of the Voronezhsky Experimental Feed Mill Stock company].

8. Omelchenko OM, Vasilenko IN, Bogomolov AV. Improving the management of integration and cooperation processes in the grain processing sector of agriculture in the context of balanced development. FES: Finance. Economy. Strategy. 2018;15(7):46–55. (In Russ.).

9. Vasilenko IN. Upravlenie assortimentom produktsii kombikormovoy promyshlennosti na osnove innovatsiy [Innovative management of the product range in the feed industry]. Materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: "Sistemnyy analiz i modelirovanie protsessov upravleniya kachestvom v innovatsionnom razvitii agropromyshlennogo kompleksa" [Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference: "System Analysis and Modeling of Quality Management Processes in the Innovative Development of the Agro-Industrial Complex"]; 2018; Voronezh. Voronezh: VSTU; 2018. p. 13–17. (In Russ.).

10. Gaponenko AL, Pankrukhin A.P. Strategicheskoe upravlenie [Strategic management]. Moscow: Omega-L; 2014. 472 p. (In Russ.).

11. Godovoy otchet Aktsionernogo obshchestva "Voronezhskiy ehksperimental′nyy kombikormovyy zavod" za 2017 g [Annual report of the Voronezh Experimental Combined Feed Plant Stock Company, 2017].

12. Gvozdev BZ, Zverev A.V. Ehkonomika predpriyatiya [Business economics]. Moscow: Yurkniga; 2016. 400 p. (In Russ.).

13. Gorlov I. Investitsii i innovatsii [Investments and innovations]. Kommuna [Communa]. 2018;(124):2–3. (In Russ.).

14. Gorfinkel′ VYa, Shvandar V.A. Ehkonomika predpriyatiya [Enterprise economics]. Moscow: UNITY-DANA; 2016. 718 p. (In Russ.).

15. Gorfinkel′ VYa, Chernyshev B.N. Innovatsionnyy menedzhment [Innovation management]. Moscow: University textbook; 2018. 464 p. (In Russ.).

16. Tsytsarova NM. Innovatsionnyy menedzhment [Innovative management]. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical University; 2014. 195 p. (In Russ.).

17. An′shin VM, Dagaev AA. Innovatsionnyy menedzhment: Kontseptsii, mnogourovnevye strategii i mekhanizmy innovatsionnogo razvitiya [Innovative management: Concepts, multi-level strategies, and mechanisms for innovative development]. Moscow: Delo; 2014. 584 p. (In Russ.).

18. Krokhina VA, Kalashnikov AP, Fisinin VI, Smekalov NA, Khadanovich IV, Antonov AYa, et al. Kombikorma, kormovye dobavki i ZTSM dlya zhivotnykh (sostav i primenenie) [Feed, additives, and milk substitutes for animals (composition and use)]. Moscow: Agropromizdat; 2016. 304 p. (In Russ.).

19. Lesnitskiy VR. Proizvodstvo travyanoy muki [Grass meal production]. Moscow: Agropromizdat; 2017. 174 p. (In Russ.).

20. Medynskiy VG, Il′demenov SV. Reinzhiniring innovatsionnogo predprinimatel′stva [Reengineering of innovative entrepreneurship]. Moscow: UNITY; 2012. 413 p. (In Russ.).

21. Medynskiy VG. Novye tekhnologii [New technologies]. Kombikorma [Compound Feed]. 2018;(2):16–18. (In Russ.).

22. Obzor rynka kombikormov v Rossii [An overview of the Russian feed market]. [Internet]. [cited 2018 Nov 26]. Available from: https://www.ikar.ru/poultry/research.html.

23. Proizvodstvo kombikormov [Feed production]. [Internet]. [cited 2018 Nov 25]. Available from: https://agrogold.ru/proizvodstvo_kombikormov.

24. Sycheva IN, Permyakova ES, Savintsev DI. Strategic analysis of the environmentfarm production of the region. Economy and business: theory and practice. 2017;(5):222–230. (In Russ.).

25. Syrovatka VI, Obukhov AD. Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva kombikormov v khozyaystvakh [Innovative technologies for the production of animal feed in farms]. Vestnik VNIIMZH [Bulletin of the All-Russian Research, Design and Technological Institute of Livestock Mechanization]. 2017;1(1):74–77. (In Russ.).

26. Federal′naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service]. [Internet]. [cited 2018 Nov 24]. Available from: https://www.gks.ru.

Мизанбекова Салима Каспиевна
д-р экон. наук, профессор кафедры менеджмента и организация агробизнеса, НАО « Казахский национальный аграрный университет», 050010, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Абая, 8, тел.: + 7 (727) 262-19-59, e-mail: Salima–49@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7602-9710

Богомолова Ирина Петровна
д-р экон. наук, заведующая кафедрой управления, организации производства и отраслевой экономики», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19
https://orcid.org/0000-0001-5883-1294

Василенко Ирина Николаевна
канд. экон. наук, доцент кафедры управления, организации производства и отраслевой экономики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

Богомолов Антон Владимирович
канд. экон. наук, преподаватель кафедры управления, организации производства и отраслевой экономики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

Salima K. Mizanbekova
Dr.Sci.(Econ.), Professor of the Department of Management and Organization of Agribusiness, Kazakh National Agrarian University, 8, Abay Ave., Almaty, 050010, Republik of Kazakhstan, phone: + 7 (727) 262-19-59, e-mail: Salima–49@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7602-9710

Irina P. Bogomolova
Dr.Sci.(Econ.), Head of the Department of Management, Organizations Manufacturing and Industrial Economy, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., 394036, Voronezh, Russia
https://orcid.org/0000-0001-5883-1294

Irina N. Vasilenko
Cand.Sci.(Econ.), Assistant of the Department of Management, Organizations Manufacturing and Industrial Economy, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., 394036, Voronezh, Russia

Anton V. Bogomolov
Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor of the Department of Management, Organizations Manufacturing and Industrial Economy, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., 394036, Voronezh, Russia

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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-159-165
УДК 339.138:663.9(571.17)

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Исследование потребительских предпочтений на рынке шоколада г. Кемерово

М. А. Шемчук, Е. Ю. Лобач*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650056, Россия, г. Кемерово, ул. Красная 6

Дата поступления в редакцию: 11.02.2019
Дата принятия в печать: 21.03.2019

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

© М. А. Шемчук, Е. Ю. Лобач, 2019

Аннотация. В настоящее время шоколад и шоколадные изделия остаются достаточно популярными и востребованными у всех групп потребителей. По оценкам экспертов, россиянин в среднем употребляет 4,7 кг шоколада и шоколадной продукции в год. Российский рынок шоколада на 91 % состоит из продукции российского производства. На рынке представлен широкий ассортимент продукции для различных сегментов рынка. Высокий уровень конкуренции среди крупных отечественных производителей стимулирует их систематически изучать предпочтения потребителей и адаптироваться под них. В отличие от центральной части России, в регионах достаточно медленно приживаются новые вкусовые новинки (например, шоколад с солью, перцем и другими специфическими добавками). В данной работе проведены маркетинговые исследования по изучению рынка шоколада г. Кемерово. Объектом исследования являлись предпочтения жителей г. Кемерово относительно выбора шоколада. Метод исследования поставленных целей – анкетирование. Проведенное исследование показало, что основная целевая аудитория потребителей шоколада – это активная часть население в возрасте от 18 до 39 лет, преимущественно женского пола. Наибольшее предпочтение отдается молочному шоколаду в среднем ценовом сегменте. В качестве наиболее предпочтительной упаковки шоколада большинство респондентов выделило полиэтиленовую и бумажную упаковки. Основным местом покупки шоколада является супермаркет. Потребители положительно относятся к новинкам, однако, предпочитают покупать привычные для них, «любимые» виды шоколада. Полученные при опросе данные позволили сформулировать рекомендации для производителей шоколада с учетом требований основной целевой аудитории потребителей, ее вкусовых предпочтений, предпочтений относительно упаковки, места покупки.

Ключевые слова. Шоколад, маркетинговые исследования, предпочтения потребителей

Для цитирования: Шемчук, М. А. Исследование потребительских предпочтений на рынке шоколада г. Кемерово / М. А. Шемчук, Е. Ю. Лобач // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 159–165. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-159-165.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Kemerovo chocolate market: consumer preferences

M.A. Shemchuk, E.Yu. Lobach*

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

Received: February 11, 2019
Accepted: March 21, 2019

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

© M.A. Shemchuk, E.Yu. Lobach, 2019

Abstract. Currently, chocolate and chocolate products remain quite popular among various consumer groups. According to experts, the average Russian consumes 4.7 kg of chocolate and chocolate products per year. The Russian chocolate market is 91% Russian-made. The market offers a wide range of products for various market segments. The high level of competition among the major domestic producers stimulates them to systematically study consumer preferences and adapt to them. In contrast with the central part of Russia, such market novelties as chocolate with salt, pepper, and other specific additives take root quite slowly in the non-metropolitan areas. The present research features the Kemerovo market of chocolate products and the preferences of Kemerovo residents. The main research method was questioning. The study revealed that the main target audience is the economically active female population aged 18–39. The greatest preference is given to milk chocolate in the middle price segment. As for the most preferred chocolate packaging, most respondents singled out plastic and paper packaging. As a rule, chocolate is purchased at a supermarket. Consumers are positive about new products but prefer to buy their favorite types of chocolate. The data obtained allowed the authors to formulate recommendations for chocolate producers taking into account the requirements of the main target audience, their preferences in taste, packaging, and the place of purchase.

Keywords. Chocolate, marketing research, consumer preferences

For citation: Shemchuk MA, Lobach EYu. Kemerovo Chocolate Market: Consumer Preferences. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):159–165. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-159-165.

Введение

Отрасль производства шоколадных кондитерских изделий является традиционной для отечественной и зарубежной экономики, одной из наиболее экономически привлекательных [6, 12, 20].

Как показывают статистические данные, в 2017 году объем производства упакованного шоколада в РФ вырос на 3,9 % и составил 123,5 тыс. тонн [2]. Шоколад и шоколадные изделия остаются достаточно популярными и востребованными у всех групп потребителей. По оценкам экспертов, россиянин в среднем употребляет 4,7 кг шоколада и шоколадной продукции в год. Согласно структуре потребления Сибирский федеральный округ занимает 3 место по потреблению шоколада, а именно 13,2 %. По прогнозам специалистов, на рынке шоколада будет наблюдаться рост потребления на уровне около 3 % ежегодно [14, 15].

Российский рынок шоколада на 91 % состоит из продукции российского производства. На рынке представлен широкий ассортимент продукции для различных сегментов рынка [4].

Нужды потребителей постоянно меняются, а поиск все более совершенных продуктов и услуг сопровождается растущим стремлением к качественной жизни, обогащением индивидуального опыта и проектированием личных эмоциональных миров. Такое смещение акцентов в запросах потребителей следует учитывать в инновационных и маркетинговых стратегиях [11].

Высокий уровень конкуренции среди крупных отечественных производителей стимулирует их систематически изучать предпочтения потребителей и адаптироваться под них. Усиление конкуренции, обусловленное возросшими темпами технического прогресса, появлением передовых управленческих практик и консолидацией индустрии, заставляет компании уделять более пристальное внимание не только росту объемов продаж, но и методам привлечения и удержания клиентов. Позитивный опыт совершения покупок и использование технологий являются ключевыми факторами, определяющими лояльность покупателей к торговым маркам. Однако, сколь бы «продвинутыми» ни были новейшие технологии, их внедрение может оказаться безрезультативным, если оно не подкреплено надлежащим анализом и соответствующими стратегиями, учитывающими опыт клиентов [10].

Развивающиеся маркетинговые отношения в потребительском секторе рынка требуют от его субъектов принципиально иных подходов к переосмыслению возможностей и направлений воздействия на поведение потребителя, выбора эффективно воздействующих маркетинговых коммуникаций и формирования потребительской лояльности к торговым маркам [1].

Внедрение инноваций рассматривается как фундаментальный фактор для компаний, стремящихся повысить конкурентоспособность и добиться успеха на рынке. Однако для того, чтобы компания выиграла от этого, инновации должны быть приняты и приобретены потребителями. В конкурентной среде постоянно происходят изменения: меняются предпочтения потребителей, технологии и условия изготовления продуктов питания, в производстве используются новые виды сырья и ингредиентов [17]. В связи с этим компаниям необходимо постоянно проводить мониторинг внешней среды, а именно предпочтений потребителей на рынке.

В теории потребительского поведения важную роль играет наличие предпочтений [5, 8, 9]. Можно сделать заключение, что разным возрастным группам свойственны разные критерии выбора шоколада. Исходя из личностных факторов потребителя, в силу вступают психологические факторы, а именно: мотивации, убеждения, чувства, установки, намерения и знания. Разный пол, возраст и род занятий рождают различный мотивы и установки. [19]

Проведено маркетинговое исследование потребительских предпочтений в отношении рынка шоколадной продукции г. Кемерово.

Технология исследования:

– Определить цели и задачи исследования;
– Определить выборку и место исследования;
– Разработать анкету;
– Провести исследования;
– Обработать и систематизировать полученные данные;
– Сформулировать выводы в результате исследования.

Цель исследования – провести анализ потребительского поведения и предпочтений шоколадной продукции на рынке г. Кемерово.

Задачами данной работы являются:

– Исследовать потребителей шоколадной продукции г. Кемерово;
– Провести анализ полученной информации о предпочтениях потребителей.

Объекты и методы исследования

В работе проведены маркетинговые исследования по изучению рынка шоколада г. Кемерово. Объектом исследования в данной работе являлись предпочтения жителей г. Кемерово относительно выбора шоколада. Метод исследования поставленных целей – анкетирование. На основе полученных данных разработаны рекомендаций для производителей шоколада.

Результаты и их обсуждение

В 2018 году был проведен опрос 1000 потенциальных потребителей шоколада в некоторых

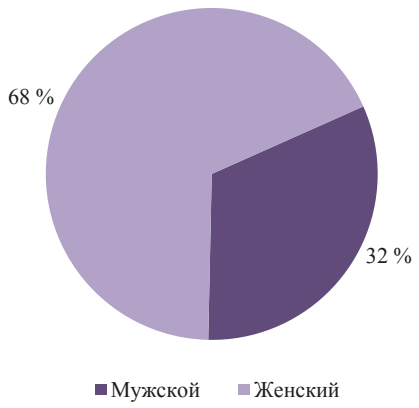


Рисунок 1 – Различие респондентов по половому признаку, % от числа опрошенных

Figure 1 – Gender distribution, % of the number of the respondents

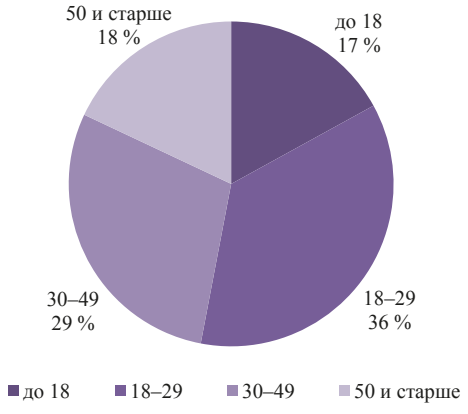


Рисунок 2 – Распределение по возрастным группам респондентов

Figure 2 – Age distribution

районах г. Кемерово, а именно в Ленинском, Центральном и Южном. Использовалась случайная репрезентативная выборка. Кемеровчанам было предложено ответить на ряд вопросов, касающихся их предпочтений при выборе шоколада. Результаты исследования приведены в таблицах и представлены на рисунках.

Из рисунка 1 видно, что из 1000 респондентов 68 % являются лицами женского пола, 32 % – мужского пола. Можно сделать выводы, что потребителями в наибольшей степени являются женщины.

Наибольшая часть опрошенных относиться к возрастной группе 18–29 лет, а именно 36 %; на втором месте возрастная группа 30–49 лет – 29 %, возраст до 18 и старше 50 лет – 17 и 18 % соответственно.

Исследование респондентов позволило выявить наиболее значимые критерии при выборе шоколада, представленные на рисунке 3. Вкус и упаковка являются достаточно весомыми критериями при выборе шоколада для респондентов возрастных категорий 18–29 лет и 30–49 лет. Вкусовые качества шоколада и его аромат зависят от того, из какого сорта какао он произведен. Также на вкус влияют добавки. Для кемеровчан в возрасте до 18 лет наиболее значимым критерием является цена шоколада. В большей степени производитель важен людям старше 50 лет.

Как показали исследования, вкусовые предпочтения мужской и женской аудитории различны (рис. 4, 5).

Из рисунка 4 следует, что 73 % женщин предпочитают молочный шоколад, 11 % – горький и белый, 5 % – темный.

Из диаграммы 5 следует, что 49 % мужчин предпочитают молочный шоколад, 29 % – темный, 19 % – горький, 3 % мужчин выбрали белый шоколад.

Таким образом, самым популярным является молочный шоколад, так как это наиболее распространенный вид шоколадной продукции, которая пользуется спросом любого пола и возраста. На втором месте горький и темный, так как считается, что это самый полезный шоколад. Именно он является антиоксидантом, продлевающим молодость, а также увеличивает выработку серотонина, улучшающего настроение.

Ответы респондентов на вопрос: «где вы наиболее часто покупаете шоколад» распределились следующим образом (рис. 6): в супермаркетах шоколад покупают 82 % респондентов, в специализированных отделах – 7 % респондентов, другие места – 11 % респондентов.

Рисунок 3 – Наиболее значимые критерии выбора шоколада

Figure 3 – The main criteria of chocolate choice

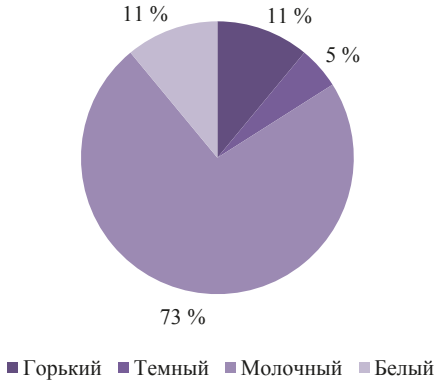


Рисунок 4 – Вкусовые предпочтения женщин, % от числа опрошенных

Figure 4 – Women's taste preferences, % of the respondents

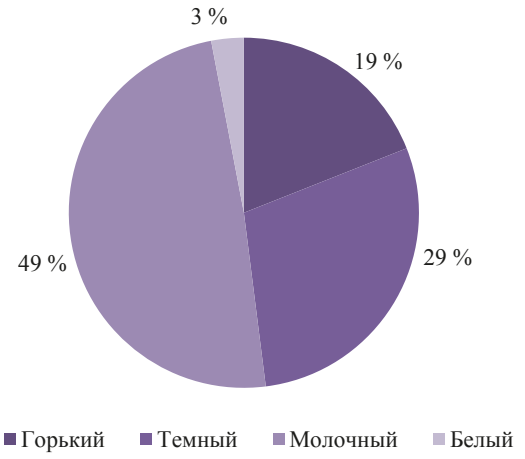


Рисунок 5 – Вкусовые предпочтения мужчин, % от числа опрошенных

Figure 5 – Taste preferences of men, % of the number of the respondents

Рисунок 6 – Место покупки шоколада, % от числа опрошенных

Figure 6 – Place of purchase, % of the number of the respondents

Большинство потребителей предпочитают покупать шоколадную продукцию в супермаркетах, так как этот вид магазинов наиболее популярен и распространен в г. Кемерово. В супермаркетах представлен широкий ассортимент плиточного шоколада различного ценового сегмента. Специализированных отделов шоколадной продукции в магазинах г. Кемерово значительно меньше, чем супермаркетов, и их популярность среди кемеровчан значительно ниже. Можно предположить, что это настоящие любители шоколада. На продуктовых рынках, в ларьках и других предприятиях торговли приобретают шоколад 11 % респондентов. Мотивом для них служит удобное расположение и отсутствие очередей.

Принятие решений о покупке определенного вида кондитерских товаров во многом обусловлено торговой маркой. Торговая марка обеспечивает позиционирование однородных по рецептуре изделий, выделение товаров конкретного изготовителя. Более широкое понятие «бренд» охватывает не только собственно торговую марку (логотип фирмы или товара), но и сам товар со всеми характеристиками, воспринимаемыми потребителями [13].

Предпочтения к торговой марке шоколада представлены в таблице 1. При распределении ответов у респондентов была возможность отметить несколько торговых марок.

Среди опрошенных в возрасте до 18 лет наибольшим спросом пользуются торговые марки «AlpenGold», «Milka» «Nestle» и не пользуются спросом торговые марки «Коркунов», «Аленка» и «Бабаевский». В этой возрастной категории наиболее широко распространены и пользуются спросом те торговые марки, которые регулярно разрабатывают новинки и рекламируют свой товар.

В возрастной категории 18–29 лет наиболее покупаемые торговые марки – «AlpenGold» и «Dove». Среди опрошенных меньше всего покупают такие марки, как «Аленка», «Коркунов», «Россия – щедрая душа».

Респонденты в возрасте 30–49 лет являются приверженцами следующих торговых марок: «Россия – щедрая душа», «Аленка», «Бабаевский» и «Коркунов». Не пользуются спросом торговые марки – «Яшкино», «RitterSport» и «Nestle». В данной категории большинство людей покупают шоколад по своим устоявшимся предпочтениям.

Поколение 50 лет и старше чаще всего приобретают шоколад «Яшкино», «Россия – щедрая душа», «Аленка», а также предпочитают покупать «Бабаевский». Данная возрастная категория не покупает такие марки, как «Dove», «RitterSport» и «Nestle». В силу российского менталитета люди старшего возраста склонны экономить, поэтому в данной группе преобладает шоколад низкого и среднего ценового сегмента, а также доверяют тем производителям, которые устоялись на рынке.

Опрашивая респондентов, выяснилось, что 67 % приобретают шоколадную продукцию в ценовом диапазоне 51–100 руб., 20 % покупают шоколад за 101–150 руб., 10 % кемеровчан приобретают шо-

Таблица 1 – Предпочтение марки шоколада в 2018 году, чел

Table 1 – Chocolate brand preference in 2018, number of people

Возраст шоколад	До 18 лет	18–29 лет	30–49 лет	50 и старше
«Яшкино»	20	12	14	69
«Dove»	10	70	30	0
«AlpenGold»	50	180	20	30
«RitterSport»	20	30	12	0
«Россия – щедрая душа»	4	3	47	30
«Milka»	40	15	28	4
«Nestle»	25	29	7	0
«Аленка»	0	2	48	28
«Бабаевский»	0	10	49	17
«Коркунов»	1	9	35	2
Итого	170	360	290	180

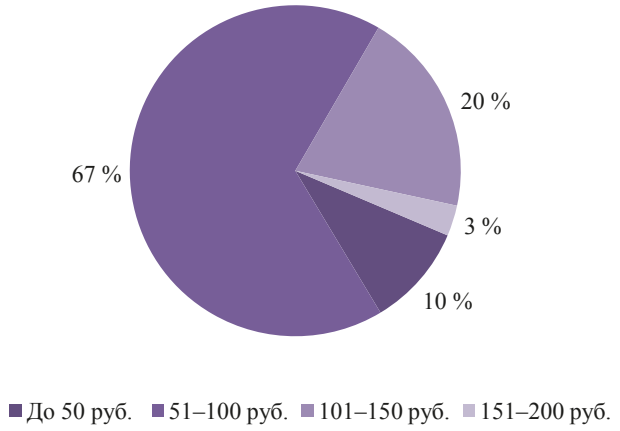


Рисунок 7 – Цена, по которой респонденты покупают шоколад, % от числа опрошенных

Figure 7 – The preferable price, % of the number of the respondents

Рисунок 9 – Упаковка, наиболее популярная у респондентов, % от числа опрошенных

Figure 9 – Preferable packaging, % of the number of the respondents

колад до 50 руб. и лишь 3 % респондента покупают шоколад за 151–200 руб (рис. 7).

В отличие от центральной части России, в регионах достаточно медленно приживаются новые вкусовые новинки (например, шоколад с солью, перцем и другими специфическими добавками). Ответы в отношении респондентов к новинкам распределились следующим образом (рис. 8).

Значительное число респондентов (73 %) не обращают внимания на новинки и предпочитают покупать шоколад одних и тех же производителей, опираясь на устоявшиеся вкусовые предпочтения. Остальная часть опрошенных (27 %) обращают внимание на новинки и отдают свое предпочтение производителям, которые постоянно отслеживают тенденции рынка и выпускают новые виды шоколада.

Из рисунка 9 можно сделать вывод, что наибольшее число респондентов (45 %) выбирают полиэтиленовую упаковку; 32 % человек предпочитают бумажную упаковку; для 12 % респондентов упаковка не имеет значения. Наименьшим спросом (11 % чел.) пользуется картонная упаковка. Исходя из этого, можно сделать вывод, что производитель должен акцентировать свое внимание на материал, из которого изготовлена упаковка.

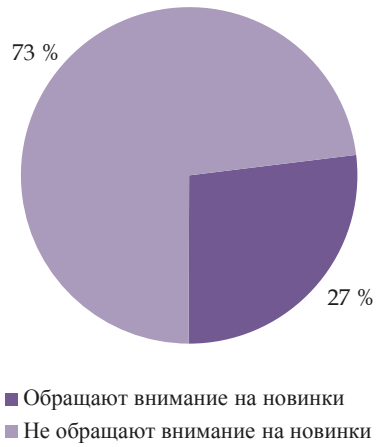


Рисунок 8 – Отношение респондентов к новинкам, % от числа опрошенных

Figure 8 – Attitude to new products, % of the number of the respondents

Выводы

На основе проведенного исследования можно сделать следующее заключение. Основными потребителями шоколада является женская аудитория. В связи с этим при производстве и продвижении продукции необходимо обращать внимание именно на предпочтения женского пола. Основными потребителями шоколада являются люди в возрасте 18–29 лет и 30–49 лет. Это часть населения, ведущая, как правило, активный образ жизни, готовая к экспериментам и принимающая новинки.

Наибольшей популярностью у респондентов пользуется молочный шоколад, а наиболее предпочитаемое место покупки – супермаркет. В связи с этим, размещая продукцию в данных торговых точках, у производителя в разы повысится объём продаж.

Приемлемая цена плитки шоколада для кемеровчан лежит в диапазоне от 51 до 100 рублей. Для производителя данная цена является средней. При производстве шоколада с новыми добавками необходимо выводить его на рынок именно в этом ценовом диапазоне.

Наиболее популярной является полиэтиленовая упаковка шоколада. Данная упаковка пользуется популярностью у 45 % потребителей из-за своих практичных свойств. В связи с этим производитель должен ориентироваться в первую очередь на упаковку данного вида при производстве шоколада. Бумажная упаковка стоит на втором месте по популярности у респондентов. В настоящее время становится популярной упаковка из «крафтовой бумаги». Одним из способов подчеркнуть натуральность и высокое качество шоколадной продукции является ее упаковка в такую бумагу.

Согласно исследованиям большинство респондентов предпочитают традиционные, привычные виды шоколада и не склонны покупать новинки. Оценить качество и вкус нового продукта, не осуществляя его покупки, можно с помощью дегустации. Дегустационный экземпляр шоколада с новым вкусом может быть прикреплен к упаковке традиционного, наиболее популярного шоколада. Это позволит расширить аудиторию покупателей новых видов шоколада.

В настоящее время одним из трендов является коммуникация с целевой аудиторией на упаковке. Каждый производитель обыгрывает ее по-своему (например, имена на своих продуктах, смешные истории или зарисовки из жизни) [3, 7]. При этом привычные мероприятия по стимулированию продаж теряют свою эффективность. Дороговизна отдельных традиционных средств, продвижение, навязчивость, потеря доверия к ним повысили интерес компаний к использованию креативных инструментов и средств маркетинговых коммуникаций [18].

В связи с этим одним из актуальных способов «общения» с потребителями является использование инструментов мобильного маркетинга. Например, размещение QR-кода на упаковке шоколада позволит привлечь внимание целевой аудитории к новым продуктам.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Алиева, З. М. Концепция формирования потребительского поведения под влиянием маркетинга отношений в розничной торговле / З. М. Алиева // Terra Economicus. – 2013. – Т. 11, № 4–2. – С. 92–99.

2. Анализ российского рынка шоколада и шоколадных изделий: итоги 2017 г., прогноз до 2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://marketing.rbc.ru/articles/10524/. – Дата обращения: 10.01.2019.

3. Гукасян, Н. Ю. Рестайлинг шоколада класса премиум / Н. Ю. Гукасян // Бренд-менеджмент. – 2013. – № 4. – С. 248–256.

4. Гусейнова, А. И. Обзор рынка шоколада: тенденции и проблемы / А. И. Гусейнова, С. М. Качалова // Центральный научный вестник. – 2018. – Т. 3, № 9 (50). – С. 89–90.

5. Горбунова, М. Ю. Управление поведением потребителя в контексте эмоционально-коммуникативного сервиса / М. Ю. Горбунова, О. Ю. Понукалина // Социологические исследования. – 2012. – Т. 336, № 4. – С. 78–88.

6. Кузьменко, С. С. Повышение эффективности функционирования международных компаний на мировом кондитерском рынке / С. С. Кузьменко // Стратегия предприятия в контексте повышения его конкурентоспособности. – 2016. – Т. 2, № 5 (5). – С. 132–136.

7. Ляшко, К. Дизайн упаковки шоколада: обзор лидеров и новые тенденции / К. Ляшко // Koloro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://koloro.ru/blog/dizain/dizajn-upakovki-shokolada-obzor-liderov-i-novye-tendencii.html. – Дата обращения: 10.01.2019.

8. Маевский, В. О рациональном поведении реального потребителя / В. Маевский, Д. Чернавский // Вопросы экономики. – 2007. – № 3. – С. 71–85.

9. Малышев, А. А. Влияние эмоциональных стимулов на поведение потребителей / А. А. Малышев, А. А. Ткаченко // Маркетинг и маркетинговые исследования. – 2012. – № 2. – С. 120–138.

10. Родригез, М. Навстречу будущему потребительскому опыту: тренды и инновации в розничной торговле / М. Родригез, Ф. Паредес, Г. Йи // Форсайт. – 2016. – Т. 10, № 3. – С. 18–28.

11. Руфф, Ф. Кризис роста и погоня за улучшениями: вызовы для инноваций и маркетинга / Ф. Руфф // Форсайт. – 2007. – Т. 1, № 2. – С. 22–26.

12. Рыжакова, А. В. Мировой рынок кондитерских изделий / А. В. Рыжакова, О. А. Бабина // Международная торговля и торговая политика. – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 59–74.

13. Табаторович, А. Н. Товарные знаки кондитерских изделий как фактор обеспечения их конкурентоспособности / А. Н. Табаторович, О. Д. Худякова // Сибирский торгово-экономический журнал. – 2016. – Т. 24, № 3. – С. 67–71.

14. Тимановский, Е. А. Исследование российского рынка на предмет спроса и потребления шоколадных изделий / Е. А. Тимановский // Colloquium-journal. – 2018. – Т. 22, № 11–7. – С. 45–47.

15. Тоболин А. Обзор рынка кондитерских изделий России: изменения и тенденции / А. Тоболин // Koloro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://koloro.ru/blog/brending-i-marketing/obzor-rynka-konditerskikh-izdeliy-rossii-izmeneniya-i-tendentsii.html. – Дата обращения: 10.01.2019.

16. Удалова, И. Б. Современные маркетинговые исследования: понятие, основные классификации, традиционные маркетинговые исследования и онлайн-исследования / И. Б. Удалова, К. В. Кириллова // Экономика и предпринимательство. – 2015. – Т. 61, № 8–1. – С. 942–944.

17. Шадрин, В. Г. Маркетинговые аспекты инноваций пищевых продуктов / В. Г. Шадрин, А. А. Муратов // Сборник трудов Международного симпозиума : Инновации в пищевой биотехнологии / Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2018. – С. 518–524.

18. Шемчук, М. А. Мобильный маркетинг в сфере образования / М. А. Шемчук, В. Г. Шадрин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – Т. 46, № 4–1. – С. 158–160.

19. Culture, Time Orientation, and Exploratory Buying Behavior / P. Legoherel, B. Dauce, C. H. Hsu [et al.] // Journal of International Consumer Marketing, – 2009, – Vol. 21, №. 2 – P. 93–107. DOI: https://doi.org/10.1080/08961530802153029.

20. Squicciarini, M. P. The Economics of Chocolate / M. P. Squicciarini, J. Swinnen. – Oxford : Oxford University Press, 2016. 496 p.

References

1. Aliyeva ZM. The concept of consumer behavior formation influenced by relationship marketing in retail. Terra Economicusю 2013;11(4–2):92–99. (In Russ.).

2. Analiz rossiyskogo rynka shokolada i shokoladnykh izdeliy: itogi 2017 g., prognoz do 2020 g [Analysis of the Russian market of chocolate and chocolate products: results of 2017, forecast up to 2020]. [Internet]. [cited 2019 Jan 10]. Available from: https://marketing.rbc.ru/articles/10524/.

3. Gukasyan NYu. Restayling shokolada klassa premium [Restyling of premium class chocolate]. Brend-menedzhment [Brand Management]. 2013;(4)248–256. (In Russ.).

4. Guseinova AI, Kachalova SM. Chocolate market overview: trends and problems. Central science bulletin. 2018;3(9)(50):89–90. (In Russ.).

5. Gorbunova MYu, Ponukalina OV. Steering consumers behavior in the context of emotional communicative services. Sociological Studies. 2012;336(4):78–88. (In Russ.).

6. Kuz′menko SS. Povyshenie ehffektivnosti funktsionirovaniya mezhdunarodnykh kompaniy na mirovom konditerskom rynke [Improving the efficiency of international companies on the global confectionery market]. Strategiya predpriyatiya v kontekste povysheniya ego konkurentosposobnosti [Enterprise strategy in the context of competitive recovery]. 2016;2(5)(5):132–136. (In Russ.).

7. Lyashko K. Dizayn upakovki shokolada: obzor liderov i novye tendentsii [Chocolate packaging design: an overview of the leaders and new trends]. Koloro. [cited 2019 Jan 10]. Available from: https://koloro.ru/blog/dizain/dizajn-upakovki-shokolada-obzor-liderov-i-novye-tendencii.html.

8. Maevskiy V, Chernavskiy D. O ratsional′nom povedenii real′nogo potrebitelya [On the rational behavior of the real consumer]. Voprosy Ekonomiki. 200;(3):71–85. (In Russ.).

9. Malyshev AA, Tkachenko A.A. Vliyanie ehmotsional′nykh stimulov na povedenie potrebiteley [The effect of emotional stimuli on consumer behavior]. Marketing i marketingovye issledovaniya [Marketing and marketing research]. 2012;(2):120–138. (In Russ.).

10. Rodrigez M, Paredes F, Yi G. Navstrechu budushchemu potrebitel′skomu opytu: trendy i innovatsii v roznichnoy torgovle [Future consumer experience: trends and innovations in retail]. Foresight. 2016;10(3):18–28. (In Russ.).

11. Ruff F. Krizis rosta i pogonya za uluchsheniyami: vyzovy dlya innovatsiy i marketinga [Growth crisis and the pursuit of improvements: challenges for innovation and marketing]. Foresight. 2007;1(2):22–26. (In Russ.).

12. Ryzhakova AV, Babina OA. The global confectionery market. International trade and trade policy. 2017;12(4):59–74. (In Russ.).

13. Tabatorovich AN, Khudyakova OD. Tovarnye znaki konditerskikh izdeliy kak faktor obespecheniya ikh konkurentosposobnosti [Trademarks of confectionery as a competitiveness factor]. *Si*birskiy torgovo-ehkonomicheskiy zhurnal [Siberian Trade and Economic Journal]. 2016;24(3):67–71. (In Russ.).

14. Timanovskiy EA. Study of the Russian market for demand and consumption of chocolate products. Colloquium-journal. 2018;22(11–7):45–47. (In Russ.).

15. Tobolin A. Obzor rynka konditerskikh izdeliy Rossii: izmeneniya i tendentsii [Russian confectionery market overview: changes and trends]. Koloro. [cited 2019 Jan 10]. Available from: https://koloro.ru/blog/brending-i-marketing/obzor-rynka-konditerskikh-izdeliy-rossii-izmeneniya-i-tendentsii.html.

16. Udalova IB, Kirillova KV. Modern marketing research: concepts, basic classification, traditional marketing research and online research. Journal of Economy and entrepreneurship. 2015;61(8–1):942–944. (In Russ.).

17. Shadrin VG, Muratov AA. Marketingovye aspekty innovatsiy pishchevykh produktov [Marketing aspects of food innovation]. Sbornik trudov Mezhdunarodnogo simpoziuma: Innovatsii v pishchevoy biotekhnologii [Proceedings of the International Symposium: Innovations in food biotechnology]; 2018; Kemerovo. Kemerovo: KemSU; 2018. p. 518–524. (In Russ.).

18. Shemchuk MA, Shadrin VG. Mobile marketing in education. International Research Journal. 2016;46(4–1):158–160. (In Russ.).

19. Legoherel P, Dauce B, Hsu CH, Ranchhold A. Culture, Time Orientation, and Exploratory Buying Behavior. Journal of International Consumer Marketing. 2009;21(2):93–107. DOI: https://doi.org/10.1080/08961530802153029.

20. Squicciarini MP, Swinnen J. The Economics of Chocolate. Oxford: Oxford University Press; 2016. 496 p.

Шемчук Мария Алексеевна
канд. эконом. наук, доцент кафедры маркетинга и бизнес-коммуникации, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел. +7 (960) 905-77-67, e-mail: schemchuk-masha@mail.ru

Maria A. Shemchuk
Cand.Sci.(Economy), Associate Professor of the Department of Marketing and Business Communications, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (960) 905-77-67, e-mail: schemchukmasha@mail.ru

Лобач Евгения Юрьевна
канд. техн. наук, доцент кафедры маркетинга и бизнес-коммуникации, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел. +7 (904) 575-64-97, e-mail: Lobach_evgenia@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3708-7886

Evgenia Yu. Lobach
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Marketing and Business Communications, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (904) 575-64-97, e-mail: Lobach_evgenia@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3708-7886

ПОРЯДОК РАССМОТРЕНИЯ И РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ

В научно-техническом журнале «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)» публикуются обзорные и научные 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.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)», рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность представленного текста в системе «Антиплагиат» (оригинальность рукописи опубликованной в Журнале должна составлять не менее 85%), регистрируется.

Редакция подтверждает автору получение рукописи в течение 10 дней после ее поступления.

В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами.

Редакция организует «двухстороннее слепое» (анонимное) рецензирование представленных рукописей с целью их экспертной оценки. 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 (Food Processing: Techniques and Technology)», 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. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи.

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.

Срок рассмотрения статьи не должен превышать трех месяцев со дня получения статьи на рецензирование.

Оригиналы рецензий хранятся в издательстве и в редакции издания в течение пяти лет со дня публикации статей.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии. Автору не принятой к публикации статьи ответственный за выпуск направляет мотивированный отказ. Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлегией в целом.

Редакция журнала направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса.

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 обратно автору.

Рукописи печатаются, как правило, в порядке очередности их поступления в редакцию. В исключительных случаях, редакционная коллегия имеет право изменить очередность публикации статей.

В случае, если редакционная коллегия не разделяет полностью взглядов автора публикуемой рукописи, она вправе сделать об этом подстрочное примечание. Рукописи, печатаемые в порядке обсуждения, могут снабжаться соответствующим подстрочным примечанием.

Редакция вправе публиковать письма читателей, содержащие оценку опубликованных рукописей.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Журнал «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи должен быть 5–7 страниц (не включая аннотации и списки литературы на русском и английском языках). Объем обзорной рукописи не ограничен.

Оформление текста (форматирование): поля по 20 мм, одинарный интервал без переносов, лишних пробелов и абзацных интервалов, шрифт

Times New Roman, 10 кегль. 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 кеглем, математические – 10. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Графики, диаграммы и т.п. (желательно цветные), созданные средствами MicrosoftOffice, Corel Draw, должны допускать возможность редактирования и направляются в редакцию отдельными файлами в форматах tiff, jpeg, cdr, excel.

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.

Структура статьи:

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу. Указать тип рукописи (научная статья, обзорная статья, краткое сообщение, заметка или письмо).

2. Название статьи (на русском и английском языках). Не более 10 слов, должно быть информативным и отражать основной результат исследований. В названии статьи не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.

3. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую (на русском и английском языках). Транслитерация фамилий производится в соответствии с учётными записями в Scopus и Web of Science. Фамилия автора, с которым следует вести переписку, обозначается звездочкой (*).

4. Официальное полное название учреждения (место работы каждого автора), город, почтовый адрес и индекс. Представляется на русском и английском языках и должны совпадать с названием в Уставе организации. Если научных организаций две и более, необходимо цифровыми надстрочными индексами связать название организации и фамилии авторов, в ней работающих.

5. E-mail автора, с которым следует вести переписку.

6. Аннотация (на русском и английском языках). Объем от 200 до 250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами. Аннотация должна быть 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 статьи; 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...", "в настоящее время…"). 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.

7. Ключевые слова (на русском и английском языках) должны способствовать индексированию статьи в поисковых системах (не более 9).

8. Текст статьи.

Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

«Введение» **–** часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследований. 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 исследований;

«Объекты и методы исследований»:

• 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.

«Выводы» (Заключение). Изложение в тезисной форме основных результатов исследования. В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

9. Конфликт интересов. Следует указать на реальный или потенциальный конфликт интересов. Если конфликта интересов нет, то следует написать, что «автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

10. Благодарности. В этом разделе следует выразить благодарность людям, которые помогали при работе над статьей.

11. Финансирование. Авторы должны указать, как финансировалось исследование и публикация этой статьи. Если исследование выполнено при поддержке гранта, необходимо указать номер и название. Если исследование не получило финансирования, но было выполнено как часть работы авторов, назовите – работодателя.

Раздел Финансирование является факультативным — если нет финансовой поддержки проведенного исследования, по которому написана статья, то в статью этот раздел не включается. Раздел Благодарности также является факультативным, т.е. необязательным.

12. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая 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.

Самоцитирование, как и цитирование других авторов, должно быть обоснованным и соответствовать тематике и задачам научной работы. В соответствии с этикой научных публикаций степень самоцитирования не должна превышать 10 процентов. Не менее 50 процентов источников из списка литературы должны быть опубликованы за последние пять лет, в том числе в журналах, индексируемых в базах данных Scopus, Web of Science и др.

13. 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 и оформляются в ванкуверском стиле (см. Рекомендации по подготовке списка литературы в латинице).

14. 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, ORCID ID (идентификатор ученого формируется автоматически и бесплатно при регистрации в системе https://orcid.org/). Звездочкой указывается автор, с которым вести переписку.

В случае несоответствия оформления рукописи предъявляемым требованиям статья не принимается к рассмотрению.

В редакцию предоставляются:

1. электронная версия статьи в программе MSWord. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – *ПетровГП.doc*. Не допускается в одном файле помещать несколько документов;
2. сканированная электронная версия статьи, подписанная всеми авторами, в программе PDF. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – *ПетровГП.pdf*. Не допускается в одном файле помещать несколько документов;
3. гарантийное письмо (скан-копия) 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.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 663.11

Подбор параметров стабилизации (замораживание и сушка) симбиотического консорциума с целью получения закваски прямого внесения

В. Ю. Крумликов[1,*], Л. А. Остроумов[1], О. А. Иванов[2], О. В. Кригер[1]

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

[2] ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

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

Аннотация. Важной составляющей производства заквасок …(продолжение аннотации, объем от 200 до 250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами).

Ключевые слова. Сублимационная сушка, ….(ключевые слова – не более 9)

Choice of stabilization parameters (freezing and drying) of symbiotic consortium to obtain a starter of direct inoculation

V.Yu. Krumlikov[1,*], L.A. Ostroumov[1], O.A. Ivanov[2], O.V. Kriger[1]

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

[2]Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650043, Russia

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

Abstract. An important component in the production of starters ……...

Keywords. Freeze drying, lyophilisation, …….

Введение

Важной задачей при производстве бактериальных препаратов……..

…….

…….

Целью работы является ……..

Объекты и методы исследования

Для подготовки объекта сушки …….

……

……

……

Результаты и их обсуждение

Микроорганизмы, подвергаемые консервации методом сублимационной сушки……..

……

……..

$$\cdots\cdots\cdots\cdots h = h_0 \cdot \left(1 - \frac{l \cdot tg\theta}{2 \cdot h_0}\right), \qquad (1)$$

где l – ширина лопасти ротора.

……

Рисунок 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

Выводы

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.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутсвии конфликта интересов.

Список литературы

1. Харитонова, И. Изучение качественных характеристик концентратов лактобактерий в процессе криозамораживания и сублимационной сушки / И. Харитонова, А. Ю. Просеков, М. И. Шрамко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – № 2(47). – С. 87–90.

2. Бабич, О. О. Оптимизация лиофилизации L-фенилаланин-аммоний-лиазы / О. О. Бабич, А. Ю. Просеков // Биомедицинская химия. – 2013. – Т. 59. – № 6. – С. 682–692.

3. Мотовилов, О. К. Научное обоснование технологий пищевой продукции с использованием гидромеханического диспергирования и оценка ее качества: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.18.15 / Мотовилов Олег Константинович. – Кемерово, 2012. – 39 с.

4. Широков, Е. П. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. Ч. 1: Картофель. Плоды, овощи / Е. П. Широков, В. И. Полегаев. – М. : Колос, 1999. – 254 с.

5. ГОСТ 32951-2014. Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2015. – 20 с.

6. Ivanets V. N. Intensification of bulk materialmixing in new designs of drum, vibratory andcentrifugal mixers / V.N. Ivanets, D. M. Borodulin, A. B. Shushpannikov, D. V. Sukhorukov // Foods and Raw Materials. – 2015, Vol.3, № 1. – P. 62–69. DOI: https://doi.org/10.12737/11239.

7. Antioxidant Properties and Rutin Content of High Pressure-Treated Raw and Roasted Buckwheat Groats / W. Błaszczak, D. Zielińska, H. Zieliński [et al.] // Food Bioprocess Technology. – 2013. – № 6. – P. 92–100. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-011-0669-5.

References

1. Kharitonova I, Prosekov AYu, Shramko MI. Investigation into quality features in lactobacilli concentrate through cryo-freezing and sublimation dryin. Newsleter of North-Caucasus State Technical University. 2015;47(2):87–90. (In Russ.).

2. Babich OO, Prosekov AYu. Optimization of l-phenylalanine-ammonia-lyase liophilization. Biomeditsinskaya Khimiya. 2013;59(6):682–692. (In Russ.).

3. Motovilov OK. Nauchnoe obosnovanie tekhnologiy pishchevoy produktsii s ispol'zovaniem gidromekha-nicheskogo dispergirovaniya i otsenka ee kachestva. [Scientific justification of food technologies with hydromechanical dispergating and assessment of its quality]. Dr. eng. sci. diss. Kemerovo: Kemerovo State University; 2012. 39 p.

4. Shirokov EP, Polegaev VI. Khranenie i pererabotka produktsii rastenievodstva s osnovami standartizatsii i sertifikatsii. Chast' 1. Kartofel'. Plody, ovoshchi [Storage and processing of crop production with basics of standardization and certification. Part 1. Potatoes. Fruits, vegetables]. Moscow: Kolos; 1999. 254 p. (In Russ.).

5. State Standard 32951-2014. Semi-prepared meat and meat-contained product. General specifications. Moscow: Standartinform; 2015. 20 p.

6. Ivanets VN, Borodulin DM, Shushpannikov AB, Sukhorukov DV. Intensification of bulk materialmixing in new designs of drum, vibratory andcentrifugal mixers. Foods and Raw Materials. 2015;3(1):62–69. DOI: https://doi.org/10.12737/11239.

7. Błaszczak W, Zielińska D, Zieliński H, Szawara-Nowak D, Fornal J. Antioxidant properties and rutin content of high pressure-treated raw and roasted buckwheat groats. Food Bioprocess Technology. 2013;6(1):92–100. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-011-0669-5.

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

Остроумов Лев Александрович
д-р техн. наук, профессор, профессор-консультант Научно-образовательного центра, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

Иванов Олег Алексеевич
младший научный сотрудник лаборатории микробиологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Кригер Ольга Владимировна
канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-74, e-mail: olgakriger58@mail.ru

Vladislav Yu. Krumlikov
Postgraduate Student of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: v_krumlikov@mail.ru

Lev A. Ostroumov
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor and Consultant of the Center of Research and Education, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

Oleg A. Ivanov
Junior Researcher of the Laboratory of Microbiology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650043, Russia

Olga V. Kriger
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-74, e-mail: olgakriger58@mail.ru

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ (FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY) № 1 (49), 2019

Ответственный за выпуск *А. А. Кирякова*

Литературный редактор *А. Ю. Курникова*

Литературный редактор (англ. язык) *Н. В. Рабкина*

Компьютерная верстка и оформление обложки *М. В. Горбунова*

Учредитель:
Кемеровский государственный университет

Адрес учредителя:
650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Красная, 6
Кемеровский государственный университет

Дата выхода в свет Формат $60\times84^{1/8}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать офсетная. Усл. п. л. 19,86. Уч.-изд. л. 38,43.
Тираж 500 экз. Заказ № . Цена свободная.

Адрес редакции:
650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Красная, 6

Адрес типографии:
650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, пр. Советский, 73