

ISSN 2414-9845 (Online)
ISSN 2410-0242 (Print)



**ИННОВАЦИОННАЯ
ТЕХНИКА И
ТЕХНОЛОГИЯ**

INNOVATIVE MACHINERY & TECHNOLOGY

Том 9

№ 2

2022

Научно-теоретический и практический журнал

ISSN 2414-9845 (Online)
ISSN 2410-0242 (Print)

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 9, № 2, 2022

Научно-теоретический и практический журнал
Издается с 2014 года

Главный редактор

Д. И. Фролов, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Зам. главного редактора

А. А. Курочкин, д-р техн. наук, профессор
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Редакционная коллегия:

- А. М. Зимняков**, канд. хим. наук, доцент
Пензенский государственный университет,
Пенза, Россия;
- В. М. Зимняков**, д-р экон. наук, профессор
Пензенский государственный аграрный
университет, Пенза, Россия;
- А. И. Купреенко**, д-р техн. наук, профессор
Брянский государственный аграрный университет,
Брянск, Россия;
- В. И. Курдюмов**, д-р техн. наук, профессор
Ульяновская государственная сельскохозяйственная
академия имени П. А. Столыпина, Ульяновск, Россия;
- О. Н. Кухарев**, д-р техн. наук, профессор
Пензенский государственный аграрный
университет, Пенза, Россия;
- В. А. Милюткин**, д-р техн. наук, профессор
Самарский государственный аграрный
университет, Кинель, Россия;
- В. Ф. Некрашевич**, д-р техн. наук, профессор
Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия;
- А. Н. Омаров**, канд. техн. наук, доктор философии
Западно-Казахстанский инновационно-
технологический университет, Уральск, Казахстан;
- С. В. Чекайкин**, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия;
- Г. В. Шабурова**, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Адрес редакции:

Фролов Дмитрий Иванович
г. Пенза, ул. Антонова, д.26 к.209
E-mail: surr@itit58.ru, surr@bk.ru
Сайт: <https://itit58.ru>
Издается 4 раза в год

Журнал «Инновационная техника и технология» включен в
систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ):
<http://www.elibrary.ru>

Входит в международную информационную
систему по сельскому хозяйству AGRIS.

© Фролов Д. И., 2022

INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

Volume 9, Issue 2, 2022

Scientific theoretical and practical journal
Issued since 2014

Editor-in-Chief

D. I. Frolov, candidate of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

Deputy-chief editor

A. A. Kurochkin, doctor of technical sciences, professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

Editorial board members:

- A. M. Zimnyakov**, cand. of chemical sciences,
assoc. professor
Penza State University, Penza, Russia;
- V. M. Zimnyakov**, doctor of economic sciences,
professor
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- A. I. Kupreenko**, doctor of technical sciences,
professor
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia;
- V. I. Kurdyumov**, doctor of technical sciences, professor
Ulyanovsk State Agricultural Academy
in honor of P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia;
- O. N. Kuharev**, doctor of technical sciences,
professor
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- V. A. Milutkin**, doctor of technical sciences,
professor
Samara State Agrarian University, Kinel, Russia;
- V. F. Nekrashevich**, doctor of technical sciences, professor
Ryazan State Agrotechnological University
Named After P.A. Kostychev, Ryazan, Russia;
- A. N. Omarov**, cand. of technical sciences, PhD
West Kazakhstan Innovative
and Technological University, Uralsk, Kazakhstan;
- S. V. Chekaykin**, cand. of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia;
- G. V. Shaburova**, candidate of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

The editorial office address:

Dmitry Ivanovich Frolov
Penza, st. Antonov 26-209
E-mail: surr@itit58.ru, surr@bk.ru
website: <https://itit58.ru>
Issued 4 times a year

“Innovative machinery and technology” is included into the Russian
Scientific Citation Index system:
<http://www.elibrary.ru>
Included in the international information
system for agriculture AGRIS.

© Frolov D. I., 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Рациональная дозировка льняной муки в технологии сырцовых пряничных изделий <i>Гарькина П.К., Павлова А.О.</i>	5
Перспективы обогащения напитков брожения <i>Гарькина П.К., Соколов Д.С., Соболев Е.Г.</i>	10
Применение композитной смеси в технологии сырцовых пряничных изделий <i>Павлова А.О., Гарькина П.К.</i>	15
Влияние лактулозосодержащей пищевой добавки на реологические свойства ржано-пшеничного теста и качество хлеба <i>Пономарева Е.И., Титов С.А., Кроп Д.В., Писаревский Д.С.</i>	20
Изменение физико-химических свойств экструдата из риса при вакуумной экструзии <i>Фролов Д.И., Симаков Д.Г.</i>	24

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Исследование засоренности сорняками посевов озимой пшеницы при севообороте <i>Блинохватов А.А., Пияйко П.И.</i>	31
Получение вкусоароматической добавки на основе водного экстрагирования шелухи чеснока сорта «Юбилейный Грибовский» <i>Рыбин Г.В., Данилин С.И., Матвеев Д.А., Матвеев А.С., Иванова Э.С.</i>	36
Изучение кинетики сушки плодовых выжимок <i>Фролов Д.И., Павлова Ю.А.</i>	42

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Изменение емкости катионного обмена и суммы обменных оснований на фоне последствия осадков городских сточных вод и цеолита <i>Арефьев А.Н., Кузин Е.Н., Кузина Е.Е.</i>	46
Изучение адсорбции ионов цинка на природном и модифицированном диатомитах при низких концентрациях адсорбата <i>Борисков Д.Е., Комарова Н.А., Кузьмин А.А.</i>	52

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

<i>Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей</i>	58
<i>Требования к оформлению статьи</i>	58

CONTENTS

FOOD TECHNOLOGY

Rational dosage of flaxseed flour in the technology of raw gingerbread products <i>Garkina P.K., Pavlova A.O.</i>	5
Prospects for the enrichment of fermentation beverages <i>Garkina P.K., Sokolov D.S., Sobolev E.G.</i>	10
The use of a composite mixture in the technology of raw gingerbread products <i>Pavlova A.O., Garkina P.K.</i>	15
The effect of a lactulose-containing food additive on the rheological properties of rye-wheat dough <i>Ponomareva E.I., Titov S.A., Krop D.V., Pisarevsky D.S.</i>	20
Changes in the physicochemical properties of rice extrudate during vacuum extrusion <i>Frolov D.I., Simakov D.G.</i>	24

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

Research of weed infestation of winter wheat crops during crop rotation <i>Blinohvatov A.A., Piyaiiko P.I.</i>	31
Obtaining a flavoring additive based on aqueous extraction of garlic husks of the Yubileiny Gribovsky variety <i>Rybin G.V., Danilin S.I., Matveev D.A., Matveev A.S., Ivanova E.S.</i>	36
Studying the kinetics of drying fruit pomace <i>Frolov D.I., Pavlova Yu.A.</i>	42

ENVIRONMENTAL PROTECTION

Changes in the cation exchange capacity and the sum of exchangeable bases against the background of the aftereffect of urban sewage sludge and zeolite <i>Arefiev A.N., Kuzin E.N., Kuzina E.E.</i>	46
Study of the adsorption of zinc ions on natural and modified diatomites at low concentrations of adsorbate <i>Boriskov D.E., Komarova N.A., Kuzmin A.A.</i>	52

AUTHOR GUIDELINES

<i>The procedure for consideration, approval and rejection of articles</i>	58
<i>Article requirements</i>	58

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.6

Рациональная дозировка льняной муки в технологии сырцовых пряничных изделий

Гарькина П.К., Павлова А.О.

Аннотация. Многочисленные исследования, опубликованные в последние десятилетия, выявили проблему недостаточного потребления пищевых волокон в рационе человека. Дефицит которых, может привести к патологическим изменениям в органах и системах человеческого организма. Пищевые волокна играют важную физиологическую роль в организме человека. Приведены результаты исследований возможности применения льняной муки в рецептурах пряничного изделия. Установлено оптимальное количество вносимой добавки – льняной муки. Исследованы органолептические показатели изделия с применением льняной муки. Определена рациональная дозировка льняной муки.

Ключевые слова: сырцовые пряники, растительное сырье, льняная мука, рецептура, пищевая ценность.

Для цитирования: Гарькина П.К., Павлова А.О. Рациональная дозировка льняной муки в технологии сырцовых пряничных изделий // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 5–9. EDN: QXQJXW.

Rational dosage of flaxseed flour in the technology of raw gingerbread products

Garkina P.K., Pavlova A.O.

Abstract. Numerous studies published in recent decades have revealed the problem of insufficient intake of dietary fiber in the human diet. The deficiency of which can lead to pathological changes in the organs and systems of the human body. Dietary fiber plays an important physiological role in the human body. The results of studies of the possibility of using flaxseed flour in the recipes of gingerbread products are presented. The optimal amount of the added additive – flaxseed flour has been established. The organoleptic characteristics of the product with the use of flaxseed flour were studied. The rational dosage of flaxseed flour has been determined.

Keywords: raw gingerbread, vegetable raw materials, flaxseed flour, recipe, nutritional value.

For citation: Garkina P.K., Pavlova A.O. Rational dosage of flaxseed flour in the technology of raw gingerbread products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 5–9. EDN: QXQJXW. (In Russ.).

Введение

Научные исследования и практический опыт, многих зарубежных и отечественных ученых, свидетельствуют о том, что без применения веществ с высокой физиологической активностью, природного происхождения, не представляется возможным обеспечить потребности организма человека в незаменимых нутриентах. В связи с этим особое внимание уделяется всестороннему исследованию

и дальнейшему использованию в хозяйственной деятельности растительного сырья, являющимся богатейшим источником функциональных ингредиентов (витаминов, минералов, органических кислот и др.) [1, 2, 4, 5].

Необходимость внедрения технологий, позволяющих освоить и расширить производство обогащенных продуктов питания, отмечена в распоряжении Правительства Российской Федерации от 29.06.2016 «Стратегия повышения качества пи-



Рис. 1. Внешний вид сырцового теста с добавлением льняной муки



Рис. 2. Внешний вид заготовок сырцовых пряников с добавлением льняной муки



Рис. 3. Внешний вид сырцовых пряников с добавлением льняной муки

щевой продукции в Российской Федерации до 2030 года». Она ориентирована на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества [3].

Ряд исследователей сообщал о применении функциональных добавок на основе экструдата, в том числе с применением семян льна [8, 9].

Целью исследований является изучение возможности применения льняной муки в технологии сырцовых пряничных изделий.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования служили сырцовые пряничные изделия, выпекаемые по традиционной рецептуре, и сырцовые пряничные изделия, выпекаемые с применением льняной муки.

В качестве прототипа для модификации рецеп-

турного состава выбрана рецептура пряников «Лимонные» [7].

Кроме того, были использованы следующие виды сырья: семена льна (ГОСТ 10582-76), мука льняная, приготовленная из семян льна в лабораторных условиях, мука пшеничная высшего сорта (ГОСТ 26574-2017), сахар белый (ГОСТ 33222-2015), масло подсолнечное (ГОСТ 1129-2013), меланж (ГОСТ 30363-2013), эссенция лимонная (ГОСТ 908-2004), натрий двууглекислый (ГОСТ 2156-76), углеаммонийная соль (ГОСТ 9325-79).

Для определения качества выпекаемых сырцовых пряников были использованы органолептические и физико-химические методы исследования согласно ГОСТ 15810-2014 «Изделия пряничные. Общие технические условия».

Результаты и их обсуждение

На первом этапе разработки рецептур исследовали влияние различных дозировок муки из семян льна



Рис. 4. Вид в изломе сырцовых пряников с добавлением льняной муки

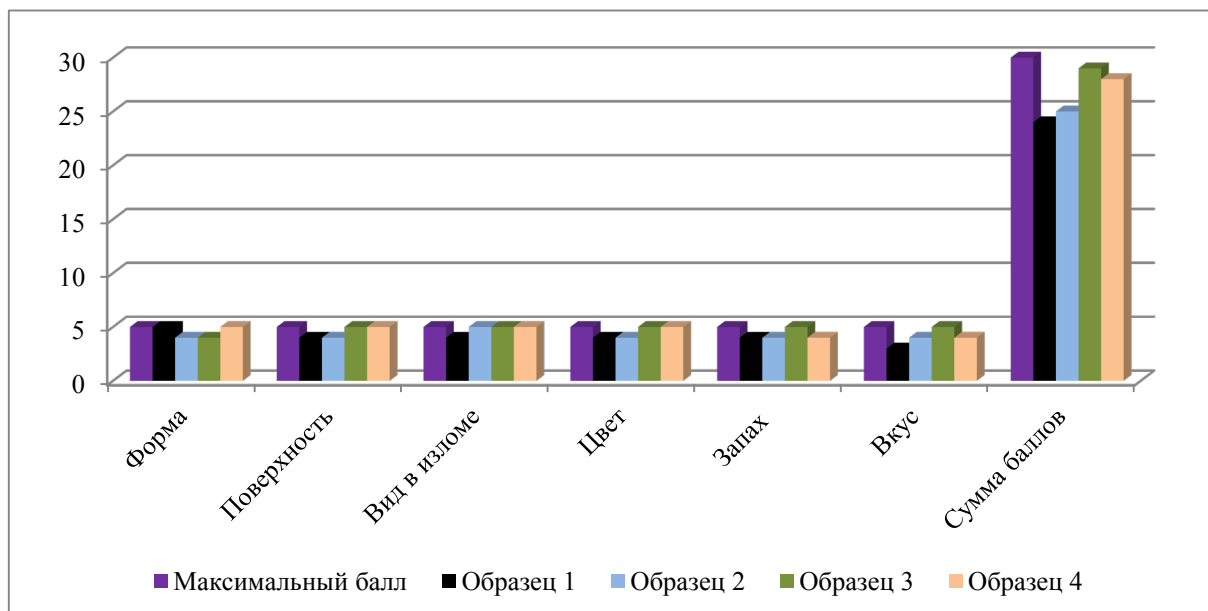


Рис. 5. Оценка качества сырцовых пряников с применением льняной муки по органолептическим показателям (в баллах)

взамен части пшеничной муки на органолептические и физико-химические показатели пряничных изделий.

Объект исследования – сырцовые пряничные изделия (пряники «Лимонные»), приготовленные по

традиционной рецептуре. Опытные образцы пряников готовили с заменой пшеничной муки на муку из семян льна в количестве 10 %, 15 % и 20 % по сухим веществам к общей массе мучной смеси.

На рисунках 12-14 представлены внешний вид теста, заготовок и готового изделия контрольного и опытных образцов сырцовых пряников:

- а) образец 1 – контрольный - сырцовые пряники, содержащие 100 % пшеничной муки;
- б) образец 2 – сырцовые пряники, с заменой 10 % пшеничной муки на льняную;
- в) образец 3 – сырцовые пряники, с заменой 15 % пшеничной муки на льняную;
- г) образец 4 – сырцовые пряники, с заменой 20 % пшеничной муки на кукурузную муку.

Установлено, что с повышением дозировки вне-сения льняной муки цвет изделия становился темнее, приобретая оттенки от светлого до более насыщенного коричневого. Также аромат изделия приобретал более выраженный «льняной» запах.

На рисунке 4 приведен вид на изломе образцов сырцовых пряников с льняной мукой.

Органолептическую оценку проводили по 5-ти бальной шкале. Результаты представлены на рисунке 5.

В результате органолептического исследования, установлено, что образец 1 и образец 2 относятся к образцам с оценкой «хорошо», а образцы 3-4 с оценкой «отлично». Контрольный образец (образец 1), был оценен на 24 балла.

Замена 10%(образец 2) пшеничной муки на льняную, привело к улучшению таких показателей, как «вид в изломе» и «вкус», общая сумма баллов составила 25.

Литература

- [1] Шабурова, Г.В. Функционально-технологические свойства мучной смеси с плодами калины обыкновенной/Г.В. Шабурова, А.О. Павлова// Инновационная техника и технология. -2021. -№8 (04). -С. 22-26.
- [2] Пушмина, В. В. и др. Обоснование выбора растительного сырья и форм его переработки для обогащения пищевых продуктов //Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2017. – №. 3 (83).
- [3] Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016, № 1364-р // Собрание законодательства РФ. – 2016. – № 28. – Ст. 4758
- [4] Шматкова, Н. Н. Перспективы применения композитной смеси в технологии хлебобулочных изделий функционального назначения/Н. Н. Шматкова, П. К. Воронина//Инновационная техника и технология. -2015. -№3 (04). - С. 33-39.
- [5] Шабурова, Г.В. Использование экструдированного зернового обогатителя в технологии сырцовых пряников/ Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин//Инновационная техника и технология. - 2015. -№1 (02). - С. 7-12.
- [6] Пат. 2592619 Российская Федерация, МПК

Образец 4 (20% замена пшеничной муки на льняную) получил высший бал по всем позициям, кроме запаха и вкуса. Данное изделие обладало горьковатым привкусом и сильно выраженным «льняным запахом».

Выводы

В результате органолептического исследования, установлено, что образец 1 и образец 2 относятся к образцам с оценкой «хорошо», а образцы 3-4 с оценкой «отлично». Контрольный образец (образец 1), был оценен на 24 балла.

Замена 10%(образец 2) пшеничной муки на льняную, привело к улучшению таких показателей, как «вид в изломе» и «вкус», общая сумма баллов составила 25.

Образец 4 (20% замена пшеничной муки на льняную) получил высший бал по всем позициям, кроме запаха и вкуса. Данное изделие обладало горьковатым привкусом и сильно выраженным «льняным запахом».

По результатам оценки органолептических показателей определена рациональная дозировка муки из семян льна взамен части пшеничной муки – 15 %. В дальнейших исследованиях, в качестве рациональной, использовали льняную муки в количестве 15 % взамен пшеничной муки и дозировку порошка плодов калины в количестве 6% взамен части сахара в рецептуре сырцовых пряников.

References

- [1] Shaburova, G.V. Functional and technological properties of the flour mixture with the fruits of viburnum vulgare / G.V. Shaburova, A.O. Pavlova// Innovative technique and technology. -2021. -No. 8 (04). -WITH. 22-26.
- [2] Pushmina, V. V. et al. Substantiation of the choice of vegetable raw materials and forms of its processing for food enrichment. Izvestiya of the Far Eastern Federal University. Economics and Management. – 2017. – no. 3 (83).
- [3] On approval of the Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030: Decree of the Government of the Russian Federation dated June 29, 2016, No. 1364-r // Collection of Legislation of the Russian Federation. - 2016. - No. 28. - Art. 4758
- [4] Shmatkova, N. N. Prospects for the use of a composite mixture in the technology of functional bakery products / N. N. Shmatkova, P. K. Voronina//Innovative technique and technology. -2015. -No. 3 (04). - S. 33-39.
- [5] Shaburova, G.V. The use of extruded grain enricher in the technology of raw gingerbread / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin//Innovative technique and technology. - 2015. -№1 (02). - S. 7-12.

- A21D 8/02. Способ производства хлебобулочных изделий/заявители: Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, Н.Н. Шматкова; патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГТУ. -№ 2015109402/13; заявл. 17.03.2015; опубл.27.07.2016, Бюл. № 22. - 7 с.
- [7] Павлов А. В. Сборник рецептов мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. – 2004.– 215 с.
- [8] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В. М. Зимняков, О. Н. Кухарев, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. - 2017. - № 4(45). - С. 157-163. - EDN ZTIERL.
- [9] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, П. К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья. - 2019. - № 2(51). - С. 134-143. - EDN BIRIFZ.
- [6] Pat. 2592619 Russian Federation, IPC A21D 8/02. Method for the production of bakery products/ applicants: G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkov; Patent holder FGOU VO Penza GTU. -No. 2015109402/13; dec. 03/17/2015; publ.27.07.2016, Bull. No. 22. - 7 p.
- [7] Pavlov AV Collection of recipes for flour confectionery and bakery products for public catering establishments. - 2004. - 215 p.
- [8] Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Niva Povolzhya. - 2017. - No. 4(45). - S. 157-163. - EDN ZTIERL.
- [9] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, P. K. Garkina [et al.] // Niva Povolzhya. - 2019. - No. 2 (51). - S. 134-143. - EDN BIRIFZ.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Гарькина Полина Константиновна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>	<p>Garkina Polina Konstantinovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>
<p>Павлова Анастасия Олеговна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: E-mail: pavlova.asss@yandex.ru</p>	<p>Pavlova Anastasia Olegovna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: E-mail: pavlova.asss@yandex.ru</p>

Перспективы обогащения напитков брожения

Гарькина П.К., Соколов Д.С., Соболев Е.Г.

Аннотация. Одной из основных стратегий развития пищевой промышленности Российской Федерации в области здорового питания является производство новых безопасных и качественных продуктов функционального и специализированного назначения с заявленными характеристиками. Разработанные продукты должны способствовать сохранению и укреплению здоровья населения, предупреждать алиментарно-зависимые заболевания, обладать свойствами, оказывающими влияние на функции организма человека. Целью данной работы явилось анализ и обобщение информационных сведений отечественных исследователей о направлениях повышения пищевой и биологической ценности квасов. Одной из самых удобных форм проектирования нового вида функционального питания, наряду с хлебобулочными изделиями, являются напитки. В настоящее время наметился тренд к использованию различного вида напитков, вообще, и кваса, в частности, в качестве источника полезных веществ для организма человека. С целью расширения ассортимента функциональных продуктов, снижения затрат и повышения конкурентоспособности, целесообразно внедрять прогрессивные способы переработки традиционного сырья и использование ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих повышение качества продукции и сокращение производственного цикла. Применены методы сравнительного анализа, синтеза, систематизации и обобщения информационных данных. При этом перспективным является улучшение ассортиментной политики производства напитков, как и других пищевых продуктов, за счёт применения сырья различной природы, являющегося источником ФПИ. Отмечается, что в данном направлении активно проводятся исследования в разных регионах РФ.

Ключевые слова: напитки брожения, нетрадиционное сырье, функциональные свойства.

Для цитирования: Гарькина П.К., Соколов Д.С., Соболев Е.Г. Перспективы обогащения напитков брожения // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 10–14. EDN: RSQMHR.

Prospects for the enrichment of fermentation beverages

Garkina P.K., Sokolov D.S., Sobolev E.G.

Abstract. One of the main strategies for the development of the food industry of the Russian Federation in the field of healthy nutrition is the production of new safe and high-quality functional and specialized products with the declared characteristics. The developed products should contribute to the preservation and strengthening of public health, prevent alimentary-dependent diseases, have properties that affect the functions of the human body. The purpose of this work was to analyze and summarize the information of domestic researchers on the directions of increasing the nutritional and biological value of kvass. One of the most convenient forms of designing a new type of functional nutrition, along with bakery products, are beverages. Currently, there is a trend towards the use of various types of beverages, in general, and kvass, in particular, as a source of nutrients for the human body. In order to expand the range of functional products, reduce costs and increase competitiveness, it is advisable to introduce progressive methods of processing traditional raw materials and the use of resource-saving technologies that improve product quality and shorten the production cycle. Methods of comparative analysis, synthesis, systematization and generalization of information data are applied. At the same time, it is promising to improve the assortment policy of the production of beverages, as well as other food products, through the use of raw materials of various nature, which is the source of FPI. It is noted that research is being actively conducted in this direction in different regions of the Russian Federation.

Keywords: fermentation drinks, unconventional raw materials, functional properties.

For citation: Garkina P.K., Sokolov D.S., Sobolev E.G. Prospects for the enrichment of fermentation beverages. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 10–14. EDN: RSQMHR. (In Russ.).

Введение

С целью расширения ассортимента функциональных продуктов, снижения затрат и повышения конкурентоспособности, целесообразно внедрять прогрессивные способы переработки традиционного сырья, обеспечивающих повышение качества продукции и сокращение продолжительности технологических операций. [1, 2, 3, 4, 5].

Основные направления в производстве кваса:

- разработка квасов, получаемых с добавлением настоев, сухих или жидких экстрактов растительного сырья, богатых компонентами антиоксидант-но-адаптогенного действия;
- придание квасам дополнительной функциональной направленности за счет введения аскорбиновой кислоты, полифенольных веществ и более специфичных по действию компонентов.

Растительное сырье, применяемое в производстве квасов:

- лимонник китайский, шиповник, брусника, клюква, рябина, элеуте-рококк колючий, актинидия коломикта, родиола розовая, эхинацея пурпурная, володушка золотистая и другие [6].

Объектом исследования являлись научные данные отечественных источников информации.

Объекты и методы исследования

В качестве методов исследования использовали методы анализа, синтеза, систематизации и обобщения.

Результаты и их обсуждение

Для большего разнообразия вкусовых характеристик напитков используют полуфабрикаты. К таким полуфабрикатам можно отнести растительное сырье в виде соков и сиропов из ягод и фруктов, различных настоев из трав.

Опубликованы работы, в которых рассмотрена возможность применения в качестве дополнительного сырья экстракта из хвои сосны обыкновенной. Использование экстракта из хвои при производстве кваса позволяет получить напиток функционального назначения с хорошими органолептическими характеристиками [7].

Учеными предложено применение мяты перечной, Melissa лекарственной при производстве кваса. Травяные экстракты содержат большое количество органических кислот и аскорбиновой кислоты, что позволяет увеличить биологическую ценность разрабатываемого напитка [8, 9].

Одной из актуальных и интересной разработок отечественных ученых является приготовления

кваса с применением тыквенного и свекольного соков, настоя смеси лекарственных трав. Полученный напиток брожения содержит пектиновые вещества, микроэлементы, витамины, ферменты, а также ароматические и красящие вещества – меланоидины, незначительное количество дубильных и минеральных веществ [10].

В другом исследовании предложено использовать в качестве нетрадиционного сырья сиропы дикорастущих плодов и ягод: шиповник, бруснику обыкновенную, лимонник китайский и калину [11, 12].

Следует отметить технологию получения напитка брожения с применением клюквенного сока [13]. Для его получения предварительно замороженную клюкву размораживали и пропускали через фильтр-пресс. Авторы сделали вывод, что квасы, в которых содержался клюквенный сок, имели более длительный срок годности, за счет того, что в клюкве присутствует бензойная и лимонная кислота, которые, как известно, обладают консервирующими свойствами.

В качестве нетрадиционного сырья микробиологического происхождения предложена разработка технологии напитка с чайным грибом *Meduzomyces gisevi*. В качестве вкусо-ароматических добавок авторами предлагается внесение экстракта душицы обыкновенной [14]. Готовый напиток обладает освежающим вкусом с тонами душицы и легким оттенком чайного кваса, может быть использован в лечебном питании, а именно для профилактики простудных заболеваний.

Имеются так же работы, где авторы научных статей вместо концентрата квасного суслу для получения кваса по традиционной технологии использовали порошкообразные солодовые и полисолодовые экстракты, которые обладают специальными и функциональными свойствами. В качестве сырья для получения экстрактов можно использовать зерно ячменя, кукурузы, гречихи, которое подвергали проращиванию, затем измельчали свежепросошенный солод, проводили затирание, далее экстракт упаривали и высушивали [15].

С целью расширения ассортимента группы безалкогольных напитков учеными разработан квас с использованием тритикале, которое применяли для изготовления суслу. Повышенная пищевая ценность тритикале – результат селекции. Высокое содержание валина, глицина, аргинина и лизина обуславливают повышенную питательную ценность напитка. По содержанию белка тритикале на 3-4 % превосходит рожь и на 1,5% – пшеницу.

Тритикале является культурой с повышенной активностью амилолитических ферментов, что позволяет считать перспективным проектирование

напитков брожения из тритикале. Благодаря активности амилалитических ферментов, интенсифицировался процесс брожения, о чем свидетельствуют приведенные авторами результаты исследований процесса изменения содержания сухих веществ модельных образцов в сравнении с контрольным вариантом. Напиток брожения из тритикале, по органолептическим показателям оценивается как непрозрачная пенящаяся жидкость, с небольшой опалесценцией, без посторонних включений. Напиток имеет темно-коричневый цвет, освежающий сладкий вкус, выраженный аромат ржаного хлеба [16].

Отдельную группу исследований и патентов составляют работы, в которых для приготовления напитков брожения предлагается использовать экс-

трудированное растительное сырье [17, 18]. В том числе при получении пивного суслу с использованием экструдированного ячменя [19].

Выводы

Анализ научных данных отечественных ученых показал, для производства кваса применяются разнообразные компоненты растительного и микробного происхождения с целью придания напитку оригинальных органолептических характеристик и обогащения его биологически активными веществами, которые могут придавать напитку функциональные и лечебно-профилактические свойства.

Литература

- [1] Рожнов, Е.Д. Технология и производство кваса, безалкогольных напитков и минеральных вод: учебное пособие / Е.Д. Рожнов, Е.П. Каменская, М.В. Обрезкова; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2013. – 101 с.
- [2] ГОСТ 31494–2012. Квасы. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
- [3] Сергеева, И.Ю. Направления совершенствования технологии кваса брожения на основе анализа современных научно-технических разработок / И.Ю. Сергеева, Т.А. Уншикова, В.Ю. Рысина // Техника и технология пищевых производств, 2014. – № 3. – С.69-78.
- [4] Вяльцева, К.Ю. Основные тенденции развития потребительских предпочтений на рынке кваса / К.Ю. Вяльцева, Е.А. Козлобаева, А.А. Колобаева, О.А. Котик, Н.В. Королькова, 2015. – № 112 (08). – С. 1-10
- [5] Начетова, М.А. Разработка технологии этилового спирта из экструдированной пшеницы: дис... канд.техн.наук (05.18.07)/Начетова Мария Александровна; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики.– Санкт-Петербург, 2014. – 106 с.
- [6] Бабий, Н. В. Научное обоснование и разработка технологии фитонапитков для населения Дальневосточного региона на основе природных адаптогенов : автореф. дисс. д-ра техн. наук: 05.18.15 / Н. В. Бабий. – Кемерово, 2016. – 32 с.
- [7] Бибик, И.В. Перспективы использования экстракта из хвои сосны обыкновенной в производстве функциональных напитков / И.В. Бибик, Ю.А. Глинёва // Техника и технология пищевых производств.– 2012. – № 1.– С. 1-5
- [8] Шлыкова, А.П. Исследование растительных экстрактов как сырья для производства кваса брожения/А.П. Шлыкова, А.А. Колобаева, О.А. Котик// Современные наукоемкие технологии, 2013. №8. – С. 319.

References

- [1] Rozhnov, E.D. Technology and production of kvass, soft drinks and mineral waters: study guide / E.D. Rozhnov, E.P. Kamenskaya, M.V. Obrezkov; Alt. state tech. un-t, BTI. - Biysk: Alt. state tech. un-ta, 2013. - 101 p.
- [2] GOST 31494–2012. Kvass. General specifications. – M.: Standartinform, 2013. – 12 p.
- [3] Sergeeva, I.Yu. Directions for improving the technology of kvass fermentation based on the analysis of modern scientific and technical developments / I.Yu. Sergeeva, T.A. Unshchikova, V.Yu. Rysina // Technique and technology of food production, 2014. - No. 3. - P.69-78.
- [4] Vyaltseva, K.Yu. The main trends in the development of consumer preferences in the kvass market / K.Yu. Vyaltseva, E.A. Kozlobaeva, A.A. Kolobaeva, O.A. Kotik, N.V. Korolkova, 2015. - No. 112 (08). - P. 1-10
- [5] Nachetova, M.A. Development of the technology of ethyl alcohol from extruded wheat: Ph.D. St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.. - St. Petersburg, 2014. - 106 p.
- [6] Babiy, N. V. Scientific substantiation and development of phyto-drinks technology for the population of the Far East region based on natural adaptogens : author. diss. Dr. tech. Sciences: 05.18.15 / N. V. Babiy. - Kemerovo, 2016. - 32 p.
- [7] Bibik, I.V. Prospects for the use of an extract from pine needles in the production of functional drinks / I.V. Bibik, Yu.A. Glineva // Technique and technology of food production. - 2012. - No. 1. - P. 1-5
- [8] Shlykova, A.P. Study of plant extracts as raw materials for the production of fermented kvass / A.P. Shlykova, A.A. Kolobaeva, O.A. Kotik // Modern high technologies, 2013. No. 8. – S. 319.
- [9] Shlykova, A.P. The use of citronella extract in the technology of soft drinks / A.P. Shlykova, E.O. Ivanova, A.A. Kolobaeva, O.A. Kotik // Modern technologies, 2014. No. 5. - S. 192.
- [10] Omasheva, A.Ch. Study of the effect of herbal supplements on the quality of medicinal kvass / A.Ch.

- [9] Шлыкова, А.П. Применение экстракта цитронеллы в технологии безалкогольных напитков/А.П. Шлыкова, Е.О. Иванова, А.А. Колобаева, О.А. Котик//Современные технологии, 2014. №5. – С. 192.
- [10] Омашева, А.Ч. Исследование влияния растительных добавок на качество лечебного кваса/ А.Ч. Омашева, А.Ю. Бейсенбаев, К.А. Уразбаева, М.Ж. Абишев, З.А. Бейсенбаева//Успехи современного естествознания, 2015. №1. – С. 822–826.
- [11] Новые квасы с использованием сиропов из дикорастущего сырья / М.В. Палагина [и др.] // Вестник ТГЭУ. – 2011. – № 4. – С. 65–68.
- [12] Гарькина, П.К. Применение нетрадиционного сырья в производстве кваса / П.К. Гарькина, С.Г. Соболев // Инновационная техника и технология.– 2021. – № 2.– С. 5-10
- [13] Использование сока клюквы в производстве кваса / Л.А. Кияшкина [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – №3. – С. 304-307.
- [14] Жумабекова, Б.К. Технология получения чайного кваса с добавлением экстракта душицы / Б.К. Жумабекова, К.А. Жумабекова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2. – С. 2370–2373.
- [15] Новикова, И.В. Перспективы применения солодовых и полисолодовых экстрактов для проектирования напитков / И.В. Новикова, Е.А. Коротких, Г.В. Агафонов // Инновационный технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство. – 2013. – С. 374-377.
- [16] Коротких, Е.А. Нетрадиционное зерновое сырье в производстве кваса/ Е.А. Коротких, И.В. Новикова, Г.В. Агафонов, О.В. Ченцова// Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья: материалы междунар. науч.-практ. конф. – г. Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2016. – С. 256-259.
- [17] Воронина, П. К. Полифункциональный композит с повышенным содержанием пищевых волокон / П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова//Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. -2015. -№ 4. -С. 65-71.
- [18] Научное обеспечение актуального направления в развитии пищевой термопластической экструзии / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, В.М. Зимняков, А.Л. Мишанин, В.В. Новиков, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов. – Пенза, 2015. – 181 с.
- [19] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного сула с использованием экструдированного ячменя / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. - 2014. - № 6(22). - С. 103-109. - EDN TKJLIH.
- Omasheva, A.Yu. Beisenbaev, K.A. Urazbayeva, M.Zh. Abishev, Z.A. Beisenbaeva // Successes of modern natural science, 2015. No. 1. - S. 822-826.
- [11] New kvass using syrups from wild raw materials / M.V. Palagina [and others] // Vestnik TSEU. - 2011. - No. 4. - P. 65–68.
- [12] Garkina, P.K. The use of non-traditional raw materials in the production of kvass / P.K. Garkina, S.G. Sobolev // Innovative technique and technology. - 2021. - No. 2. - P. 5-10
- [13] The use of cranberry juice in the production of kvass / L.A. Kiyashkina [et al.] // Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. - 2013. - No. 3. - S. 304-307.
- [14] Zhumabekova, B.K. Technology for obtaining tea kvass with the addition of oregano extract / B.K. Zhumabekova, K.A. Zhumabekova // Fundamental research. - 2015. - No. 2. - S. 2370-2373.
- [15] Novikova, I.V. Prospects for the use of malt and polymalt extracts for the design of drinks / I.V. Novikova, E.A. Korotkikh, G.V. Agafonov // Innovative technologies in the food industry: science, education and production. - 2013. - S. 374-377.
- [16] Korotkikh, E.A. Non-traditional grain raw materials in the production of kvass / E.A. Korotkikh, I.V. Novikova, G.V. Agafonov, O.V. Chentsova// Innovative solutions in the production of food products from vegetable raw materials: materials of the international. scientific-practical. conf. - Voronezh: Publishing House «Scientific Book», 2016. - S. 256-259.
- [17] Voronina, P. K. A polyfunctional composite with a high content of dietary fiber / P. K. Voronina, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova//Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. -2015. -No. 4. -S. 65-71.
- [18] Scientific support of the current direction in the development of food thermoplastic extrusion / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, V.M. Zimnyakov, A.L. Mishanin, V.V. Novikov, G.V. Shaburova, D.I. Frolov. – Penza, 2015. – 181 p.
- [19] Shaburova G. V., Kurochkin A. A., Voronina P. K., Frolov D. I. Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley // XXI century: results of the past and problems of the present plus. - 2014. - No. 6(22). - S. 103-109. - EDN TKJLIH.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Гарькина Полина Константиновна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>	<p>Garkina Polina Konstantinovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>
<p>Соколов Денис Сергеевич магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Sokolov Denis Sergeevich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Соболев Егор Георгиевич магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Sobolev Egor Georgievich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

Применение композитной смеси в технологии сырцовых пряничных изделий

Павлова А.О., Гарькина П.К.

Аннотация. Одной из актуальных задач пищевой промышленности является поиск новых источников пищевого белка, биологически активных добавок, а также разработка технологии их переработки для получения продуктов повышенной биологической и пищевой ценности с функциональной направленностью. Научно обоснована, целесообразность и эффективность совместного использования льняной муки и порошка плодов калины в рецептурах пряничного изделия повышенной пищевой ценности.

Ключевые слова: сырцовые пряники, растительное сырье, льняная мука, плоды калины, функциональное назначение, рецептура, пищевая ценность.

Для цитирования: Павлова А.О., Гарькина П.К. Применение композитной смеси в технологии сырцовых пряничных изделий // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 15–19. EDN: QSVFMM.

The use of a composite mixture in the technology of raw gingerbread products

Pavlova A.O., Garkina P.K.

Abstract. One of the urgent tasks of the food industry is the search for new sources of dietary protein, biologically active additives, as well as the development of technology for their processing to obtain products of increased biological and nutritional value with a functional orientation. The expediency and effectiveness of the joint use of flaxseed flour and viburnum fruit powder in the recipes of gingerbread products of increased nutritional value has been scientifically substantiated.

Keywords: raw gingerbread, vegetable raw materials, flax flour, viburnum fruits, functional purpose, formulation, nutritional value.

For citation: Pavlova A.O., Garkina P.K. The use of a composite mixture in the technology of raw gingerbread products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 15–19. EDN: QSVFMM. (In Russ.).

Введение

Сегодня на кондитерском производстве решается ряд важных вопросов по повышению качества потребительских свойств, пищевой и биологической ценности продуктов, уменьшению содержания сахара и калорийности, созданию высокоэффективных инновационных технологий, снижению потребления импортного и дорогого местного сырья, расширению ассортимента, при помощи проектирования новых оригинальных рецептур кондитерских изделий используя функциональные пищевые ингредиенты в условиях колоссальной конкуренции зарубежных производителей [1].

Качество пищевой продукции представляет собой совокупность характеристик продукции, соответствующих заявленным требованиям и включающих ее безопасность, потребительские свойства, энергетическую и пищевую ценность, способность удовлетворять потребности человека в пище при

обычных условиях использования в целях обеспечения сохранения здоровья человека. Данным требованиям соответствуют продукты питания функциональной направленности [2]. Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна были изучены другими исследователями [5]. Перспективной обработкой сырья является экструзия с вакуумной обработкой [6].

Целью исследований является изучение возможности применения смеси льняной муки и плодов калины в технологии сырцовых пряничных изделий.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования служили сырцовые пряничные изделия, выпекаемые по традиционной рецептуре, и сырцовые пряничные изделия, выпе-



Рис. 1. Внешний вид сырцового теста с добавлением льняной муки и порошка плодов калины



Рис. 2. Внешний вид готовых пряничных изделий:

Образец № 1 – контрольный -сырцовые пряники, содержащие 100 % пшеничной муки;
Образец № 3 – сырцовые пряники, с заменой 15 % пшеничной муки на льняную;
Образец № 5 – сырцовые пряники с 15% льняной муки и 2% порошка калины;
Образец № 6 – сырцовые пряники с 15 % льняной муки и 4 % порошка калины;
Образец № 7 – сырцовые пряники с 15 % льняной муки и 6 % порошка калины;
Образец № 8 – сырцовые пряники с 15 % льняной муки и 8 % порошка калины

каемые с применением льняной муки и порошка плодов калины.

Результаты и их обсуждение

На данном этапе исследований с целью определения рациональной дозировки порошка плодов калины в рецептуру сырцовых пряников с 15 % льняной муки вносили коррективы: порошок калины в количестве 2 %, 4 %, 6 % и 8 % с одновременным снижением эквивалентного по сухим веществам количества сахара белого [3, 4].

– образец 5 – сырцовые пряники с 15% льняной муки и 2% порошка калины взамен эквивалентного количества по сухим веществам сахара;

– образец 6 – сырцовые пряники с 15 % льняной муки и 4 % порошка калины взамен эквивалентного количества по сухим веществам сахара;

– образец 7 – сырцовые пряники с 15 % льняной муки и 6 % порошка калины взамен эквивалентного количества по сухим веществам сахара.

– образец 8 – сырцовые пряники с 15 % льняной муки и 8 % порошка калины взамен эквивалентного количества по сухим веществам сахара.

На рисунке 1 представлен внешний вид теста с добавлением 15% льняной муки и 6% порошка плодов калины.

На рисунке 2 представлен внешний готовых пряничных изделий.

Установлено, что с добавлением порошка плодов калины тесто изделия приобретает более насы-

щенный коричневый цвет с красноватым оттенком и вкраплениями. В готовом изделии разница в цвете не ощутима. В пряниках с добавлением ППК присутствуют вкрапления, как на поверхности, так и в изломе.

Органолептическая оценка изделий с добавлением льняной муки 15% и ППК в разных дозировках представлена в таблице 1.

По результатам органолептической оценки можно сделать вывод о том, что вид в изломе и запах у всех образцов был оценен высшим балом. У образцов 3,6,8 на поверхности изделия присутствовали подгорелости, поэтому был выставлен бал ниже чем у остальных. Было установлено, что с добавлением порошка плодов калины, изменился вкус изделия, он стал менее сладким и более приятным.

Лучшим образцом по органолептическим показателям качества признаны пряники с внесением 6 % порошка плодов калины взамен сниженного количества сахара белого по сухим веществам. Выбор данной дозировки подтверждается также, исследованием описанном в пункте 3.3, данной диссертационной, работы по определению функционально-технологических свойств мучной смеси с плодами калины обыкновенной.

На основании полученных результатов разработана рецептура пряников с использованием 15 % льняной муки взамен части пшеничной муки и 6 % порошка плодов калины взамен части сахара белого (по сухим веществам). Рецептура приведена в таблице 2.

Таблица 1 - Оценка качества сырцовых пряников с применением льняной муки 15% и порошка плодов калины по органолептическим показателям (в баллах)

Показатели качества	Максимальный балл	Образец 3	Образец 5	Образец 6	Образец 7	Образец 8
Форма	5	4	4	4	5	4
Поверхность	5	5	4	4	5	4
Вид в изломе	5	5	5	5	5	5
Цвет	5	5	5	4	5	4
Запах	5	5	5	5	5	5
Вкус	5	5	5	5	5	5
Сумма баллов	30	29	29	27	30	27

Таблица 2 – Рецептúra пряников с 15 % муки из семян льна и 6 % порошка плодов калины (по сухим веществам)

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 100 г выпеченного полуфабриката, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная высшего сорта	85,5	48	41,04
Мука льняная 15%	92	7,87	7,24
Порошок плодов калины	92	2,28	2,1
Мука пшеничная высшего сорта (на подпыл)	85,5	4,4	3,77
Сахар-песок	99,85	32,91	32,86
Масло растительное	100	1,41	1,41
Меланж	27	1,07	0,29
Эссенция лимонная	0	0,34	0
Натрий двууглекислый	50	0,03	0,02
Углеаммонийная соль	0	0,59	0
Итого		98,9	88,72
Выход		100	

Оценку качества выпеченных сырцовых пряников определяли по следующим показателям: влажность изделия, плотность, щелочность, массовую долю сахара.

Результаты оценки представлены в таблице 3.

Установлено, что представленные показатели образца применением 15% льняной муки и 6% порошка плодов калины соответствуют требованиям, предъявляемым к пряничным изделиям по ГОСТ 15810-2014.

В ходе проведения эксперимента были выбраны рациональные дозировки внесения добавок в продукт, которые положительно влияли на органолептические и физико-химические показатели. Для разработки рецептуры сырцовых пряников рекомендована замена 15% пшеничной муки, на льняную и замена 6% сахара на порошок плодов калины.

Внесение в рецептуру 15% льняной муки и 6% порошка плодов калины привело к повышению содержания белка на 0,66 %, по отношению к прототипу. Содержание жиров увеличилось на 3,10%. Уровень полиненасыщенных жирных кислот вырос на 3,38%, в том числе на 1,39% ω -3 (α -линоленовая) и на 4,44 % у ω -6 (линолевая).

Благодаря внесению 6% порошка плодов ка-

лины взамен эквивалентного количества по сухим веществам сахара мы добились снижения содержания моно-и дисахаридов на 3,91%. Содержание крахмала, с внесением добавок, осталось на том же уровне.

В модифицированной рецептуре было отмечено значительное увеличение пищевых волокон на 36,36 %.

Внесение льняной муки и порошка плодов калины, оказало большое влияние и на витаминно-минеральный состав разработанного изделия.

Так, уровень содержания кальция снизился на 75,42%, содержание магния увеличилось на 10,40%, а фосфора на 1,75%. Витамина В1 увеличился на 0,62 %, В2 на 1,05%, витамина РР на 13,03 %. Витамин С отсутствовал в сырцовых пряниках, приготовленных по стандартной рецептуре, но с добавлением ЛМ и ППК содержание в 100 г изделий достигло 13,04 мг.

Энергетическая ценность изделия с внесением добавок снизилась незначительно на 1,10 %.

В таблице 4 приведена пищевая и энергетическая ценность в сравнении с рекомендуемым уровнем суточного потребления основных пищевых веществ.

Проведенные исследования показывают, что

Таблица 3 – Физико-химические показатели качества сырцовых пряников с заменой части пшеничной муки на 15 % льняной муки и заменой части сахара на 6 % порошка плодов калины

Наименование показателей	Значение показателя	
	ГОСТ 15810-2014	Образец с применением 15% льняной муки и 6% порошка плодов калины
Массовая доля влаги, %	11,0-16,0	15
Плотность, г/см ³	От 0,55 до 0,75	0,55
Щелочность, град	Не более 2,0	1,3
Массовая доля сахара, %	Не менее 24,0	35,3

Таблица 4 – Пищевая и энергетическая ценность сырцовых пряников с 15% ЛМ взамен части ПМ и 6 % ППК взамен части сахара

Наименование пищевых веществ и энергетическая ценность	Рекомендуемый уровень суточного потребления	Контрольный образец без внесения льняной муки и порошка калины		Образец с добавлением 15% льняной муки и 6% порошка калины	
		содержание пищевых веществ в 100 г продукта	степень удовлетворения суточной потребности, %	содержание пищевых веществ в 100 г продукта	степень удовлетворения суточной потребности, %
Белки, г	75	6,41	8,55	7	9,33
Жиры, г	83	2,13	2,57	5,31	6,4
в т.ч., ПНЖК, г	11	1,17	10,45	3,26	29,64
ω-3 (α-линоленовая), г	1	0,02	2	1,66	166
ω-6 (линолевая), г	10	1,15	11,5	1,61	16,1
Углеводы, г	365	77,76	21,3	70,69	19
в т.ч. Моно- и дисахариды, г	65	35,94	55,29	34,69	53,37
Пищевые волокна, г	20	0,97	4,85	3,85	19,25
Витамин В ₁ , мг	1,5	0,1	6,67	0,22	14,67
Витамин В ₂ , мг	1,8	0,03	1,67	0,15	8,33
Витамин РР, мг	20	0,73	3,65	0,99	4,95
Витамин С, мг	70	0	0	13,04	18,6
Кальций, мг	1000	12,6	1,26	35,53	3,55
Магний, мг	400	10,32	2,58	19,37	4,84
Фосфор, мг	800	54,36	6,8	99,32	12,42
ЭЦ, кДж	10467	1495	14,3	1503	14,4
ЭЦ, ккал	2500	357	14,3	359	14,4

пищевая ценность сырцовых пряников с применением льняной муки и порошка калины заметно выше пищевой ценности контрольной рецептуры.

Опытный образец с применением ЛМ и ППК в количестве 100 г содержит 6,40 % от суточной потребности жиров, что на 3,83% выше, чем в контрольном образце. Также данные свидетельствуют о повышении степени удовлетворения суточной потребности ПНЖК и пищевых волокон в 100 г продукта проектируемого изделия. Содержание ПНЖК обеспечивает 29,64 % от суточной потребности, из которых 166 % ω-3 (α-линоленовая) и 16,10 % ω-6 (линолевая), а содержание пищевых волокон на 19,25 %. При этом контрольный образец уступает в содержании ПНЖК и составляет 10,45%, от суточной потребности, пищевых волокон 4,85 %.

Также контрольный образец в своем составе не содержит витамина С, в то время как в рецептура с

добавлением композитной смеси обеспечивает 18,6 % суточной потребности.

В тоже время рецептура с добавлением льняной муки и порошка калины в сравнении с контрольным образцом, обеспечивает степень удовлетворения суточной потребности, в 2 раза больше по витамину В1- 14,67%, в 5 раз витамина В2 – 8,33%, почти в 3 раза кальция – 3,55%, в 2 раза по содержанию магния – 4,84% и фосфора – 12,42%.

Выводы

Таким образом, полученные результаты изучения возможности применения льняной муки и порошка плодов калины в рецептуре сырцовых пряников свидетельствует о том, что определена рациональная дозировка муки из семян льна и порошка плодов калины в рецептуре сырцовых пря-

ничных изделий, которая составляет 15 % муки из семян льна взамен эквивалентного количества сухих веществ пшеничной муки и 6 % порошка плодов калины взамен эквивалентного количества сухих веществ сахара.

При этом степень удовлетворения суточной потребности в ПНЖК при употреблении 100 г пря-

ников на основе 15 % муки из семян льна и 6 % порошка плодов калины составляет 29,64 %, в ω -3 жирной кислоте – на 166,0 %, в ω -6 жирной кислоте – на 16,1 %, в пищевых волокнах 19,25 %, в витамине С – на 18,6 %, что характеризует указанные сырцовые пряничные изделия как функциональные.

Литература

- [1] Komiljonovna J. S., Babadjanovich I. I. Priority areas for improving the range of confectionery //Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2019. – №. 1-2.
- [2] Резниченко, И.Ю. Формирование ассортимента мучных кондитерских изделий функциональной направленности/ И.Ю. Резниченко, Т.В. Рензяева, А.Н. Табаторович, И.В. Сурков, А.М. Чистяков // Техника и технология пищевых производств. -2017. -№2.
- [3] Шабурова, Г.В. Плоды калины как источник функциональных пищевых ингредиентов/Г.В. Шабурова, А.О. Павлова//Инновационная техника и технология. - 2021. - №8 (03). - С. 28-31.
- [4] Шабурова, Г.В. Функционально-технологические свойства мучной смеси с плодами калины обыкновенной/Г.В. Шабурова, А.О. Павлова// Инновационная техника и технология. - 2021. - №8 (04). - С. 22-26.
- [5] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В. М. Зимняков, О. Н. Кухарев, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. - 2017. - № 4(45). - С. 157-163. - EDN ZTIERL.
- [6] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, П. К. Гарькина [и др.]// Нива Поволжья. - 2019. - № 2(51). - С. 134-143. - EDN BIRIFZ.

References

- [1] Komiljonovna J. S., Babadjanovich I. I. Priority areas for improving the range of confectionery //Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2019. – no. 1-2.
- [2] Reznichenko, I.Yu. Formation of the assortment of flour confectionery products of a functional orientation / I.Yu. Reznichenko, T.V. Renzyaeva, A.N. Tabatorovich, I.V. Surkov, A.M. Chistyakov // Technique and technology of food production. -2017. -#2.
- [3] Shaburova, G.V. Viburnum fruits as a source of functional food ingredients / G.V. Shaburova, A.O. Pavlova//Innovative technique and technology. - 2021. - No. 8 (03). - S. 28-31.
- [4] Shaburova, G.V. Functional and technological properties of the flour mixture with the fruits of viburnum vulgare / G.V. Shaburova, A.O. Pavlova// Innovative technique and technology. - 2021. - No. 8 (04). - S. 22-26.
- [5] Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Niva Povolzhya. - 2017. - No. 4(45). - S. 157-163. - EDN ZTIERL.
- [6] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, P. K. Garkina [et al.] // Niva Povolzhya. - 2019. - No. 2 (51). - S. 134-143. - EDN BIRIFZ.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Павлова Анастасия Олеговна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: E-mail: pavlova.asss@yandex.ru</p>	<p>Pavlova Anastasia Olegovna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: E-mail: pavlova.asss@yandex.ru</p>
<p>Гарькина Полина Константиновна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>	<p>Garkina Polina Konstantinovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru</p>

Влияние лактулозосодержащей пищевой добавки на реологические свойства ржано-пшеничного теста и качество хлеба

Пономарева Е.И., Титов С.А., Крор Д.В., Писаревский Д.С.

Аннотация. В статье приведены результаты исследования влияния лактулозосодержащей пищевой добавки на основе творожной сыворотки на реологические свойства теста и качество хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки. Установлено, что с ростом дозировки лактулозосодержащей пищевой добавки увеличивается показатель расплываемости ржано-пшеничного теста, снижается его вязкость и предельное напряжение сдвига. В результате рекомендована рациональная дозировка лактулозосодержащей пищевой добавки на основе творожной сыворотки - 60 % к массе муки.

Ключевые слова: лактулозосодержащая пищевая добавка, ржано-пшеничное тесто, реологические свойства полуфабриката, хлеб.

Для цитирования: Пономарева Е.И., Титов С.А., Крор Д.В., Писаревский Д.С. Влияние лактулозосодержащей пищевой добавки на реологические свойства ржано-пшеничного теста и качество хлеба // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 20–23. EDN: RVXQEG.

The effect of a lactulose-containing food additive on the rheological properties of rye-wheat dough

Ponomareva E.I., Titov S.A., Krop D.V., Pisarevsky D.S.

Abstract. The article presents the results of a study of the effect of a lactulose-containing food additive based on curd whey on the rheological properties of dough and the quality of bread made from a mixture of rye and wheat flour. It was found that with an increase in the dosage of a lactulose-containing food additive, the spreadability index of rye-wheat dough increases, its viscosity and the ultimate shear stress decreases. As a result, a rational dosage of lactulose-containing dietary supplement based on curd whey is recommended - 60% by weight of flour.

Keywords: lactulose-containing food additive, rye-wheaten dough, rheological dough properties, bread.

For citation: Ponomareva E.I., Titov S.A., Krop D.V., Pisarevsky D.S. The effect of a lactulose-containing food additive on the rheological properties of rye-wheat dough. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 20–23. EDN: RVXQEG. (In Russ.).

Введение

Ржаной и ржано-пшеничный хлеб на протяжении многих столетий занимает особое место в рационе питания народов России. Известно, что благодаря особенностям ржаной муки хлеб из нее более полезен, по сравнению с хлебом из пшеничной муки [1]. Однако, как в процессе тестопротравки на производстве, так и при разработке новых рецептов в лабораторных условиях, возникает ряд сложностей, связанных со стабилизацией консистенции ржано-пшеничного теста при добавлении дополнительного сырья. Изучение влияния вносимых пищевых добавок на структурообразование в

тесте имеет важное технологическое значение, что позволяет спрогнозировать свойства хлебобулочных изделий и скорректировать технологические приёмы [2]. Во время исследований возникают трудности связанные со стабильностью результата и его повторяемостью. Это проявляется в том, что промежуточные показатели качества конечного продукта – хлеба, в значительной мере зависят от реологических свойств и поведения ржаного или ржано-пшеничного теста.

Поэтому необходимо контролировать реологические свойства полуфабриката, так как введение дополнительного сырья в рецептуру может привести к значительному изменению консистенции и

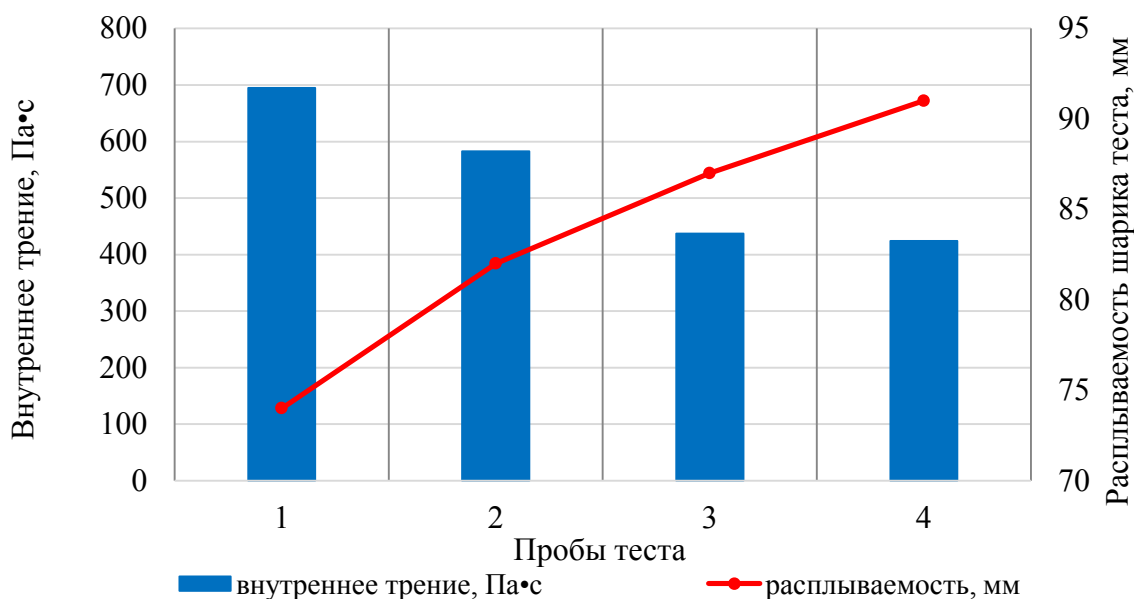


Рис. 1. Изменение внутреннего трения и расплываемости шарика теста через 60 мин брожения в зависимости от дозировки лактулозосодержащей пищевой добавки, %: 1 - 0; 2 - 50; 3 - 60; 4 - 70.

других характеристик теста, что отрицательно повлияет на процессы его разделки и выпечки изделий. В результате это скажется на качестве готовой продукции, приведет к потерям сырья, увеличит отходы производства и энергозатраты [3].

Целью работы было исследование влияния различной дозировки лактулозосодержащей пищевой добавки на основе творожной сыворотки (ТУ 9199-496-02068108-2018) на реологические свойства ржано-пшеничного теста.

Объекты и методы исследований

Обогатитель был получен на установке, разработанной на кафедре физики, теплотехники и теплоэнергетики (ФТиТ) ФГБОУ ВО «ВГУИТ» [4]. Натуральная творожная сыворотка (ТУ 9223-002-89334231-2011) обрабатывалась мембранной электрофлотацией, во время которой водородный показатель сыворотки повышался с 4,5 до 11,5-11,8. При дальнейшем нагревании сыворотки до температуры около 70°C происходила тепловая изомеризация части лактозы в лактулозу [5, 6].

Тесто влажностью 48 % готовили по рецептуре хлеба дарницкий (ГОСТ 26983-2015) из смеси муки ржаной обдирной и пшеничной первого сорта в соотношении 60:40, дрожжей прессованных хлебопекарных, соли пищевой, воды питьевой, закваски пастеризованной «Эйва-ржаная 200»

(ТУ 9195-004-31058817-2015), лактулозосодержащей пищевой добавки на основе творожной сыворотки. Закваску вносили в тесто в дозировке 3 % к массе муки. Полуфабрикат готовили по четырем вариантам: 1 – без внесения добавки (контроль); с внесением лактулозосодержащей пищевой добавки с различной дозировкой, %: 2 - 50; 3 - 60; 4 – 70.

В процессе брожения теста в течение 60 мин в исследуемых пробах определяли изменение рас-

плываемости шарика теста [7]. Внутреннее трение находили по способности шарика теста расплываться со временем под действием собственной силы тяжести, которая зависит от внутреннего трения между слоями полуфабриката. Предельное напряжение сдвига изучали на приборе, разработанном на кафедре ФТиТ ФГБОУ ВО «ВГУИТ». В хлебе через 3 ч после выпечки определяли удельный объем и пористость мякиша [7].

Результаты и их обсуждение

Выявлено, что с ростом дозировки лактулозосодержащей пищевой добавки значение показателя расплываемости в исследуемых образцах теста в процессе брожения увеличивалось. Это происходит в результате повышения осмотического давления теста и, как следствие, перераспределения свободной и связанной влаги в нем. Установлено, что увеличение массы обогатителя в рецептуре способствует снижению внутреннего трения в тестовых заготовках (рис. 1). Это связано с тем, что молочная кислота, содержащаяся в добавке, интенсифицирует процесс набухания и пептизации белков, что приводит к чрезмерному разжижению теста и снижению его способности удерживать форму при расстойке и выпечке.

Результаты определения предельного напряжения сдвига, являющегося одной из основных реологических характеристик пластично-вязких материалов, в частности теста, выявили, что с увеличением дозировки лактулозосодержащей пищевой добавки значение исследуемого показателя в образцах теста снижается с 5603 до 3392 Н/м² (рис. 2). Это затрудняет деление тестовых заготовок и способствует снижению качества хлеба (изделие получается с пониженным удельным объемом и меньшей пористостью).

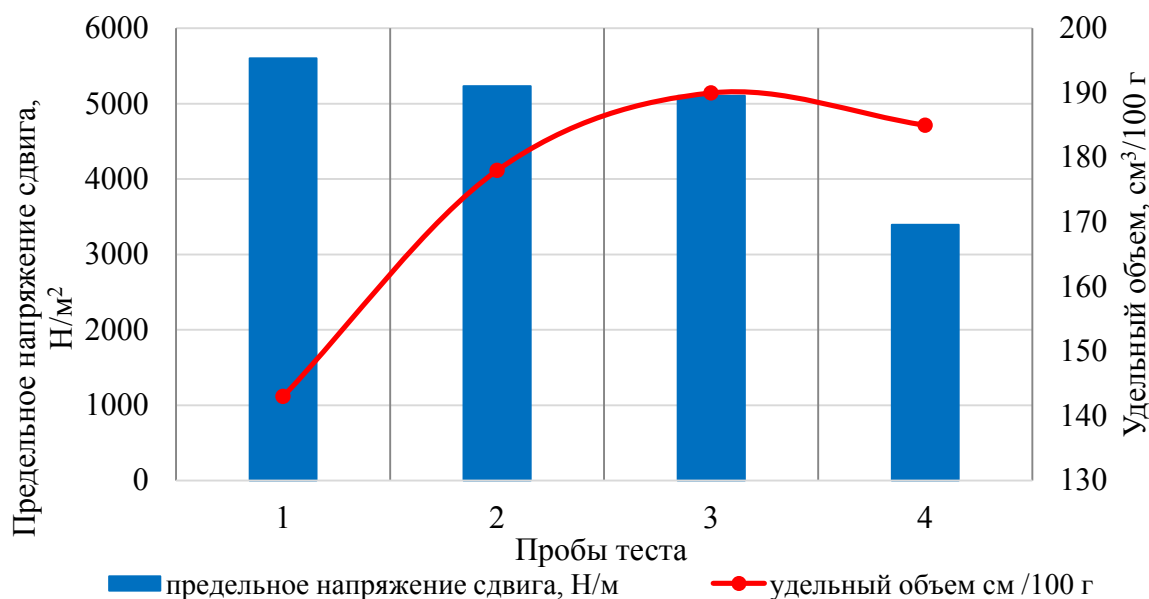


Рис. 2. Изменение предельного напряжения сдвига теста и удельного объема хлеба в зависимости от дозировки лактулозосодержащей пищевой добавки, %: 1 - 0; 2 - 50; 3 - 60; 4 - 70.

Установлено, что внесение обогатителя до 60 % способствовало росту удельного объема готового изделия. Минимальное значение (143 см^3) наблюдалось в контрольном образце, а максимальное (190 см^3) - в хлебе с дозировкой добавки 60 %. Дальнейшее увеличение массы лактулозосодержащей пищевой добавки в тесте приводило к снижению удельного объема готового изделия (рис. 2).

Определено, что хлеб с дозировкой 60 % обогатителя характеризовался наибольшим значением пористости (62 %) по сравнению с другими образцами.

Выводы

Таким образом, выявлен характер изменения внутреннего трения и предельного напряжения

сдвига теста из смеси ржаной и пшеничной муки с внесением лактулозосодержащей пищевой добавки на основе творожной сыворотки. Установлено, что значения исследуемых показателей снижаются с увеличением массы обогатителя в тесте.

В результате рекомендована рациональная дозировка лактулозосодержащей пищевой добавки на основе творожной сыворотки - 60 % к массе муки, так как она обеспечивает получение ржано-пшеничного хлеба с максимальными значениями удельного объема ($190 \text{ см}^3/100 \text{ г}$) и пористости (62 %).

Следовательно, при внесении в тесто дополнительных компонентов необходимо тщательно следить за реологическими свойствами полуфабриката для получения продукта с наилучшими показателями качества.

Литература

- [1] Гильмиярова, О. Д. Использование инновационных ингредиентов для обогащения ржано-пшеничного хлеба [Текст] / О. Д. Гильмиярова, О. Е. Бакуменко, Л. Н. Шатнюк, П. В. Бакуменко // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. - 2021. - С. 235-240.
- [2] Андреев, А. Н. Применение методов реологии для стабилизации консистенции ржано-пшеничного теста при использовании дополнительного сырья [Текст] / А. Н. Андреев, Ю. А. Виноградов // Процессы и аппараты пищевых производств. - 2011. - № 2. - С. 56-63.
- [3] Широков, А.В. Влияние концентрированной поликомпонентной добавки на реологические свойства теста для хлебобулочных изделий [Текст] / А.В. Широков, Л. О. Широкова, Т. И. Демидова // Хлебпродукты. - 2015. - № 4. - С. 46-47.

References

- [1] Gilmiyarova, O. D. The use of innovative ingredients for the enrichment of rye-wheat bread [Text] / O. D. Gilmiyarova, O. E. Bakumenko, L. N. Shatnyuk, P. V. Bakumenko // Food technologies of the future: innovations in production and processing of agricultural products. - 2021. - S. 235-240.
- [2] Andreev, A. N. Application of rheology methods to stabilize the consistency of rye-wheat dough when using additional raw materials [Text] / A. N. Andreev, Yu. A. Vinogradov // Food production processes and apparatuses. - 2011. - No. 2. - S. 56-63.
- [3] Shirokov, A.V. Influence of a concentrated polycomponent additive on the rheological properties of dough for bakery products [Text] / A.V. Shirokov, L. O. Shirokova, T. I. Demidova // Bread products. - 2015. - No. 4. - S. 46-47.

- [4] Титов, С. А. Свойства творожной сыворотки после электрофлотационной обработки [Текст] / С. А. Титов, Н. П. Довгун, В. Н. Жданов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания. - 2014. - № 1. - С. 79-83.
- [5] Evdokimov, I. A. Ultrafiltration concentrating of curd whey after electroflotation treatment / I. A. Evdokimov, S. A. Titov, K. K. Polanskyd and
- [6] D. D. Saico // Food and Raw Materials. - 2017. - vol. 5. - no. 1, pp. 131-136.
- [7] Пономарева, Е. И. Эффективность использования лактулозосодержащей пищевой добавки на основе творожной сыворотки в рецептуре хлеба из пшеничной муки [Текст] / Е. И. Пономарева, С. А. Титов, Ю. П. Губарева, Д. В. Кроп // Инновационная техника и технология. - 2021. - № 2. - С. 11-14.
- [8] Практикум по технологии отрасли (технология хлебобулочных изделий) : учебное пособие для вузов / Е. И. Пономарева, С. И. Лукина, Н. Н. Алехина [и др.]. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 316 с.
- [4] Titov, S. A. Properties of cottage cheese whey after electroflotation treatment [Text] / S. A. Titov, N. P. Dovgun, V. N. Zhdanov // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. - 2014. - No. 1. - S. 79-83.
- [5] Evdokimov, I. A. Ultrafiltration concentrating of curd whey after electroflotation treatment / I. A. Evdokimov, S. A. Titov, K. K. Polanskyd and
- [6] D. D. Saico // Food and Raw Materials. - 2017. - vol. 5. - no. 1, pp. 131-136.
- [7] Ponomareva, E. I. Efficiency of using a lactulose-containing food additive based on curd whey in the recipe for wheat flour bread [Text] / E. I. Ponomareva, S. A. Titov, Yu. P. Gubareva, D. V. Krop // Innovative technique and technology. - 2021. - No. 2. -pp. 11-14.
- [8] Workshop on industry technology (technology of bakery products): textbook for universities / E. I. Ponomareva, S. I. Lukina, N. N. Alekhina [and others]. - 4th ed., erased. - St. Petersburg: Lan, 2022. - 316 p.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Пономарева Елена Ивановна доктор технических наук профессор кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19 E-mail: elena6815@yandex.ru</p>	<p>Ponomareva Elena Ivanovna D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries» Voronezh State University of Engineering Technologies E-mail: elena6815@yandex.ru</p>
<p>Титов Сергей Александрович доктор технических наук профессор кафедры «Физики, теплотехники и теплоэнергетики» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19 E-mail: 125titov@mail.ru</p>	<p>Titov Sergey Alexandrovich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Physicists, heat engineering and heat power engineering» Voronezh State University of Engineering Technologies E-mail: 125titov@mail.ru</p>
<p>Кроп Диана Владимировна студент кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19</p>	<p>Kropa Diana Vladimirovna student of the department «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries» Voronezh State University of Engineering Technologies</p>
<p>Писаревский Д.С. студент кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19</p>	<p>Pisarevsky D.S. student of the department «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries» Voronezh State University of Engineering Technologies</p>

Изменение физико-химических свойств экструдата из риса при вакуумной экструзии

Фролов Д.И., Симаков Д.Г.

Аннотация. В статье проведено изучение влияния переменных на экструзию рисовой муки при помощи вакуумного экструдера и сравнение с обычной атмосферной экструзией. Анализ переменных был проведен с помощью методологии поверхности отклика. Программа Statistica 10 была использована для составления плана эксперимента, проведения статистического анализа и использовалась для разработки, оценки эффектов и получения поверхностей отклика. Экструзионные смеси были приготовлены из рисовой муки (50%) и муки коричневого риса (50%), а содержание влаги варьировалось от 25% до 35%. В качестве независимых переменных процесса экструзии выступали: температура, влажность сырья, скорость вращения шнека и величина вакуума. Зависимыми переменными отклика были: насыпная плотность, индекс водопоглощения и удельная механическая энергия. Все независимые параметры оказывали значительное влияние на насыпную плотность. Повышение уровня вакуума увеличивает индекс водопоглощения за счет образования пористой структуры. Содержание влаги в смеси оказывает значительное влияние на удельную механическую энергию. можно сделать вывод, что вакуумная экструзия является эффективным способом получения расширенных экструдатов с измененными физико-химическими свойствами.

Ключевые слова: экструзия, вакуум, рис, мука, насыпная плотность, индекс водопоглощения, удельная механическая энергия.

Для цитирования: Фролов Д.И., Симаков Д.Г. Изменение физико-химических свойств экструдата из риса при вакуумной экструзии // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 24–30. EDN: SFBFQN.

Changes in the physicochemical properties of rice extrudate during vacuum extrusion

Frolov D.I., Simakov D.G.

Abstract. The article studies the influence of variables on the extrusion of rice flour using a vacuum extruder and compares it with conventional atmospheric extrusion. Variable analysis was carried out using the response surface methodology. The Statistica 10 program was used to design the experiment, perform the statistical analysis, and was used to design, evaluate effects, and obtain response surfaces. Extrusion mixtures were made from rice flour (50%) and brown rice flour (50%), and the moisture content varied from 25% to 35%. The independent variables of the extrusion process were: temperature, raw material moisture content, screw rotation speed and vacuum value. The dependent response variables were: bulk density, water absorption index and specific mechanical energy. All independent parameters had a significant effect on the bulk density. Increasing the vacuum level increases the water absorption index due to the formation of a porous structure. The moisture content of the mixture has a significant effect on the specific mechanical energy. it can be concluded that vacuum extrusion is an effective way to obtain expanded extrudates with modified physicochemical properties.

Keywords: extrusion, vacuum, rice, flour, bulk density, water absorption index, specific mechanical energy.

For citation: Frolov D.I., Simakov D.G. Changes in the physicochemical properties of rice extrudate during vacuum extrusion. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 24–30. EDN: SFBFQN. (In Russ.).

Введение

Экструзия представляет собой высокотемпературный кратковременный процесс, часто используемый для производства сухих завтраков, готовых к употреблению закусок с расширенной структурой и хрустящей текстурой [2].

Рис является привлекательным сырьем для производства безглютеновых продуктов питания методом экструзии. Для экструдированного продукта обычно используется полированный рис или белый рис, хотя существует несколько сортов риса, содержащих цветные пигменты, такие как черный, фиолетовый и красный рис. Красный рис является отличным источником фенольных соединений. Он содержит значительное количество антоцианов, фенольных кислот, флавоноидов и витаминов. Однако все эти соединения термолабильны и разрушаются

при термической обработке. Большинство фенольных соединений разрушается во время экструзии. В ряде исследований сообщалось, что использование сверхкритической жидкости во время экструзии снижает потери различных биоактивных соединений [5]. Однако нет подробных отчетов о влиянии вакуумной экструзии на физико-химические свойства расширенных экструдированных продуктов на основе рисовой муки [3].

Методология поверхности отклика считается эффективным инструментом для разработки взаимосвязи между независимыми переменными и целевыми параметрами. В методологии поверхности отклика влияние и взаимодействие переменных оценивается с помощью статистических методов для разработки эмпирической математической модели. Из-за сложности и изменчивости экструзия

Таблица 1 - План эксперимента с независимыми и зависимыми переменными

№	Температура (Т), °С	Влажность сырья (W), %	Скорость вращения шнека (n), об/мин	Вакуум (p), кПа	Насыпная плотность (В), кг/м ³	WAI, г/г	УМЭ, кДж/кг
1	70	30	300	27	623	4,44	130
2	77,5	27,5	350	13	689	5,07	147
3	77,5	32,5	350	40	581	5,99	123
4	85	30	400	27	684	3,96	145
5	77,5	27,5	250	13	731	3,87	134
6	85	30	300	27	630	4,07	140
7	85	30	300	27	661	4,77	142
8	100	30	300	27	437	4,43	119
9	92,5	32,5	250	40	486	4,98	104
10	77,5	32,5	350	13	586	4,12	112
11	85	30	300	27	654	4,51	144
12	92,5	27,5	250	40	508	4,96	114
13	85	25	300	27	625	5,19	144
14	92,5	27,5	250	13	578	4,04	115
15	92,5	32,5	350	40	534	4,69	159
16	92,5	27,5	350	40	476	4,76	150
17	85	30	300	27	641	4,02	145
18	85	30	300	27	635	4,97	147
19	92,5	32,5	250	13	532	4,92	120
20	77,5	32,5	250	13	639	4,44	107
21	85	30	300	0	615	4,68	147
22	85	30	300	53	429	4,81	148
23	77,5	27,5	250	40	599	4,92	151
24	85	30	200	27	614	4	100
25	77,5	27,5	350	40	533	8,09	157
26	85	30	300	27	624	4,99	150
27	92,5	27,5	350	13	589	5,02	165
28	92,5	32,5	350	13	573	3,63	158
29	77,5	32,5	250	40	600	4,28	100
30	85	35	300	27	611	4,93	113

Таблица 2 – Качественные показатели модели

Зависимая переменная	Множест. - R	Множест. - R2	F	p
Насыпная плотность (B), кг/м ³	0,97	0,95	20,25	0
WAI, г/г	0,84	0,7	2,5	0,04
УМЭ, кДж/кг	0,97	0,95	19,66	0

пищевых продуктов рассматривается как сложный нелинейный процесс.

Целью настоящего исследования было изучение влияния переменных на экструзию рисовой муки при помощи вакуумного экструдера и сравнение с обычной атмосферной экструзией. Анализ переменных был проведен с помощью методологии поверхности отклика. Исследование было посвящено влиянию вакуумной экструзии на физико-химические свойства расширенных экструдатов на основе рисовой муки.

Объекты и методы исследования

Экструзионные смеси были приготовлены из рисовой муки (50%) и муки коричневого риса (50%), а содержание влаги варьировалось от 25% до 35%. В данном исследовании коричневый рис

выступал в качестве наполнителя и для сохранения цвета. Все эксперименты по экструзии проводили с использованием одношнекового лабораторного экструдера ЭК-40 (диаметр шнека 40 мм) с использованием фильеры диаметром 3 мм. Скорость вращения шнека (200-400 об/мин), температура ствола экструдера (70-100°C) и вакуум (0-53 кПа) во время экструзии варьировались, как показано в таблице 1. Экструдат был высушен при 60°C в течение 2 часов для достижения содержания влаги 10%.

Насыпная плотность образца определялась в трех экземплярах. Кусочки экструдата длиной 5 см заполняли в мерный цилиндр объемом 500 мл путем постукивания. Затем насыпную плотность образца определяли как массу экструдатов, деленную на объем, и выражали в кг/м³.

Индекс водопоглощения (WAI) измеряет объем, занимаемый гранулами или крахмальным полимером после набухания в избытке воды. Индекс растворимости в воде (WSI) определяет количество свободного полисахарида или полисахарида, высвобождающегося из гранулы при добавлении избытка воды. Измельченный экструдат суспендировали в воде при комнатной температуре ($28 \pm 2^\circ\text{C}$) в течение 30 минут и осторожно перемешивали, затем центрифугировали при 3000 оборотах в течение 15 минут. Индекс водопоглощения (WAI) представлял

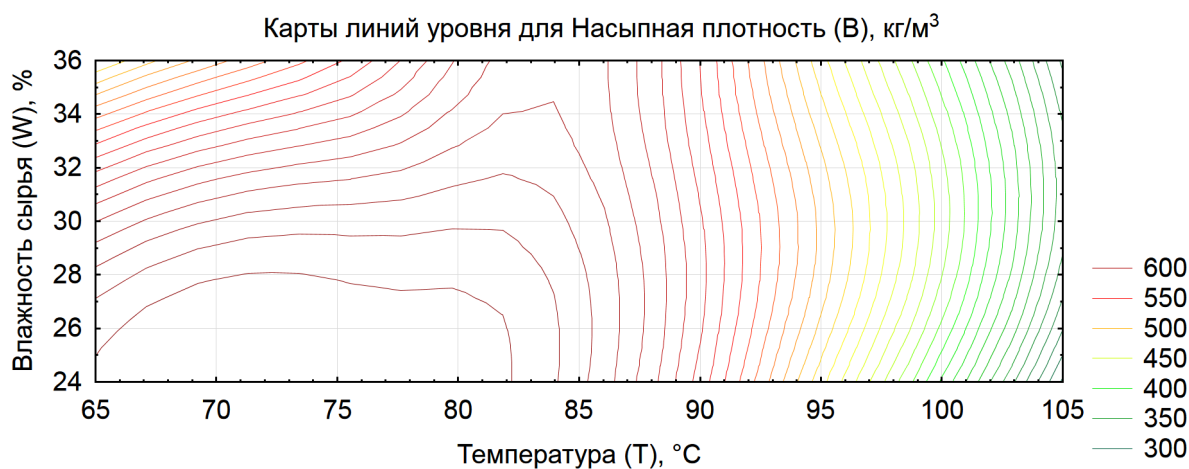


Рис.1. Карта линий уровня зависимости насыпной плотности от влажности сырья и температуры

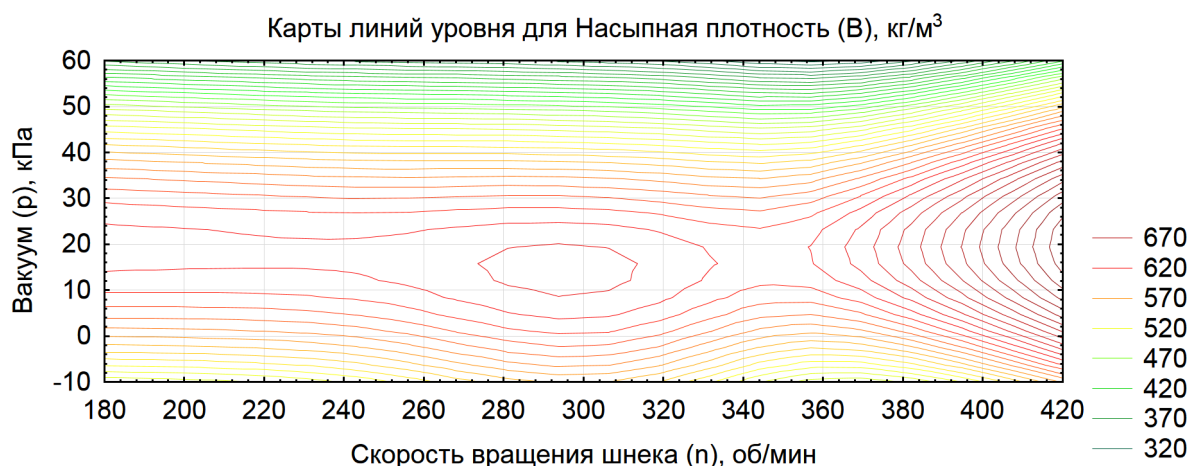


Рис.2. Карта линий уровня зависимости насыпной плотности от величины вакуума и скорости вращения шнека

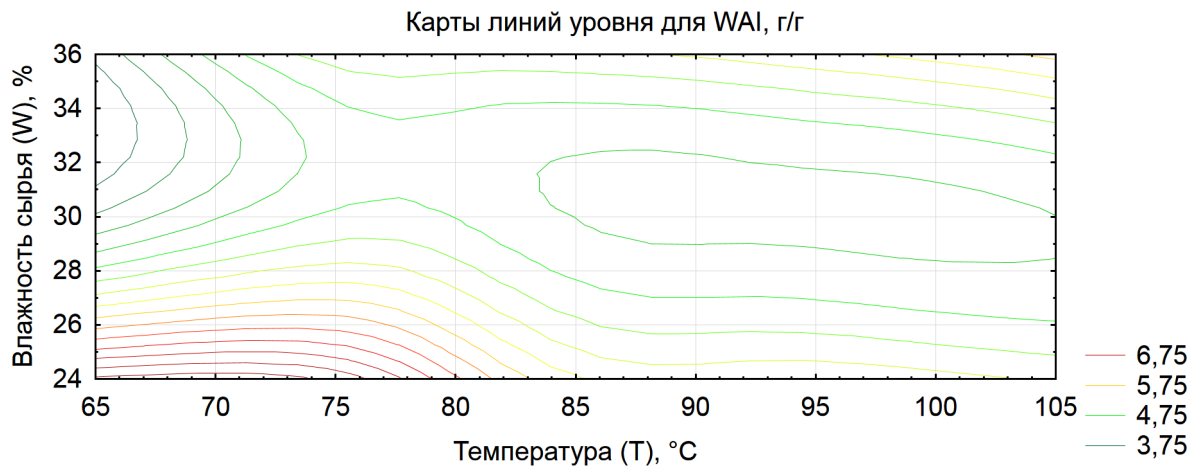


Рис.3. Карта линий уровня зависимости индекса водопоглощения (WAI) от влажности сырья и температуры

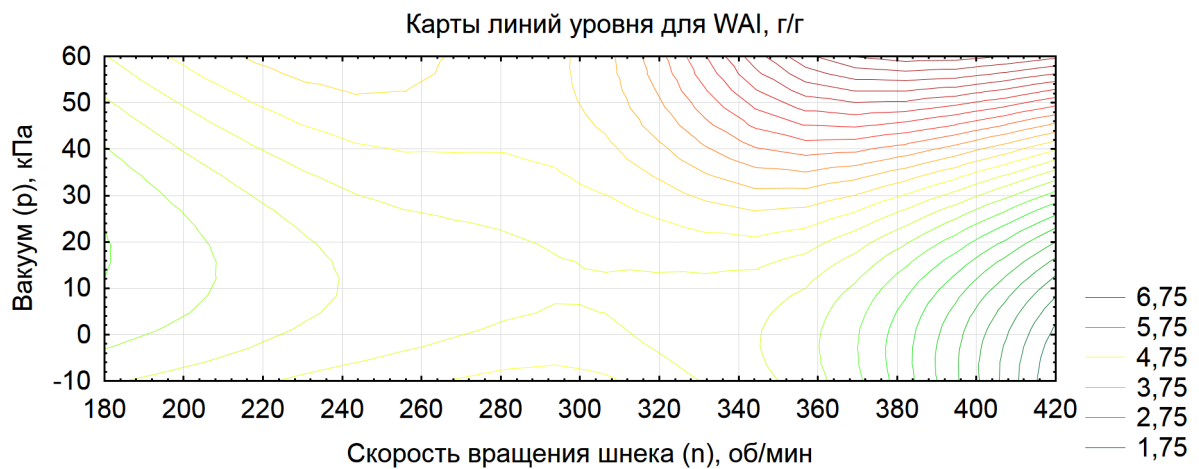


Рис.4. Карта линий уровня зависимости индекса водопоглощения (WAI) от величины вакуума и скорости вращения шнека

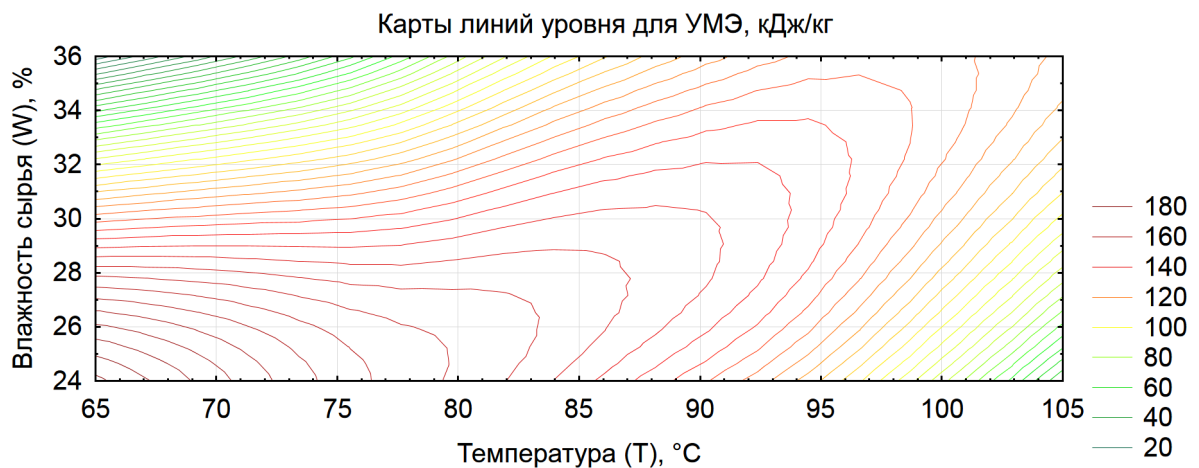


Рис.5. Карта линий уровня зависимости УМЭ от влажности сырья и температуры

собой массу геля, полученного после удаления надосадочной жидкости, на единицу массы исходного сухого вещества. Индекс растворимости в воде (WSI) - масса сухого вещества в супернатанте, выраженная в процентах от исходной массы образца.

Удельная механическая энергия (УМЭ) может быть определена как энергия, передаваемая моторным приводом материалу в экструдере на единицу массы.

Центральное композиционное планирование эксперимента использовалось для оценки влияния переменных процесса экструзии на удельную механическую энергию и физические свойства экструдатов. Программа Statistica 10 была использована для составления плана эксперимента, проведения статистического анализа и использовалась для разработки, оценки эффектов и получения поверхностей отклика.

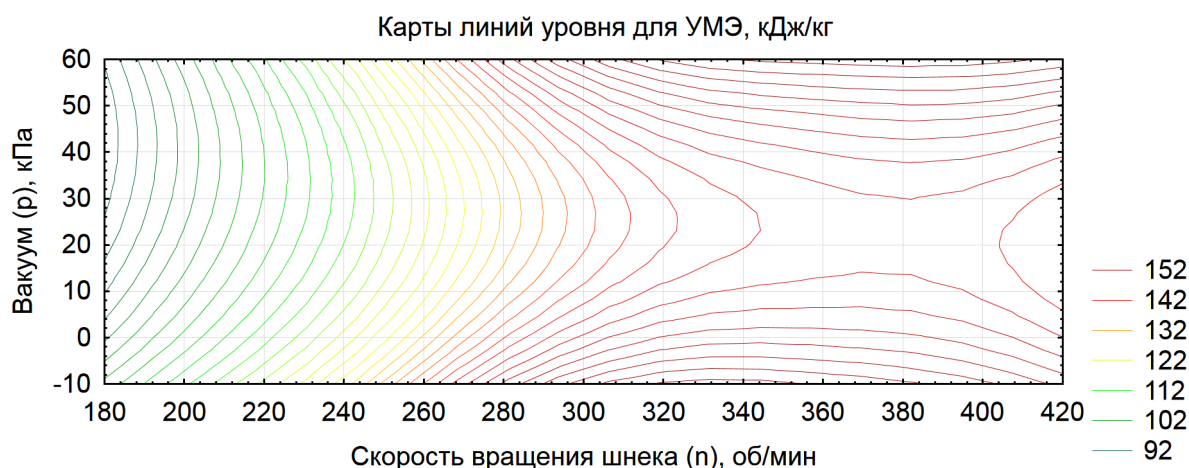


Рис. 6. Карта линий уровня зависимости УМЭ от величины вакуума и скорости вращения шнека

Результаты и их обсуждение

На рисунках 1 и 2 показано влияние параметров экструзии на насыпную плотность экструдатов. Насыпная плотность экструдатов варьировалась от 409 до 764 кг/м³. Все независимые параметры оказывали значительное влияние на насыпную плотность (Таблица 2) с высоким коэффициентом детерминации (0,97). Насыпная плотность экструдата уменьшалась с увеличением температуры в стволе экструдера. Во время экструзии повышение температуры процесса увеличивает количество перегретого пара, который усиливает образование пузырьков и снижает вязкость расплава, что приводит к получению продукта с низкой насыпной плотностью экструдатов. Увеличение уровня вакуума, по-видимому, снижает насыпную плотность экструдатов [4]. При применении вакуума, влага, присутствующая в сырье, испаряется при низкой температуре, поэтому объем экструдатов увеличивается, что приводит к снижению насыпной плотности. Возможно, что увеличение уровня вакуума также увеличивает количество воздушных пузырьков, присутствующих в экструдате, что приводит к уменьшению насыпной плотности. Насыпная плотность образца увеличивается с увеличением содержания влаги. Другие исследователи сообщали, что молекулярная структура амилопектина изменяется из-за изменения содержания влаги во время экструзии, поэтому эластичность расплава уменьшается, его выход снижает желатинизацию и тем самым уменьшает расширение и увеличивает плотность экструдата [1]. Скорость вращения шнека также влияет на насыпную плотность экструдатов. Увеличение скорости вращения шнека незначительно увеличивает насыпную плотность. Это связано с тем, что увеличение скорости вращения шнека в процессе переработки уменьшает время пребывания сырья в экструдере и, таким образом, снижает степень желатинизации крахмала, что уменьшает воздухоудерживающую способность, приводя к увеличению насыпной плотности.

На рисунках 3 и 4 показано влияние перемен-

ных параметров экструзии на индекс водопоглощения (WAI) экструдатов. Значения WAI экструдатов изменяются от 3,87 до 6,09 г/г, в то время как контрольный образец (без экструзии) имеет 3,32 г/г. При увеличении содержания влаги до 30% увеличивается WAI, однако после 30% наблюдается обратная тенденция. Индекс водопоглощения измеряет степень поглощения воды крахмалом после набухания в избытке воды и сохраняет целостность образца в водной дисперсии. Увеличение содержания влаги в сырье приводит к снижению WAI, что обусловлено смазкой шнеков. Следовательно, происходит уменьшение сдвига и трения, что приводит к снижению влаги и, наконец, к получению нерасширенной структуры. Температура процесса также вызывает снижение WAI из-за увеличения деградации и декстринизации крахмала. Индекс водопоглощения также снижается с увеличением температуры ствола, если декстринизация или плавление крахмала преобладает над желатинизацией. Уровень вакуума также оказывает значительное влияние на индекс водопоглощения экструдатов. Повышение уровня вакуума увеличивает возможную WAI за счет образования пористой структуры, что приводит к увеличению поглощения воды. Однако скорость вращения шнека оказывает отрицательное влияние на WAI, что согласуется с данными других исследователей [6]. Это может быть связано с деградацией крахмала, которая вызывает снижение водоудерживающей способности молекул в результате уменьшения размера молекул.

На рисунках 5 и 6 показано влияние переменных параметров экструзии на удельную механическую энергию. Удельная механическая энергия (УМЭ) - это количество энергии, поступающей в экструзионную систему за счет вязкой диссипации, она варьируется от 100 до 165 кДж/кг (Таблица 1). Содержание влаги в смеси оказывает значительное влияние на УМЭ (Таблица 2). Увеличение содержания влаги в смеси значительно снижает УМЭ процесса экструзии. Высокое содержание влаги в смеси подразумевает смазывающий эффект, в результате чего снижается потребность в энергии и,

соответственно, уменьшается УМЭ. Повышение температуры экструзии снижает УМЭ. Высоко-температурная экструзия способствует преобразованию твердого потока в вязкоупругий поток, в основном за счет желатинизации крахмала. Таким образом, она снижает вязкость расплава, что в свою очередь уменьшает УМЭ. Увеличение скорости вращения шнека приводит к значительному увеличению УМЭ процесса экструзии, так как УМЭ прямо пропорциональна скорости шнека. Однако применяемый вакуум не оказывает значительного влияния на УМЭ.

Литература

- [1] Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Extruded Brown Rice / H.S. Gujral, P. Sharma, A. Kumar, B. Singh // *International Journal of Food Properties*. 2012. Т. 15. № 2. С. 301–311.
- [2] Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении / Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014. № 4. С. 79–83.
- [3] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д.И. Фролов [и др.] // *Нива Поволжья*. 2019. № 2 (51). С. 134–143.
- [4] Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // *Техника и технология пищевых производств*. 2016. № 3 (42). С. 104–111.
- [5] Mustapha N.A., Ruttarattanamongkol K., Rizvi S.S.H. The effects of supercritical fluid extrusion process on surface hydrophobicity of whey protein concentrate and its relation to storage and heat stability of concentrated emulsions // *Food Research International*. 2012. Vol. 48. № 2. P. 470–477.
- [6] O'Shea N., Gallagher E. Evaluation of novel-extruding ingredients to improve the physicochemical and expansion characteristics of a corn-puffed snack-containing pearled barley // *European Food Research and Technology*. 2019. Vol. 245. № 6. P. 1293–1305.

Выводы

Экструзия с использованием вакуума оказывает заметное влияние на насыпную плотность и индекс водопоглощения экструдатов по сравнению с обычной экструзией при атмосферном давлении. Увеличение скорости вращения шнека приводит к значительному увеличению удельной механической энергии процесса экструзии. Таким образом, можно сделать вывод, что вакуумная экструзия является эффективным способом получения расширенных экструдатов с измененными физико-химическими свойствами.

References

- [1] Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Extruded Brown Rice / H.S. Gujral, P. Sharma, A. Kumar, B. Singh // *International Journal of Food Properties*. 2012. V. 15. No. 2. S. 301–311.
- [2] Prospects for the use of extruded buckwheat in brewing and baking / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*. 2014. No. 4. S. 79–83.
- [3] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D.I. Frolov [and others] // *Niva of the Volga region*. 2019. No. 2 (51). pp. 134–143.
- [4] Extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and food fibers / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // *Technique and technology of food production*. 2016. No. 3 (42). pp. 104–111.
- [5] Mustapha N.A., Ruttarattanamongkol K., Rizvi S.S.H. The effects of supercritical fluid extrusion process on surface hydrophobicity of whey protein concentrate and its relation to storage and heat stability of concentrated emulsions // *Food Research International*. 2012. Vol. 48. No. 2. P. 470–477.
- [6] O'Shea N., Gallagher E. Evaluation of novel-extruding ingredients to improve the physicochemical and expansion characteristics of a corn-puffed snack-containing pearled barley // *European Food Research and Technology*. 2019 Vol. 245. No. 6. P. 1293–1305.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>
<p>Симаков Данил Геннадьевич магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Simakov Danil Gennadievich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 632.51

Исследование засоренности сорняками посевов озимой пшеницы при севообороте

Блинохватов А.А., Пияйко П.И.

Аннотация. В статье изучалось влияние севооборотов на засоренность сорняками посевов озимой пшеницы. Озимая пшеница, как вторая культура в структуре посева, обычно возделывается в двух системах земледелия: в непрерывном и двухпольном севообороте. Исходя из этого, целью настоящего исследования была организация постоянных севооборотов в экспериментальном сельскохозяйственном хозяйстве. Севообороты, как практика возделывания сельскохозяйственных культур, являются сложной категорией с широким воздействием на почву и посевы. В данной работе представлены результаты влияния различных систем растениеводства (севооборот и непрерывное возделывание) на сообщество сорняков в посевах озимой пшеницы в течение двух лет исследований (2019/2020 и 2020/2021). Севообороты, особенно трех- и двухпольные севообороты, были более эффективны в подавлении сорных растений по видам и биомассы сорняков, чем непрерывная культивация.

Ключевые слова: сорняки, озимая пшеница, непрерывная культивация, севообороты.

Для цитирования: Блинохватов А.А., Пияйко П.И. Исследование засоренности сорняками посевов озимой пшеницы при севообороте // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 31–35. EDN: SRZDLK.

Research of weed infestation of winter wheat crops during crop rotation

Blinohvatov A.A., Piyaiiko P.I.

Abstract. The article studied the influence of crop rotations on weed infestation of winter wheat crops. Winter wheat, as the second crop in the crop pattern, is usually cultivated in two cropping systems: in continuous and two-field crop rotation. Based on this, the purpose of this study was to organize constant crop rotations in an experimental agricultural farm. Crop rotations, as a cropping practice, are a complex category with wide impacts on soil and crops. This paper presents the results of the impact of various crop production systems (crop rotation and continuous cultivation) on the weed community in winter wheat crops during two years of research (2019/2020 and 2020/2021). Crop rotations, especially three- and two-field rotations, were more effective in suppressing weeds by species and weed biomass than continuous cultivation.

Keywords: weeds, winter wheat, continuous cultivation, crop rotations.

For citation: Blinohvatov A.A., Piyaiiko P.I. Research of weed infestation of winter wheat crops during crop rotation. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 31–35. EDN: SRZDLK. (In Russ.).

Введение

Наиболее важной характеристикой интенсивного растениеводства, особенно таких важных видов, как пшеница, является стабильность урожая. Однако такое производство должно сопровождаться высокими затратами (глубокая обработка почвы, высокие затраты на пестициды, ирригацию) и правильной системой возделывания. В результате в научном и профессиональном сообществе возрос интерес к нехимическим методам подавления сорняков, органическому сельскохозяйственному производству и высаживанию растений-компаньонов, то есть к изменениям в системе возделывания полевых культур.

В ситуации, когда цены на сельскохозяйственную продукцию сильно колеблются, производители очень часто избегают высокоинтенсивных систем. Они выбирают экстенсивные системы и вынуждены использовать непрерывные посевы, что приводит к массовому появлению сорняков, одного из самых больших ограничивающих факторов сельскохозяйственного производства. Сорные растения особенно восприимчивы к механическим, химическим и особенно фитосанитарным мерам (севооборот). Применение севооборота может значительно повысить урожайность. Одной из наиболее важных причин повышения урожайности является снижение засоренности сорняками, особенно количества растений на один вид многолетних сорняков. Два, три и четыре севооборота имеют исключительное значение для снижения засоренности сорняками наиболее важных полевых культур (кукурузы, пшеницы и соевых бобов).

Все указанные исследования подчеркивают снижение количества сорных растений на вид, количества многолетних сорняков и, следовательно, снижение биомассы сорняков на единицу площади. Ситуация в значительной степени обратная, когда озимая пшеница выращивается в непрерывном посеве, особенно в долгосрочном непрерывном посеве. На основании исследований [1, 2] пришли к выводу, что чем дольше длилась непрерывная культивация, тем ниже была урожайность пшеницы. Причиной этого было увеличение количества и биомассы сорняков на единицу площади. Урожайность зерна озимой пшеницы при непрерывном посеве и культивации были значительно снижены из-за чрезвычайно высокой засоренности сорняками в таких долгосрочных системах выращивания.

Влияние севооборота на засоренность посевов сорняками носит длительный характер. Эф-

фекты непрерывного земледелия нельзя объяснить за короткий период, так и эффекты севооборотов, особенно многовидовых, можно объяснить только после длительного выращивания определенной культуры в таких системах земледелия. В статье анализируется засоренность пшеницы сорняками в зависимости от севооборота за период.

Объекты и методы исследования

Испытание с различными системами выращивания растений было заложено на выщелоченном черноземе в экспериментальном сельскохозяйственном хозяйстве в Пензе.

Наблюдались следующие системы культивирования:

- непрерывное возделывание (озимая пшеница, кукуруза и соевые бобы) и различные севообороты:
- двухпольный севооборот (озимая пшеница - кукуруза)
- трехпольный севооборот (озимая пшеница – соя - бобы).

Размер участка под одной культурой, то есть в одном севообороте, составлял 12 площадей.

Общие традиционные методы возделывания сельскохозяйственных культур, специфичные для каждой отдельной культуры, применялись в системах, непрерывных посевах и севооборотах.

Долгосрочное влияние различных систем культивирования на засоренность сорняками наблюдалось на образцах сорняков, взятых по методу одного квадратного метра площади. Флористический состав, количество сорных растений каждого вида и свежая биомасса были определены в поле, затем была измерена воздушно-сухая биомасса сорняков.

Все параметры засоренности сорняками были статистически обработаны методом однофакторного дисперсионного анализа (STATISTICA 10), а для индивидуального сравнения различий между средними использовался тест наименьших значимых различий.

В таблице 1 представлены погодные условия на экспериментальном поле во время исследований по засоренности озимой пшеницы сорняками. Оба года исследований были благоприятными для озимой пшеницы. Распределение осадков во второй год исследований (2020/2021) было особенно благоприятным, что способствовало массовому появлению сорняков. Первый год исследований (2019/2020) характеризовался двумя засушливыми периодами. Первая засуха наблюдалась осенью

Таблица 1 – Метеорологические данные (температура и осадки) в Пензенской области в период исследования

Год/месяцы		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Среднее за год
2019/2020 и 2020/2021	Температура, °С	-8,6	-8,5	-2,9	7	14,8	18,6	20,7	18,9	12,9	6,1	-1,5	-6,8	5,7
	Осадки, мм	41	34	37	38	45	62	56	52	50	48	44	43	45,8

2019 года, сдержала появление всходов озимой пшеницы и повлияла на вхождение в зиму слабо-развитых растений. Вторая засуха была короче и повлияла больше на урожай зерна пшеницы, чем на очень адаптивные виды доминирующих сорняков на наблюдаемой территории.

Результаты и их обсуждение

В таблицах 2 и 3 представлено долгосрочное влияние различных севооборотов и непрерывного посева на засоренность посевов озимой пшеницы сорняками. Различия между двумя годами исследований были небольшими, в основном это результат различных погодных условий, особенно суммы и распределения осадков в течение вегетационного периода озимой пшеницы. Севообороты не только влияют на снижение засоренности сорняками, но и приводят к повышению эффективности других методов возделывания культур в борьбе с сорняками, в первую очередь химических и механических мер обработки посевов.

Согласно данным, представленным в таблицах 2 и 3, сообщество сорняков озимой пшеницы на всех системах возделывания состояло из 13 и 15 видов сорняков в первый и второй год исследований. *Stellaria media* (L.) Vill. и *Veronica persica* Poir. преобладали среди однолетних видов сорняков, в то время как *Agropyrum repens* (L.) Beauv., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Cirsium arvense* (L.) Scop. и *Convolvulus arvensis* L. были доминирующими многолетними видами сорняков.

Наибольшее количество сорных растений и сорных растений по видам, со значительным количеством однолетних сорных растений по видам, было зарегистрировано в непрерывном посеве озимой пшеницы в оба года исследований. Преобладали многолетние виды сорняков, *Agropyrum repens* (L.) Beauv., *Cynodon dactylon* (L.) и *Convolvulus arvensis* L., и их количество было выше при более длительном непрерывном посеве. При непрерывном посеве было обнаружено не только большое количество сорных растений каждого вида, но и зафиксирована наибольшая свежая и воздушно-сухая биомасса сорняков. Опять же, многолетние сорные растения каждого вида доставляли больше хлопот, и их нелегко было уничтожить применением гербицидов. Несколько лет непрерывной обработки почвы привели к качественным изменениям в составе антропогенного сообщества сорняков, благодаря применению селективных гербицидов, которые успешно подавляли виды сорняков, а освободившуюся почву заселяли устойчивые и многолетние виды сорняков, помимо положительного влияния севооборота на снижение сорной растительности.

Севообороты, даже двухпольный севооборот, как севооборот с наименьшим количеством ротаций, положительно влияют на снижение засоренности сорняками. Севооборот является не только самой важной мерой, но и единственной мерой, которая может должным образом способствовать защите посевов от сорняков, болезней и вредителей. В оба года исследований в двухпольном и трехпольном севооборотах было меньшее коли-

Таблица 2 – Влияние систем возделывания на флористический состав сорняков на озимой пшенице (2019/2020)

№	Виды сорняков	севооборот		
		Непрерывное возделывание	двухпольный севооборот	трехпольный севооборот
1	<i>Agropyrum repens</i> (L.) Beauv.	3,66	-	1,33
2	<i>Avena fatua</i> L.	6	0,33	3
3	<i>Bilderdykia convolvulus</i> (L.) Dum.	1	1,33	0,33
4	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	1,33	1	-
5	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	3,33	0,66	0,66
6	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	2	1	0,33
7	<i>Galium aparine</i> L.	3	-	-
8	<i>Lepidium draba</i> L.	-	-	-
9	<i>Papaver rhoeas</i> L.	1,33	0,66	2,66
10	<i>Sinapis arvensis</i> L.	1,66	-	-
11	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	4,66	2	1,33
12	<i>Stenactis annua</i> (L.) Ness.	1	1,33	-
13	<i>Veronica persica</i> Poir.	3	1,33	2
	Общее количество сорных растений каждого вида на м ²	31,97	8,98	11,64
	Общее количество видов сорняков	12	9	8
	Количество однолетних сорных растений на вид	20,65	6,32	9,32
	Количество многолетних сорных растений на вид	11,32	2,66	2,32
	Свежая биомасса, г*м ²	186	64	32,83
	Воздушно-сухая биомасса, г*м ²	35,7	20,5	16,69

Таблица 3 – Влияние систем возделывания на флористический состав сорняков в озимой пшенице (2020/2021)

№	Виды сорняков	севооборот		
		Непрерывное возделывание	двухпольный севооборот	трехпольный севооборот
1	<i>Agropyrum repens</i> (L.) Beauv.	4	3	5,33
2	<i>Avena fatua</i> L.	0,66	-	-
3	<i>Bilderdykia convolvulus</i> (L.) Dum.	-	0,67	-
4	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	4,66	-	-
5	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	2,66	-	-
6	<i>Galium aparine</i> L.	1,33	-	-
7	<i>Papaver rhoeas</i> L.	0,66	1,33	0,67
8	<i>Polygonum aviculare</i> L.	1	-	-
9	<i>Sinapis arvensis</i> L.	-	-	0,67
10	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	2,66	2	2,33
11	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	2,66	0,67	0,67
12	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	4	4,67	3,33
13	<i>Veronica persica</i> Poir.	1,32	2,67	1,33
14	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	-	-	2,33
15	<i>Chenopodium album</i> L.	-	2,67	-
	Общее количество сорных растений каждого вида на м ²	25,61	17,68	16,66
	Общее количество видов сорняков	11	8	8
	Количество однолетних сорных растений на вид	11,63	14,01	10,66
	Количество многолетних сорных растений на вид	13,98	3,67	6
	Свежая биомасса, г*м ²	229	86,3	67,6
	Воздушно-сухая биомасса, г*м ²	73,9	26,7	20,4

чество видов сорняков и сорных растений на вид, чем в непрерывном севообороте, что согласуется с результатами, полученными другими учеными [3, 4, 5]. Мелкие зерна своей плотностью и хорошим покрытием мешают многим сорнякам, особенно в двухпольном и трехпольном севооборотах, в которых они занимают одну и ту же площадь за более короткий период. Кроме того, механические меры обработки почвы, применяемые после мелких зерновых, непосредственно уничтожают сорняки и снижают потенциальную засоренность сорняками, провоцируя их появление, чтобы уничтожить их до рассеивания семян.

Чередование культур с различными сроками посева (лето, весна, осень) и периодами роста, контрастными конкурентными характеристиками и несхожими методами управления может нарушить регенерационные ниши различных видов сорняков и предотвратить увеличение количества конкретных видов сорняков.

Увеличение количества сорных растений каждого вида на единицу площади означает усиление конкуренции за основные факторы роста и развития, следовательно, плотность посевов ниже, а без оптимальной плотности нет оптимальной урожайности. Наши исследования показывают, что наибольшее количество сорных растений каждого вида было выявлено в непрерывном севообороте, а наименьшее количество было установлено в двухпольном севообороте (первый год исследований), а также в

трехпольном севообороте (второй год исследований). Статистический анализ данных, полученных в первый год исследований, выявил статистически значимую зависимость между непрерывным земледелием и севооборотами. Во второй год исследований различия между двух- и трехпольным севооборотом, не были статистически значимыми.

Увеличение свежей биомассы сорняков на единицу площади в основном является результатом большего присутствия многолетних или однолетних широколистных сорняков, которые, как правило, более конкурентоспособны и подавляют основную культуру. В оба года исследований самые низкие значения свежей биомассы сорняков на единицу площади были получены в трехпольном севообороте. Различия в свежей биомассе сорняков между системами возделывания были в основном статистически очень значимыми, за исключением разницы между двумя севооборотами.

Выводы

По результатам исследований влияния различных систем возделывания (севооборот и непрерывная культивация) на сообщество сорняков озимой пшеницы, проведенных на выщелоченном черноземе в экспериментальном сельскохозяйственном хозяйстве в течение двухлетнего периода, можно сделать следующие выводы:

Сообщество сорняков в посевах озимой пше-

ницы состояло из 13 и 15 видов сорняков в первый и соответственно второй год исследований, с доминированием терофитов. Однолетние виды *Stellaria media* (L.) Vill., *Veronica persica* Poir. и *Sonchus oleraceus* и многолетние виды *Agropyrum repens* (L.) Beauv., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Convolvulus arvensis* L. и *Sorghum halepense* (L.) Pers. преобладали в сообществе сорняков в посевах озимой пшеницы.

Полученные результаты показывают, что наибольшее количество сорных растений, сорных растений по видам, свежей и воздушно-сухой

биомассы было зарегистрировано в севообороте с непрерывным посевом озимой пшеницы. Статистически наименьшие значения количества сорных растений по видам и свежей биомассы, как наиболее важных параметров засоренности сорняками, были зарегистрированы в двух- и трехпольном севообороте в оба года исследований. Севообороты, особенно двух- и трехпольные севообороты, были более эффективными в снижении засоренности сорняками, особенно в сравнении с непрерывной культивацией.

Литература

- [1] Эседуллаев С.Т., Шмелева Н.В. Особенности аккумуляции азота многолетними бобовыми травами в чистых и смешанных посевах в верхневолжье // Плодородие. 2016. № 6 (93). С. 16–18. EDN: XBGZKJ.
- [2] Ковтун В.И., Ковтун Л.Н. Новый конкурентный сорт пшеницы мягкой озимой Ставропольская 7 // Вестник КрасГАУ. 2021. № 3 (168). С. 27–33. EDN: DYASQ.
- [3] Перегонцева А.А., Перепичай М.И. Урожайность, качество и выход спирта в зависимости от доз азотных удобрений // Современные научные исследования и разработки. 2017. Т. 2. № 1 (9). С. 184–187. EDN: YGFPQN.
- [4] Прямой посев и No-Till в Оренбуржье / Ф.Г. Бакиров, Д.Г. Поляков, А.В. Халин, А.А. Баландина // Известия Оренбургского Государственного Аграрного Университета. 2018. № 5 (73). С. 50–54. EDN: YNDPDN.
- [5] Федоренко В.Ф. Технологическая модернизация растениеводства на основе инновационной техники // Вестник Башкирского Государственного Аграрного Университета. 2013. № 2 (26). С. 108–112. EDN: QBIWVB.

References

- [1] Esedullaev S.T., Shmeleva N.V. Features of nitrogen accumulation by perennial legumes in pure and mixed crops in the Upper Volga // Fertility. 2016. No. 6 (93). pp. 16–18. EDN: XBGZKJ.
- [2] Kovtun V.I., Kovtun L.N. New competitive variety of soft winter wheat Stavropolskaya 7 // Bulletin of KrasGAU. 2021. No. 3 (168). pp. 27–33. EDN: DYASQ.
- [3] Peregotseva A.A., Perepichai M.I. Yield, quality and yield of alcohol depending on the doses of nitrogen fertilizers // Modern scientific research and development. 2017. Vol. 2. No. 1 (9). pp. 184–187. EDN: YGFPQN.
- [4] Direct sowing and No-Till in the Orenburg region / F.G. Bakirov, D.G. Polyakov, A.V. Khalin, A.A. Balandina // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 5 (73). pp. 50–54. EDN: YNDPDN.
- [5] Fedorenko V.F. Technological modernization of crop production based on innovative technology // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2013. No. 2 (26). pp. 108–112. EDN: QBIWVB.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Блинохватов Антон Александрович кандидат сельскохозяйственных наук заведующий кафедрой «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: bl-anton58@rambler.ru</p>	<p>Blinokhvatov Anton Alexandrovich PhD in Agricultural Sciences head of the department of «Food productions» Penza State Technological University E-mail: bl-anton58@rambler.ru</p>
<p>Пияйко Павел Игоревич студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: p.a.v.e.l_p@mail.ru</p>	<p>Piyayko Pavel Igorevich student of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: p.a.v.e.l_p@mail.ru</p>

Получение вкусоароматической добавки на основе водного экстрагирования шелухи чеснока сорта «Юбилейный Грибовский»

Рыбин Г.В., Данилин С.И., Матвеев Д.А., Матвеев А.С., Иванова Э.С.

Аннотация. Известно, что в шелухе чеснока содержится большое количество биологически активных веществ и функциональных компонентов. Однако в данный момент при переработке чеснока практически вся шелуха утилизируется, не подвергаясь переработке. Поэтому для наиболее полной переработки чеснока актуальна задача разработки технологии получения из шелухи биологически активных веществ с дальнейшим использованием их для получения вкусоароматической добавки, используемой при производстве продуктов здорового питания. Наиболее перспективной технологией для этого является экстрагирование. Для определения наиболее эффективного метода проведения данного процесса производилось сравнение экстрагирования нагревом с постоянным помешиванием и вакуум-импульсного экстрагирования, при одинаковых условиях (время эксперимента равное 60 минут, температура равная $60\pm 3^\circ\text{C}$, гидромодуль 1:50, экстрагент – дистиллированная вода). В результате было получено, что вакуум-импульсное экстрагирование были получены графики зависимости выхода сухих экстрактивных веществ от времени, на основании которых был сделан вывод о том, что вакуум-импульсная технология позволяет сократить время проведения процесса на 10 минут. Таким образом мы видим, что вакуум-импульсная технология является эффективной и, следовательно, имеет смысл проводить дальнейшие исследования по совершенствованию технологии и аппаратного оформления.

Ключевые слова: чеснок «Юбилейный Грибовский», шелуха, стебли, биологически активные вещества, экстракция, гидромодуль, сухие водорастворимые вещества.

Для цитирования: Рыбин Г.В., Данилин С.И., Матвеев Д.А., Матвеев А.С., Иванова Э.С. Получение вкусоароматической добавки на основе водного экстрагирования шелухи чеснока сорта «Юбилейный Грибовский» // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 36–41. EDN: TPVFEI.

Obtaining a flavoring additive based on aqueous extraction of garlic husks of the Yubileiny Gribovsky variety

Rybin G.V., Danilin S.I., Matveev D.A., Matveev A.S., Ivanova E.S.

Abstract. It is known that garlic peel contains a large amount of biologically active substances and functional components. However, at the moment, during the processing of garlic, almost all the husks are utilized without being processed. Therefore, for the most complete processing of garlic, the task of developing a technology for obtaining biologically active substances from the husk with their further use to obtain a flavoring additive used in the production of healthy foods is an urgent task. The most promising technology for this is extraction. To determine the most effective method for carrying out this process, a comparison was made of extraction by heating with constant stirring and vacuum-pulse extraction, under the same conditions (experiment time = 60 minutes, temperature = $60\pm 3^\circ\text{C}$, hydromodulus = 1:50, extractant - distilled water). As a result, it was found that vacuum-pulse extraction yield graphs of dry extractives versus time were obtained, on the basis of which it was concluded that vacuum-pulse technology can reduce the process time by 10 minutes. Thus, we see that the vacuum-pulse technology is effective and, therefore, it makes sense to conduct further research to improve the technology and hardware design.

Keywords: Yubileiny Gribovsky garlic, husks, stems, biologically active substances, extraction, hydromodule, dry water-soluble substances.

For citation: Rybin G.V., Danilin S.I., Matveev D.A., Matveev A.S., Ivanova E.S. Obtaining a flavoring additive based on aqueous extraction of garlic husks of the Yubileiny Gribovsky variety. *Innovative Machinery and Technology* [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 36–41. EDN: TPVFEI. (In Russ.).

Введение

В настоящее время всё более актуальной становится задача комплексной и наиболее полной переработки растительного сырья. Сейчас при производстве пищевой продукции, в большинстве случаев, побочные продукты (например, шкурки яблок, шелуха лука и чеснока и т.п.) попросту утилизируются. Однако, в них может содержаться большое количество полезных биологически активных (БАВ) и функциональных веществ, даже возможно таких, которых нет в составе основного продукта.

При этом стоит вопрос о целесообразности такого производства поскольку, если содержание полезных веществ очень мало, а процесс их извлечения сложный и дорогостоящий, то такое производству попросту будет не рентабельным.

Чеснок является одним из самых распространённых растений тамбовской области, применяемых в пищу. В его шелухе содержатся биофлавоноид кверцетин и пектины, которые используют для лечения заболеваний сердца, ЖКТ, а также очищения крови, регенерации тканей и омоложения кожи [1]. Поэтому усовершенствование наиболее полной переработки чеснока является актуальной задачей для нашего региона.

Наиболее подходящим и перспективным в данном случае является вакуумное экстрагирование [2-6]. То есть процесс, при котором растительное сырьё помещают в растворитель (экстрагент), который, в свою очередь проникает в поры материала, растворяет БАВ и посредством диффузии и массопереноса перемещает растворённые вещества из клетки в раствор. Причём в качестве экстрагента перспективным является вода.

Этот процесс удобен тем, что выделяемые вещества практически не смешиваются с экстрагентом, в следствие чего можно получать их в любой удобной форме (Растворёнными в экстрагенте, в виде эмульсии или в виде порошка).

Целью работы являлось описание эффективных режимов вакуумного экстрагирования шелухи чеснока для применения в технологии производства вкусоароматической добавки на ее основе.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на шелухе чеснока сорта «Юбилейный Грибовский». Качество полученного экстракта определялось посредством измерения количества сухих растворимых экстрактивных веществ в растворе. В качестве экстрагента использовали дистиллированную воду по ГОСТ Р

58144-2018. Помимо непосредственно технологии экстрагирования на качество экстракта оказывает существенное влияние то, как было подготовлено сырьё, в частности, сушка и измельчение. Но при этом важно не перегревать материал, поскольку, в следствие этого будет происходить потеря БАВ и, как следствие, снижение качества экстракта. Также важно обеспечить экстрагенту наиболее полный доступ ко всей поверхности растительного материала, для чего применяется измельчение. При этом важно найти баланс, при котором частицы будут достаточно мелкими, чтобы экстрагент смог полностью пропитать материал, и достаточно крупными, чтобы не сбиться в несмачиваемый комок, образование которого существенно снизит площадь соприкосновения экстрагента с материалом. В данном исследовании шелуха и стебли на сегменты с длиной и шириной также 5 мм (поскольку в данном случае контролировать третий параметр не представляется возможным).

Для определения количества сухих экстрактивных веществ в шелухе и стеблях чеснока проводилось экстрагирование шелухи в дистиллированной воде с гидромодулем $\Gamma=1:50$, нагревом до $60\pm 3^\circ\text{C}$ и помешиванием в течение часа. Чтобы отследить динамику изменения содержания БАВ в растворе каждые 10 минут отбиралась проба и измерялось содержание

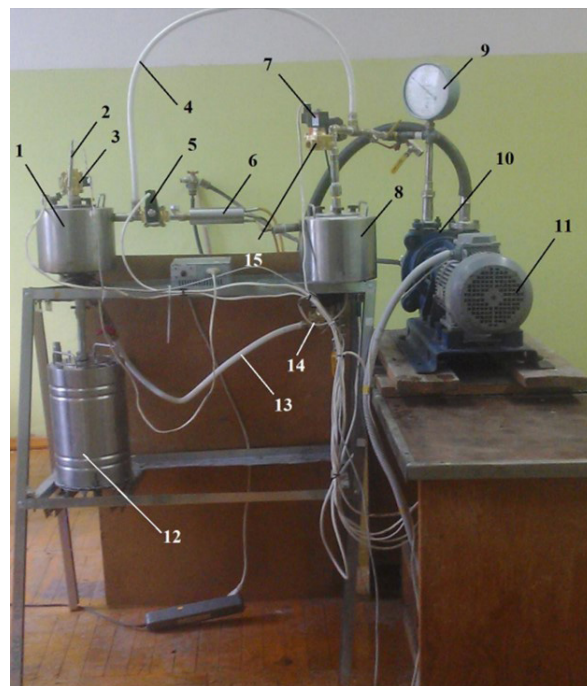


Рис. 1. Общий вид экспериментальной экстракционной установки

1 – экстрактор; 2 – термopара; 3, 5, 14, 15 – клапан; 4, 13 – трубопровод; 6 – дистиллятор; 7 – трехпозиционный клапан; 8 – емкость сбора дистиллята; 9 – вакуумметр; 10 – ЖВН; 11 – электродвигатель; 12 – выпариватель

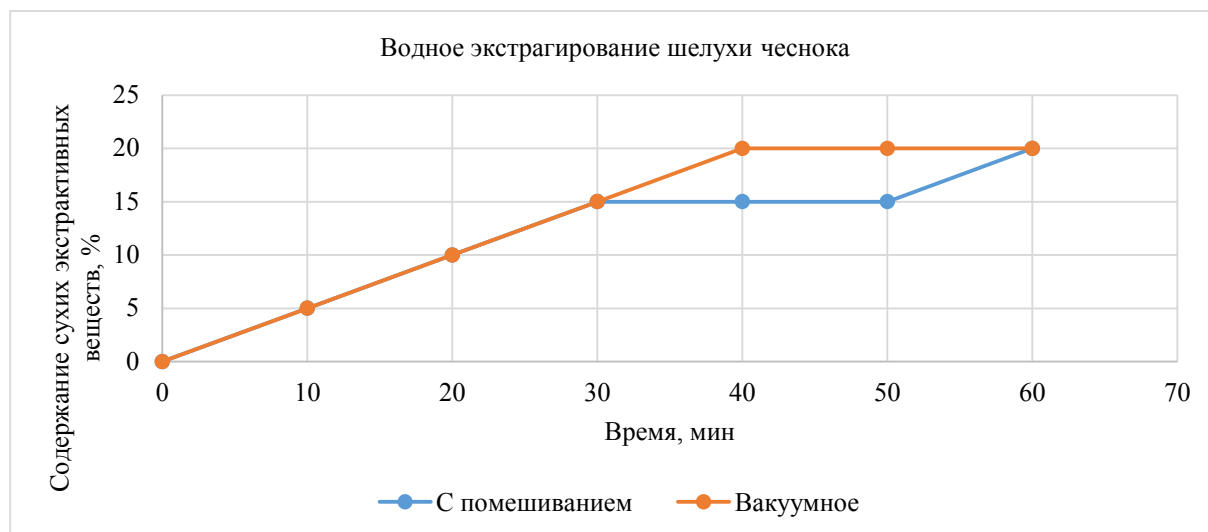


Рис. 2 - Графики зависимостей концентрации в растворе сухих водорастворимых экстрактивных веществ от времени $f = C(t)$.

сухих экстрактивных веществ при помощи высокоточного рефрактометра ИРФ 454-Б2М.

С целью определения наиболее эффективной технологии производства экстрактов, шелуха и стебли также экстрагировались вакуум-импульсным методом на экспериментальной установке, представленной на рис. 1. [7, 8]

После чего сравнивалась динамика выхода сухих растворимых веществ. При таком способе, материал сначала помещается в вакуумную камеру и подвергается воздействию кратковременных вакуумных импульсов, которые способствуют раскрытию пор материала и равномерному распределению его в вакуумной камере. После этого в камеру поступает нагретая дистиллированная вода, организуется вакуум и процесс происходит при такой же температуре экстрагента и гидромодуля, что и в первом случае.

Также было произведено определение органолептических показателей, чтобы определить потенциал экстракта как вкусоароматической добавки.

Результаты и их обсуждение

На основании проведенных экспериментов были получены следующие графики зависимостей концентрации в растворе сухих водорастворимых экстрактивных веществ от времени $f = C(t)$ (рис.2). Из графиков мы видим, что содержание БАВ в шелухе и стеблях чеснока достаточно велико и, следовательно, имеет смысл не выбрасывать её, а также перерабатывать получая функциональные продукты.

После проведения органолептических испытаний было установлено, что полученный экстракт шелухи чеснока при проведении экстрагирования с гидромодулем $\Gamma=1:50$ обладает довольно слабыми вкусовыми качествами, однако, довольно сильным чесночным запахом, что позволяет такой экстракт использовать в качестве ароматической добавки при изготовлении, например, хлебобулочных и макаронных изделий, заменяя данным растительным

аналогом синтетические ароматизаторы. Чтобы получить добавку, обладающую, помимо запаха, ещё и вкусом чеснока – следует смешать экстракт шелухи и экстракт непосредственно зубчиков чеснока в соотношении, которое необходимо для получения требуемого вкуса готового продукта. Наши эксперименты показывают, что для производства хлебобулочных и макаронных изделий достаточно соотношения – 80% экстракта шелухи к 20% экстракта зубчиков чеснока (оба экстракта получены с $\Gamma=1:50$). При таком соотношении привкус чеснока дополняет вкус конечного продукта, не вытесняя основной вкус изделия, что подтверждено испытаниями. [9, 10]

Также стоит обратить внимание на то, что экстракты зубчиков и побочных продуктов переработки чеснока отличаются по цвету. Исходя из чего можно сделать вывод о том, что в шелухе и стеблях чеснока содержатся уникальные БАВ, которые теряются если оболочку утилизировать, а не перерабатывать.

С целью достижения наибольшей экономической и энергетической эффективности для получения таких экстрактов предлагается использовать вакуум-импульсную технологию, которая позволяет проводить данный процесс за 30 минут. При данной технологии происходит низкотемпературное кипение жидкости, в следствие чего достигается практически полный выход БАВ за минимальное время. И их максимальное сохранение за счёт щадящей технологии.

Надежность и энергетическая экономичность установки обеспечивается грамотным подбором и использованием машин, организующих вакуум. Лучше всего для процессов экстрагирования подходят жидкостнокольцевые насосы с кинематическим замыканием и регулируемой степенью внутреннего сжатия. [11, 12]

С течением времени хранения чеснок может значительно терять содержащиеся в нём БАВ, поэтому наибольшей эффективности можно достиг-

нуд проводя переработку всех побочных продуктов сразу после уборки. Однако это не представляется возможным. Поэтому дальнейшей перспективой исследования является отслеживание динамики потери БАВ с течением времени, а также усовершенствование технологии экстрагирования. [13]

Выводы

На основании данных, представленных в статье можно сделать вывод о том, что побочные про-

дукты переработки чеснока вместо утилизации можно перерабатывать с помощью экстрагирования. При этом с целью наибольшей экономической эффективности процесса необходимо делать это вакуум-импульсным способом. Так при экстрагировании шелухи чеснока с гидромодулем $\Gamma=1:50$ этот способ позволяет достигать того же результата на 10 минут раньше.

Литература

- [1] Настольная книга производителя и переработчика плодоовощной продукции / Н.К. Синха, И.Г. Хью (ред.). – Пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2014. – 912 с.
- [2] Технологическая линия по производству экстрактов из растительного сырья / А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, С. А. Анохин [и др.] // Аграрный научный журнал. 2019. № 2. С. 82-85. DOI 10.28983/asj.y2019i2pp82-85.
- [3] Исследование и выбор режимных параметров экстрагирования топинамбура сорта «Интерес» / Ю. В. Родионов, А. И. Скоморохова, Д. А. Матвеев [и др.] // Инновационная техника и технология. 2021. Т. 8. № 1. С. 32-37.
- [4] Исследование экстрагирования биологически активных веществ из дайкона сорта «Хару» / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, А. А. Гуськов, А. В. Щегольков // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и тепловые процессы) СЭТТ - 2020 : Сборник научных трудов Седьмой Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения Академика А.В. Лыкова, Москва, 13–15 октября 2020 года. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. С. 192-196.
- [5] Accelerated solvent extraction: a technique for sample preparation / B.E. Richter, B.A. Jones, J.L. Ezzell, N.L. Porter, N. Avdalovic, C. Pohl // Anal. Chem. 68. 1996. 1033-1039.
- [6] Compressed fluids for the extraction of bioactive compounds / M. Herrero, M. Castro-Puyana, J.A. Mendiola, E. Ibanez // Trac-Trends Anal. Chem. 43. 2013. 67-83.
- [7] Гуськов, А. А. Совершенствование технологии и технических средств экстрагирования растворимых веществ из растительного сырья : специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гуськов Артем Анатольевич. – Мичуринск-наукоград, 2019. 16 с.
- [8] Патент № 2738938 С1 Российская Федерация, МПК В01D 11/02, В01D 1/22. Универсальная вакуумная

References

- [1] Nastol'naya kniga proizvoditelya i pererabotchika plodoovoshchnoi produktsii / N.K. Sinkha, I.G. Kh'yu (red.). – Per. s angl. – SPb.: Professiya, 2014. – 912 p.
- [2] Tekhnologicheskaya liniya po proizvodstvu ekstraktov iz rastitel'nogo syr'ya / A. A. Gus'kov, Yu. V. Rodionov, S. A. Anokhin [i dr.] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2019. No 2. pp. 82-85. DOI 10.28983/asj.y2019i2pp82-85.
- [3] Issledovanie i vybor rezhimnykh parametrov ekstragirovaniya topinambura sorta «Interes» / Yu. V. Rodionov, A. I. Skomorokhova, D. A. Matveev [i dr.] // Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya. 2021. T. 8. No 1. pp. 32-37.
- [4] Issledovanie ekstragirovaniya biologicheskii aktivnykh veshchestv iz daikona sorta «Kharu» / Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin, A. A. Gus'kov, A. V. Shchegol'kov // Sovremennye energosberegayushchie teplovyie tekhnologii (sushka i teplovyie protsessy) SETT - 2020 : Sbornik nauchnykh trudov Sed'moi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 110-letiyu so dnya rozhdeniya Akademika A.V. Lykova, Moskva, 13–15 oktyabrya 2020 goda. Moskva: Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennost'yu «Megapolis», 2020. pp. 192-196.
- [5] Accelerated solvent extraction: a technique for sample preparation / B.E. Richter, B.A. Jones, J.L. Ezzell, N.L. Porter, N. Avdalovic, C. Pohl // Anal. Chem. 68. 1996. 1033-1039.
- [6] Compressed fluids for the extraction of bioactive compounds / M. Herrero, M. Castro-Puyana, J.A. Mendiola, E. Ibanez // Trac-Trends Anal. Chem. 43. 2013. 67-83.
- [7] Gus'kov, A. A. Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv ekstragirovaniya rastvorimyykh veshchestv iz rastitel'nogo syr'ya : spetsial'nost' 05.20.01 «Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo khozyaistva» : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Gus'kov Artem Anatol'evich. – Michurinsk-naukograd, 2019. 16 p.
- [8] Patent № 2738938 C1 Rossiiskaya Federatsiya,

- экстрактно-выпарная установка : № 2019143887 : заявл. 23.12.2019 : опубл. 18.12.2020 / С. А. Анохин, Д. В. Никитин, Ю. В. Родионов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»).
- [9] Расширение ассортимента ХБИ функционального назначения с использованием экстракта чеснока сорта «юбилейный Грибовский» / Е. Э. Дзантиева, Э. С. Иванова, Ю. В. Родионов, С. И. Данилин // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 128.
- [10] Перспективы использования экстракта чеснока в хлебопекарной промышленности / Е. Э. Дзантиева, Ю. В. Родионов, С. И. Данилин, Е. П. Иванова // Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья : материалы I Всероссийской конференции с международным участием, Тамбов, 24–25 мая 2019 года. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2019. С. 348-352.
- [11] Design of Liquid-Ring Vacuum Pump with Adjustable Degree of Internal Compression / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2021. Vol. 57. No 5-6. P. 477-483. – DOI 10.1007/s10556-021-00962-5.
- [12] Novel Construction of Liquid Ring Vacuum Pumps / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2019. Vol. 55. No 5-6. P. 473-479. DOI 10.1007/s10556-019-00648-z.
- [13] Жидкостное экстрагирование растительных материалов с максимальным сохранением биологически активных веществ / Д. А. Матвеев, Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 1. С. 164-172.
- MPK B01D 11/02, B01D 1/22. Universal'naya vakuumnaya ekstraktno-vyparnaya ustanovka : № 2019143887 : yayavl. 23.12.2019 : opubl. 18.12.2020 / S. A. Anokhin, D. V. Nikitin, Yu. V. Rodionov [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Tambovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet» (FGBOU VO «TGTU»).
- [9] Razshirenije assortimenta KhBI funktsional'nogo naznacheniya s ispol'zovaniem ekstrakta chesnoka sorta «yubileinyi Gribovskii» / E. E. Dzantieva, E. S. Ivanova, Yu. V. Rodionov, S. I. Danilin // Nauka i Obrazovanie. 2020. T. 3. No 4. 128 p.
- [10] Perspektivy ispol'zovaniya ekstrakta chesnoka v khlebopekarnoi promyshlennosti / E. E. Dzantieva, Yu. V. Rodionov, S. I. Danilin, E. P. Ivanova // Importozameshchayushchie tekhnologii i oborudovanie dlya glubokoi kompleksnoi pererabotki sel'skokhozyaistvennogo syr'ya : materialy I Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Tambov, 24–25 maya 2019 goda. – Tambov: Tambovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2019. pp. 348-352.
- [11] Design of Liquid-Ring Vacuum Pump with Adjustable Degree of Internal Compression / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2021. Vol. 57. No 5-6. pp. 477-483. DOI 10.1007/s10556-021-00962-5.
- [12] Novel Construction of Liquid Ring Vacuum Pumps / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2019. Vol. 55. No 5-6. pp. 473-479. DOI 10.1007/s10556-019-00648-z.
- [13] Zhidkostnoe ekstragirovanie rastitel'nykh materialov s maksimal'nym sokhraneniem biologicheski aktivnykh veshchestv / D. A. Matveev, Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin [i dr.] // Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2021. No 1. pp. 164-172.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Рыбин Григорий Вячеславович студент кафедры «Агроинженерия» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com</p>	<p>Rybin Gregory Vyacheslavovich student of the department «Agroengineering» Tambov State Technical University Phone: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com</p>
<p>Данилин Сергей Иванович кандидат сельскохозяйственных наук заведующий кафедрой «Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства» ФБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: danilin.7022009@mail.ru</p>	<p>Danilin Sergei Ivanovich PhD in Technical Sciences head of the department of «Technologies for the production, storage and processing of crop products» Michurinsky State Agrarian University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: danilin.7022009@mail.ru</p>
<p>Матвеев Дмитрий Александрович аспирант «Технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>	<p>Matveev Dmitry Aleksandrovich postgraduate student «Technologies for the production, storage and processing of crop products» Michurinsky State Agrarian University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: tmm-dm@mail.nnn.tstu.ru</p>
<p>Матвеев Александр Сергеевич студент кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: ya.sashatmb554@gmail.com</p>	<p>Matveev Alexander Sergeevich student of the department «Computer-integrated systems in mechanical engineering» Tambov State Technical University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: ya.sashatmb554@gmail.com</p>
<p>Иванова Эльвира Сергеевна заместитель директора ООО "ТСК" 392012, г. Тамбов ул. Валентины Терешковой, 45 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: ivanser411@gmail.com</p>	<p>Ivanova Elvira Sergeevna deputy director ООО "TSK" Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: ivanser411@gmail.com</p>

Изучение кинетики сушки плодовых выжимок

Фролов Д.И., Павлова Ю.А.

Аннотация. В статье изучали скорость сушки плодовых выжимок. Выжимки яблок, голубики (дикой и культурной), малины, аронии черноплодной и вишни сушили при температуре 45°C до равновесного содержания влаги в лабораторной сушилке. Исследуемые выжимки, за исключением малины, показали два периода сушки: период сушки с постоянной скоростью и период сушки с падающей скоростью. Наибольшая продолжительность сушки наблюдается в выжимках культивируемой голубики. Высушенные выжимки являются сырьем для использования в функциональных продуктах питания с определенным содержанием биологически активных веществ и антиоксидантной активностью.

Ключевые слова: сушка, скорость сушки, кинетика, выжимки, плоды.

Для цитирования: Фролов Д.И., Павлова Ю.А. Изучение кинетики сушки плодовых выжимок // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 42–45. EDN: UAXJYW.

Studying the kinetics of drying fruit pomace

Frolov D.I., Pavlova Yu.A.

Abstract. The article studied the speed of drying fruit pomace. Pomace of apples, blueberries (wild and cultivated), raspberries, chokeberry and cherries were dried at a temperature of 45°C to equilibrium moisture content in a laboratory dryer. The pomace studied, with the exception of raspberries, showed two drying periods: a drying period with a constant speed and a drying period with a decreasing speed. The longest drying time is observed in pomace of cultivated blueberries. Dried pomace is a raw material for use in functional foods with a certain content of biologically active substances and antioxidant activity.

Keywords: drying, drying speed, kinetics, pomace, fruit.

For citation: Frolov D.I., Pavlova Yu.A. Studying the kinetics of drying fruit pomace. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 42–45. EDN: UAXJYW. (In Russ.).

Введение

Сушка продуктов является одной из основных операций в пищевой промышленности, потребляющей большое количество энергии. Высушенные продукты стабильны в условиях окружающей среды, имеют длительный срок хранения и могут быть легко включены в рецептуру и приготовление пищи. Сушка - сложный процесс, включающий одновременный перенос массы и тепла, сопровождающийся физическими и структурными изменениями. Эти изменения влияют на характеристики сушки материалов. Качество высушенного продукта зависит от качества сырья и изменений, происходящих в процессе сушки.

Сушка с использованием тепловых насосов находит все большее применение в пищевой промыш-

ленности для сушки орехов, фруктов, овощей, трав и рыбных продуктов во многих странах. Известно, что при использовании в операциях сушки тепловые насосы являются энергоэффективными. В отличие от обычных воздушных сушилок, сушилка с тепловым насосом является более экономичной, поскольку она может извлекать и повторно использовать тепло циркулирующего воздуха в замкнутом цикле и скрытую энергию водяного пара, полученного при сушке продукта. Между тем, сушилка с тепловым насосом способна сушить при более низкой температуре, поэтому она выгодна для сушки высококачественных продуктов при относительно низких затратах [4, 5].

Знание кинетики сушки важно для проектирования, моделирования и оптимизации процессов сушки. Кривые сушки обычно выражаются эмпи-

рическими моделями, определяющими константы скорости сушки на основе уравнений регрессии первого порядка, построенной по экспериментальным данным, и зависят от формы продукта [1]. Эмпирические модели широко используются для различных пищевых материалов из-за их более простого подхода. Однако проблемы с точностью ограничивают применение эмпирических моделей. Некоторые ограничения эмпирических моделей могут быть уменьшены путем использования полумпирических моделей, основанных на тепло- и массообмене в процессе сушки [3].

В последние годы растет интерес к оценке и использованию отходов, образующихся в пищевой промышленности. Выжимки, образующиеся при производстве соков, состоят из прессованной кожицы, разрушенных клеток мякоти фрукта, семян и плодоножек. Прессованная яблочная кожица характеризуется высоким содержанием полифенолов. Яблочные выжимки обладают более высокой антиоксидантной активностью по сравнению с переработанным яблочным соком [2].

Цель данного исследования - изучить кинетику сушки выжимки различных плодов в сушилке с тепловым насосом.

Объекты и методы исследований

Предметом исследования являются выжимки из яблок, голубики (дикой и культурной), малины, аронии черноплодной и вишни. Выжимки являются побочным продуктом, получаемым при переработке сока. Яблоки охлаждались и хранились до переработки на сок. Выжимки замораживались.

Исследуемые образцы имели массу 0,8 кг и были высушены при температуре 45°C (до равновесного содержания влаги) и скорости воздуха 1,5 м/с в лабораторной сушилке с тепловым насосом. Начальное и конечное содержание влаги в выжимках плодов показано в таблице 1.

Кривые процесса сушки получены на основе экспериментальных данных:

$$U = f(\tau) \quad (1)$$

где U - содержание влаги (кг влаги/кг сухого вещества);

τ - время сушки (мин).

Уравнения для скорости сушки получены из

кривых процесса сушки с применением графического дифференцирования:

$$dU / d\tau = f(U) \quad (2)$$

Скорость сушки в первый период процесса описывается уравнением:

$$- dU / d\tau = N = \text{const} \quad (3)$$

где N - скорость сушки в первый период процесса (мин⁻¹).

Приближая кривую сушки во второй период процесса к прямой линии, скорость сушки описывается уравнением:

$$- dU / d\tau = K (U - U_0) \quad (4)$$

где K - коэффициент сушки (мин⁻¹);

U_0 - равновесное содержание влаги.

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные кривые сушки выжимки из выбранного плодового сырья показаны на рисунке 1. Они показывают изменения содержания влаги в продуктах в зависимости от времени при постоянной температуре и скорости воздуха сушки. Очевидно, что изменения содержания влаги в выжимках из яблок и малины во времени являются наибольшими и наименьшими, соответственно.

Скорость сушки постоянно уменьшается с увеличением времени сушки или уменьшением содержания влаги. В начале процесса сушки скорость сушки очень высока, и скорость сушки продолжает снижаться по мере приближения содержания влаги к равновесному содержанию влаги. Подобные результаты представлены другими исследователями [4].

Для выжимки из яблок, голубики и аронии черноплодной характерны два периода сушки: период сушки с постоянной скоростью и период сушки с падающей скоростью. Эти периоды менее заметны при сушке выжимки из голубики и вишни. Постоянная минимальная скорость сушки наблюдается при сушке выжимки малины, учитывая, что начальная влажность материала намного ниже, чем у других выжимок.

Сушка выжимки из яблок и вишни проходит с высокой скоростью. Начальное содержание влаги в этих выжимках примерно в два раза выше, чем в выжимках голубики, малины и аронии черноплодной, но процесс сушки заканчивается примерно за одинаковое для всех время.

Таблица 1 – Содержание влаги (U , г / кг) в выжимках плодов

Выжимки	Сырье	Высушенный
Образец 1: Яблочные выжимки	818,5	50,4
Образец 2: Выжимка вишни	798,2	69,8
Образец 3: Выжимки из дикой голубики	646,1	62,3
Образец 4: Выжимки культивируемой голубики	733,2	44,8
Образец 5: Выжимки из малины	778,9	96,4
Образец 6: Выжимки из аронии черноплодной	732,6	45,5

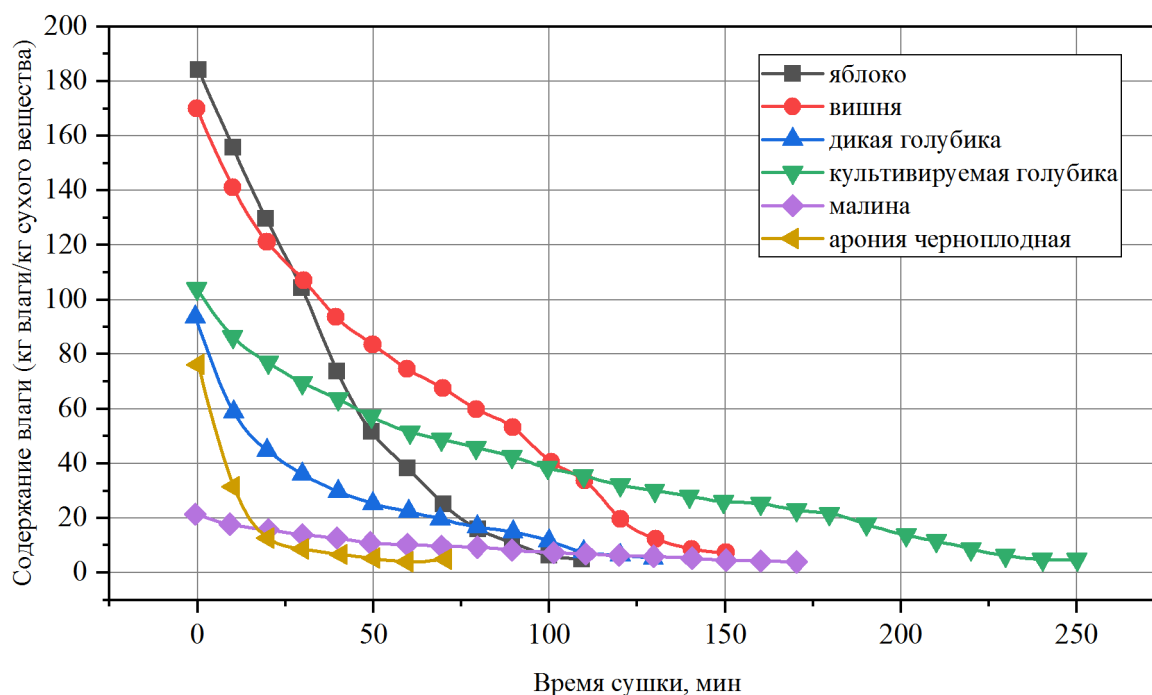


Рис. 1. Экспериментальные кривые сушки плодовых выжимок

Таблица 2 – Скорость сушки (N , мин^{-1}) и коэффициент сушки (K , мин^{-1}) плодовых выжимок

№	N , мин^{-1}	R^2	K , мин^{-1}	R^2
Образец 1	2,660	0,999	0,024	0,984
Образец 2	1,161	0,948	0,035	0,958
Образец 3	1,880	0,904	0,017	0,858
Образец 4	0,742	0,943	0,008	0,790
Образец 5	0,878	0,980	0,016	0,958
Образец 6	3,204	0,951	0,028	0,949

Коэффициент сушки является важным параметром, характеризующим интенсивность влагообмена. Он является необходимой мерой при проектировании сушилок.

Значения скорости сушки в первый период процесса и коэффициентов сушки во второй период процесса для выжимки плодов приведены в таблице 2. Показано, что полученные кинетические константы очень хорошо коррелируют с экспериментальными данными, так как коэффициенты детерминации для всех образцов высокие ($R_2 > 0,75$). Значения скорости сушки в первый период процесса варьируются от 0,74 (выжимки голубики) до 3,2 мин^{-1} (выжимки аронии черноплодной). Коэффициент сушки во второй период процесса самый высокий в выжимках

вишни (0,0345 мин^{-1}). Он самый низкий в выжимках культивируемой голубики (0,0081 мин^{-1}), в которых время сушки самое длительное.

Различия во времени сушки применительно к скорости сушки, скорее всего, обусловлены различиями в структуре и составе, а также значительными различиями в начальном содержании влаги в выжимках плодов.

Выводы

Исследована кинетика процесса сушки плодовых выжимок в сушилке с тепловым насосом. Исследованные выжимки плодов, за исключением малины, показали два периода сушки: период сушки с постоянной скоростью и период сушки с падающей скоростью.

Различия во времени сушки применительно к скорости сушки, обусловлены различиями в структуре и составе, а также значительными различиями в начальном содержании влаги в выжимках плодов.

Сушеные выжимки являются сырьем для использования в функциональных продуктах питания с определенным содержанием биоактивных веществ и антиоксидантной активностью.

Литература

- [1] Короткова Т.Г., Данильченко А.С., Истошина Н.Ю. Исследование кинетики сушки пивной дробины // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 4 (376). С. 80–83. EDN HЛAKCJ.

References

- [1] Korotkova T.G., Danilchenko A.S., Istoshina N.Yu. Study of the kinetics of drying brewer's grains. Izvestia of higher educational institutions. Food technology. 2020. No. 4 (376). pp. 80–83. EDN HЛAKCJ.

- [2] Кунашева Ж.М. Исследование влияния различных дозировок порошка из яблочных выжимок на питательную ценность булочек детских // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2021. № 4 (34). С. 53–58. EDN TUXXYG.
- [3] Ольшанский А.И. Кинетика теплообмена и экспериментальные методы расчета температуры материала в процессе сушки // Инженерно-физический журнал. 2013. Т. 86. № 3. С. 584–594. EDN: QAKNMX.
- [4] Оптимизация процесса сушки зерновых культур в барабанной сушилке с тепловым насосом / А.Н. Остриков, А.А. Шевцов, В.В. Ткач, Н.А. Сердюкова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018. № 1 (361). С. 74–78. EDN YUPVEB.
- [5] Печерица М.А., Степанова Е.Г. Расчет низкотемпературной распылительной сушилки яблочных выжимок с тепловым насосом // Научные труды северо-кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2020. Т. 29. С. 59–67. EDN ALWYDD.
- [2] Kunasheva Zh.M. Study of the influence of different dosages of apple pomace powder on the nutritional value of baby buns. V.M. Kokova. 2021. No. 4 (34). pp. 53–58. EDN TUXXYG.
- [3] Olshansky A.I. Kinetics of heat transfer and experimental methods for calculating the temperature of the material during drying. Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. 2013. V. 86. No. 3. S. 584–594. EDN QAKNMX.
- [4] Optimization of the process of drying grain crops in a drum dryer with a heat pump / A.N. Ostrikov, A.A. Shevtsov, V.V. Tkach, N.A. Serdyukova // News of higher educational institutions. Food technology. 2018. No. 1 (361). pp. 74–78. EDN YUPVEB.
- [5] Pecheritsa M.A., Stepanova E.G. Calculation of a low-temperature spray dryer for apple pomace with a heat pump // Scientific works of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking. 2020. V. 29. S. 59–67. EDN ALWYDD.
- [6]

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>
<p>Павлова Юлия Александровна студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Pavlova Yulia Alexandrovna student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ENVIRONMENTAL PROTECTION

УДК 631.412+631.879+549.678

Изменение емкости катионного обмена и суммы обменных оснований на фоне последствия осадков городских сточных вод и цеолита

Арефьев А.Н., Кузин Е.Н., Кузина Е.Е.

Аннотация. Как свидетельствуют результаты исследований, наиболее существенное влияние на изменение физико-химических свойств лугово-черноземной почвы оказало комплексное последствие мелиоративных норм осадков городских сточных вод с цеолитсодержащей агрорудой. Емкость катионного обмена на их фоне была выше исходной на 4,76-5,59 мг-экв/100 г почвы, сумма обменных оснований на 6,37-7,51 мг-экв/100 г почвы.

Ключевые слова: лугово-черноземная почва, осадки городских сточных вод, цеолитсодержащая агроруда, емкость катионного обмена, сумма обменных оснований.

Для цитирования: Арефьев А.Н., Кузин Е.Н., Кузина Е.Е. Изменение емкости катионного обмена и суммы обменных оснований на фоне последствия осадков городских сточных вод и цеолита // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 46–51. EDN: VNTEAK.

Changes in the cation exchange capacity and the sum of exchangeable bases against the background of the aftereffect of urban sewage sludge and zeolite

Arefiev A.N., Kuzin E.N., Kuzina E.E.

Abstract. According to the research results, the most significant impact on the change in the physicochemical properties of the meadow-chernozem soil was exerted by the complex aftereffect of the ameliorative norms of urban sewage sludge with zeolite-containing agricultural ore. The cation exchange capacity against their background was higher than the initial one by 4.76-5.59 mg-eq/100 g of soil, the sum of exchangeable bases by 6.37-7.51 mg-eq/100 g of soil.

Keywords: meadow-chernozem soil, urban sewage sludge, zeolite-containing agricultural ore, cation exchange capacity, sum of exchangeable bases.

For citation: Arefiev A.N., Kuzin E.N., Kuzina E.E. Changes in the cation exchange capacity and the sum of exchangeable bases against the background of the aftereffect of urban sewage sludge and zeolite. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 46–51. EDN: VNTEAK. (In Russ.).

Введение

Интенсивное использование почв при низких объемах применения органических и минеральных удобрений и химических мелиорантов привело в последние годы к значительному снижению их эффективного плодородия. Потери гумуса, повышение подвижности кальция и отчуждение с товарной частью урожая сельскохозяйственных культур приводит к безвозвратным его потерям. Это в свою

очередь снижает емкость катионного обмена, степень насыщенности почв основаниями и создает условия для повышения кислотности почв [1, 2]. В настоящее время актуальным становится разработка агроприемов с использованием местных более дешевых сырьевых ресурсов в системе удобрения и мелиорации почв. К числу таких материалов можно отнести цеолитсодержащие породы, диатомит, мергель, осадки городских сточных вод. Внесение осадочных цеолитсодержащих пород в почву улуч-

шает ее агрохимические свойства, увеличивает продуктивность культур и качество сельскохозяйственной продукции. Эффективность цеолитсодержащих пород при применении их в растениеводстве значительно повышается при внесении их в комплексе с другими видами удобрений. Альтернативным источником органического вещества, на фоне низкого уровня использования традиционных органических удобрений, могут служить осадки городских сточных вод. По своему химическому составу, действию на почвенное плодородие и продуктивность сельскохозяйственных культур осадки городских сточных вод не уступают навозу [3-10].

Объекты и методы исследований

Цель исследований заключалась в изучении последствий мелиоративных норм осадков городских сточных вод и их сочетаний с цеолитсодержащей агрорудой на емкость катионного обмена и сумму обменных оснований лугово-черноземной почвы. Для реализации поставленной цели в первом агропочвенном районе Пензенской области в 2014 году был заложен полевой опыт по следующей схеме: 1. Без ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды (контроль); 2. Цеолитсодержащая агроруда; 3. ОГСВ 100 т/га; 4. ОГСВ 120 т/га; 5. ОГСВ 140 т/га; 6. ОГСВ 160 т/га; 7. ОГСВ 180 т/га; 8. ОГСВ 100 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 9. ОГСВ 120 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 10. ОГСВ 140 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 11. ОГСВ 160 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 12. ОГСВ 180 т/га + цеолитсодержащая агроруда.

Повторность опыта трехкратная, варианты в опыте размещены методом рендомизированных повторений, учетная площадь одной делянки 4 м². В опыте использовались осадки сточных вод г. Пенза, которые характеризуются следующими показателями: величина рН_{сол} – 6,0 ед., гидролитическая кислотность – 2,4 мг-экв./100 г осадков, сумма обменных оснований – 31,6 мг-экв./100 г осадков. Содержание элементов питания: азота – 291, фосфора – 116 и калия – 120 мг/100 г осадков; углерода органического вещества – 21,2 %. Концентрация тяжелых металлов в сухом веществе осадков сточных вод г. Пенза и в лугово-черноземной почве была значительно ниже предельно-допустимой концентрации. В качестве химического мелиоранта в опыте использовалась цеолитсодержащая агроруда Лунинского месторождения. Содержание клиноптилолита в цеолитсодержащей агроруде составляло 41 %. Норма химического мелиоранта рассчитывалась по содержанию клиноптилолита в цеолитсодержащей агроруде и составляла 24,4 т/га.

Результаты и их обсуждение

Радикальным приемом увеличения емкости катионного обмена в малогумусных лугово-черноземных почвах является использование мелиора-

тивных норм органических удобрений и химических мелиорантов, обладающих высокой емкостью катионного обмена.

Перед внесением мелиоративных норм осадков городских сточных вод и цеолитсодержащей агроруды в 2014 году емкость катионного обмена в пахотном слое лугово-черноземной почвы составляла 29,43-29,47 мг-экв/100 г почвы (таблица 1).

Установлено, что последствие осадков городских сточных вод и их комплексное последствие с цеолитсодержащей породой оптимизируют физико-химические свойства лугово-черноземной почвы.

Емкость катионного обмена в пахотном слое на варианте без использования осадков городских сточных вод и цеолитсодержащей породы в агроценозе овса составляла 29,44 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха – 29,42 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы – 29,41 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы – 29,35 мг-экв/100 г почвы, при исходном значении 29,46 мг-экв/100 г почвы.

На фоне последствия цеолитсодержащей агроруды емкость катионного обмена в пахотном слое в агроценозе овса в 2018 году составляла 32,95 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха в 2019 году – 32,91 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы – 32,86 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы – 32,83 мг-экв/100 г почвы, превышая исходное значение на 3,50; 3,46; 3,41 и 3,38 мг-экв/100 г почвы соответственно. Отклонение от контроля было достоверным и составляло в 2018 году 3,51 мг-экв/100 г почвы, в 2019 году 3,49 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году 3,45 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году 3,48 мг-экв/100 г почвы.

Осадки городских сточных вод, на фоне их одностороннего последствия, увеличивали емкость катионного обмена по отношению к исходным значениям в 2018 году на 1,40 (ОГСВ 100 т/га) – 2,27 мг-экв/100 г почвы (ОГСВ 180 т/га), в 2019 году – на 1,34-2,21 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году – на 1,35-2,23 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году – на 1,31-2,21 мг-экв/100 г почвы, а по отношению к контролю – на 1,40-2,28; 1,36-2,24; 1,38-2,27 и 1,40-2,31 мг-экв/100 г почвы соответственно.

Максимальная величина емкости катионного обмена была зафиксирована на вариантах с последствием осадков городских сточных вод совместно с цеолитсодержащей агрорудой. Емкость катионного обмена на фоне их последствия в агроценозе овса изменялась в интервале от 34,34 до 35,19 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха от 34,27 до 35,12 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы от 34,22 до 35,06 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы от 34,21 до 35,03 мг-экв/100 г почвы, превышая исходные значения в 2018 году на 4,89-5,75 мг-экв/100 г почвы, в 2019 году на 4,81-5,68 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году на 4,77-5,62 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году на 4,76-5,59 мг-экв/100 г почвы. Увеличение по отношению

Таблица 1 – Последствие ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды на емкость катионного обмена, мг-экв/100 г почвы

Вариант	Чистый пар, 2014 г.	Овес		Горох		Озимая пшеница		Кукуруза	
		2018 г.	отклонение от исходного	2019 г.	отклонение от исходного	2020 г.	отклонение от исходного	2021 г.	отклонение от исходного
1. Без ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды (контроль)	29,46	29,44	-0,02	29,42	-0,04	29,41	-0,05	29,35	-0,11
2. Цеолитсодержащая агроруда	29,45	32,95	3,5	32,91	3,46	32,86	3,41	32,83	3,38
3. ОГСВ 100 т/га	29,44	30,84	1,4	30,78	1,34	30,79	1,35	30,75	1,31
4. ОГСВ 120 т/га	29,44	31,04	1,6	30,99	1,55	30,97	1,53	30,96	1,52
5. ОГСВ 140 т/га	29,44	31,31	1,87	31,25	1,81	31,19	1,75	31,18	1,74
6. ОГСВ 160 т/га	29,44	31,55	2,11	31,5	2,06	31,41	1,97	31,4	1,96
7. ОГСВ 180 т/га	29,45	31,72	2,27	31,66	2,21	31,68	2,23	31,66	2,21
8. ОГСВ 100 т/га + цеолитсодержащая агроруда	29,45	34,34	4,89	34,27	4,81	34,22	4,77	34,21	4,76
9. ОГСВ 120 т/га + цеолитсодержащая агроруда	29,43	34,59	5,16	34,53	5,1	34,48	5,05	34,47	5,04
10. ОГСВ 140 т/га + цеолитсодержащая агроруда	29,47	34,81	5,34	34,75	5,28	34,7	5,23	34,68	5,21
11. ОГСВ 160 т/га + цеолитсодержащая агроруда	29,46	35,02	5,56	34,96	5,5	34,92	5,46	34,9	5,44
12. ОГСВ 180 т/га + цеолитсодержащая агроруда	29,44	35,19	5,75	35,12	5,68	35,06	5,62	35,03	5,59
НСР ₀₅		1,3		1,29		1,31		1,34	

к контрольному варианту было достоверным и составляло в агроценозе овса 4,90-5,75 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха 4,85-5,70 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы 4,81-5,65 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы 4,86-5,68 мг-экв/100 г почвы.

Последствие осадков городских сточных вод, цеолитсодержащей агроруды и комплексное последствие осадков городских сточных вод с цеолитсодержащей агрорудой оказали положительное влияние на сумму обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе, в нем увеличилась доля участия катионов кальция и магния (таблица 2).

В чистом пару перед внесением в почву мелиоративных норм осадков городских сточных вод и цеолитсодержащей агроруды (2014 г.) сумма обменных оснований в пахотном слое лугово-черноземной почвы варьировала в интервале от 26,39 до 26,42 мг-экв/100 г почвы.

В пахотном слое лугово-черноземной почвы за период исследований на контрольном варианте была отмечена тенденция к уменьшению суммы обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе. В период уборки кукурузы в 2021 году сумма обменных оснований на этом варианте была

ниже исходной на 0,18 мг-экв/100 г почвы и равнялась 26,24 мг-экв/100 г почвы.

На фоне последствия цеолитсодержащей агроруды сумма обменных оснований в агроценозе овса (2018 г.) составляла 31,47 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха (2019 г.) 31,38 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы (2020 г.) 31,30 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы (2021 г.) 31,26 мг-экв/100 г почвы. Сумма обменных оснований на фоне ее последствия была выше исходного значения в период уборки овса на 5,08 мг-экв/100 г почвы, в период уборки гороха на 4,99 мг-экв/100 г почвы, в период уборки озимой пшеницы на 4,91 мг-экв/100 г почвы, в период уборки кукурузы на 4,87 мг-экв/100 г почвы. Отклонение от контроля было достоверным и составляло в 2018 году 5,09 мг-экв/100 г почвы, в 2019 году 5,04 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году 4,98 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году 5,02 мг-экв/100 г почвы.

На фоне одностороннего последствия мелиоративных норм осадков городских сточных вод, в зависимости от их нормы, сумма обменных оснований в агроценозе овса варьировала от 27,90 до 29,08 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха от 27,80 до 28,96 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы от 27,77 до 28,93 мг-экв/100 г почвы, в

Таблица 2 – Последействие ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды на сумму обменных оснований, мг-экв/100 г почвы

Вариант	Чистый пар, 2014 г.	Овес		Горох		Озимая пшеница		Кукуруза	
		2018 г.	отклонение от исходного	2019 г.	отклонение от исходного	2020 г.	отклонение от исходного	2021 г.	отклонение от исходного
1. Без ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды (контроль)	26,42	26,38	-0,04	26,34	-0,08	26,32	-0,1	26,24	-0,18
2. Цеолитсодержащая агроруда	26,39	31,47	5,08	31,38	4,99	31,3	4,91	31,26	4,87
3. ОГСВ 100 т/га	26,39	27,9	1,51	27,8	1,46	27,77	1,38	27,71	1,32
4. ОГСВ 120 т/га	26,4	28,24	1,84	28,14	1,74	28,07	1,67	28,03	1,63
5. ОГСВ 140 т/га	26,39	28,55	2,16	28,45	2,06	28,34	1,95	28,3	1,91
6. ОГСВ 160 т/га	26,4	28,85	2,45	28,76	2,36	28,63	2,23	28,6	2,2
7. ОГСВ 180 т/га	26,39	29,08	2,69	28,96	2,57	28,93	2,54	28,89	2,5
8. ОГСВ 100 т/га + цеолитсодержащая агроруда	26,41	33,02	6,61	32,91	6,5	32,82	6,41	32,78	6,37
9. ОГСВ 120 т/га + цеолитсодержащая агроруда	26,39	33,36	6,97	33,25	6,86	33,16	6,77	33,12	6,73
10. ОГСВ 140 т/га + цеолитсодержащая агроруда	26,41	33,65	7,24	33,54	7,13	33,45	7,04	33,41	7
11. ОГСВ 160 т/га + цеолитсодержащая агроруда	26,4	33,96	7,56	33,84	7,44	33,76	7,36	33,71	7,31
12. ОГСВ 180 т/га + цеолитсодержащая агроруда	26,39	34,18	7,79	34,05	7,66	33,96	7,57	33,9	7,51
НСР ₀₅		1,31		1,26		1,25		1,33	

агроценозе кукурузы от 27,71 до 28,89 мг-экв/100 г почвы, превышая исходные значения в 2018 году на 1,51-2,69 мг-экв/100 г почвы, в 2019 году на 1,46-2,57 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году на 1,38-2,54 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году на 1,32-2,50 мг-экв/100 г почвы. Увеличение по отношению к контролю было достоверным и изменялось в посевах овса от 1,52 до 2,70 мг-экв/100 г почвы, в посевах гороха от 1,46 до 2,62 мг-экв/100 г почвы, в посевах озимой пшеницы от 1,45 до 2,61 мг-экв/100 г почвы, в посевах кукурузы от 1,47 до 2,65 мг-экв/100 г почвы.

Комплексное последействие осадков городских сточных вод с цеолитсодержащей породой оказало наиболее существенное влияние на сумму обменных оснований. Сумма обменных оснований на их фоне в агроценозе овса составляла 33,02-34,18 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха 32,91-34,05 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы 32,82-33,96 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы 32,78-33,90 мг-экв/100 г почвы, превышая исходные значения в 2018 гоу на 6,61-7,79 мг-экв/100 г почвы, в 2019 году на 6,50-7,66 мг-экв/100 г почвы, в 2020 году на 6,41-7,57 мг-экв/100 г почвы, в 2021 году на 6,37-7,51 мг-экв/100 г почвы. Отклонение от контроля было достоверным и варьировало

в агроценозе овса в интервале от 6,64 до 7,80 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе гороха от 6,57 до 7,71 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе озимой пшеницы от 6,50 до 7,64 мг-экв/100 г почвы, в агроценозе кукурузы от 6,54 до 7,66 мг-экв/100 г почвы.

Выводы

Комплексное последействие осадков городских сточных вод с цеолитсодержащей породой оказало наиболее существенное влияние на сумму обменных оснований. Емкость катионного обмена в пахотном слое лугово-черноземной почвы на фоне их последействия по завершении исследований варьировала от 34,21 до 35,03 мг-экв/100 г почвы, а сумма обменных оснований – от 32,78 до 33,90 мг-экв/100 г почвы, превышая исходные значения в первом случае на 4,76-5,59 мг-экв/100 г почвы, во втором на 6,37-7,51 мг-экв/100 г почвы.

Литература

- [1] Арефьев, А.Н. Изменение плодородия чернозема выщелоченного в зависимости от характера антропогенного воздействия на почву / А.Н. Арефьев, Е.Е. Кузина, Е.Н. Кузин // *Нива Поволжья*. – 2017. – № 3 (44). – С. 9-16.
- [2] Чекаев, Н.П. Влияние осадков сточных вод и навоза на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур в условиях лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.П. Чекаев. – М., 2000. – 20 с.
- [3] Арефьев, А.Н. Изменение плодородия чернозема выщелоченного и урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием природных цеолитов и удобрений / А.Н. Арефьев, Е.Н. Кузин, Е.Н. Ефремова, Е.В. Калмыкова // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2005. – № 2 (38). – С. 80-84.
- [4] Бережная, Н.П. Влияние осадков сточных вод и фосфогипса на свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы / Н.П. Бережная, В.П. Бережная // *Экологический вестник Северного Кавказа*. – 2012. – Т. 8, № 2. – С. 27–29.
- [5] Васбиева, М.Т. Изменение показателей плодородия дерново-подзолистой почвы и содержания в ней тяжелых металлов в результате длительного применения осадков сточных вод / Т.М. Васбиева, А.И. Косолапова // *Почвоведение*. – 2015. – № 5. – С. 580–586.
- [6] Дорошкевич, С.Г. Влияние органо-минеральных удобрительных смесей на основе осадков сточных вод и цеолитов на агрохимические свойства аллювиальной дерновой почвы / С.Г. Дорошкевич, Л.Л. Убугунов // *Агрохимия*. – 2002. – № 4. – С. 5–10.
- [7] Кирьянов, Д.П. Действие и последствие осадков сточных вод г. Новочебоксарск, навоза и их сочетаний на биологическую активность светло-серой лесной почвы и урожайность кормовых культур / Д.П. Кирьянов, Л.Н. Михайлов // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2012. – № 1(17). – С. 17–22.
- [8] Кузин, Е.Н. Влияние цеолитсодержащей породы, дефеката и органических удобрений на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур / Е.Н. Кузин, А.А. Королев // *Нива Поволжья*. – 2007. – № 3 (4). – С. 19-24.
- [9] Кузин, Е.Н. Изменение продуктивности культур зернопаропропашного севооборота и плодородия серой лесной почвы при использовании природного цеолита и удобрений / Е.Н. Кузин, Г.Е. Гришин, Е.Е. Кузина, Л.А. Кузина. – Пенза, 2009. – 196 с.
- [10] Королев, А.А. Влияние химических мелиорантов и органических удобрений на урожайность сельхозкультур / А.А. Королев, Е.Е. Кузина // *Зерновое хозяйство*. – 2007. – № 6. – С. 19-20.

References

- [1] Arefyev, A.N. Changes in the fertility of leached chernozem depending on the nature of anthropogenic impact on the soil / A.N. Arefyev, E.E. Kuzina, E.N. Kuzin // *Niva of the Volga region*. – 2017. – № 3 (44). – P. 9-16.
- [2] Chekaev, N.P. The influence of sewage sludge and manure on the fertility of leached chernozem and crop yields in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region: abstract. dis. ... Candidate of Agricultural Sciences / N.P. Chekaev. – M., 2000. – 20 p.
- [3] Arefyev, A.N. Changes in the fertility of leached chernozem and crop yields under the influence of natural zeolites and fertilizers / A.N. Arefyev, E.N. Kuzin, E.N. Efremova, E.V. Kalmykova // *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher professional education*. – 2005. – № 2 (38). – Pp. 80-84.
- [4] Berezhnaya, N.P. Influence of sewage sludge and phosphogypsum on soil properties and productivity of winter wheat / N.P. Berezhnaya, V.P. Berezhnaya // *Ecological Bulletin of the North Caucasus*. – 2012. – Vol. 8, No. 2. – pp. 27-29.
- [5] Vasbieva, M.T. Changes in fertility indicators of sod-podzolic soil and the content of heavy metals in it as a result of prolonged use of sewage sludge / T.M. Vasbieva, A.I. Kosolapova // *Soil science*. – 2015. – No. 5. – pp. 580-586.
- [6] Doroshkevich, S.G. Influence of organo-mineral fertilizer mixtures based on sewage sludge and zeolites on agrochemical properties of alluvial turf soil / S.G. Doroshkevich, L.L. Ubugunov // *Agrochemistry*. – 2002. – No. 4. – p. 5-10.
- [7] Kiryanov, D.P. The effect and aftereffect of sewage sludge in Novocheboksarsk, manure and their combinations on the biological activity of light gray forest soil and the yield of fodder crops / D.P. Kiryanov, L.N. Mikhailov // *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. – 2012. – № 1(17). – S. 17-22.
- [8] Kuzin, E.N. Influence of zeolite-containing rock, defecate and organic fertilizers on the fertility of leached chernozem and crop yields / E.N. Kuzin, A.A. Korolev // *Niva of the Volga region*. – 2007. – № 3 (4). – Pp. 19-24.
- [9] Kuzin, E.N. Changes in the productivity of crops of grain-crop rotation and fertility of gray forest soil using natural zeolite and fertilizers / E.N. Kuzin, G.E. Grishin, E.E. Kuzina, L.A. Kuzina. – Penza, 2009. – 196 p.
- [10] Korolev, A.A. The influence of chemical meliorants and organic fertilizers on the yield of agricultural crops / A.A. Korolev, E.E. Kuzina // *Grain farming*. – 2007. – No. 6. – pp. 19-20.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Арефьев Александр Николаевич доктор сельскохозяйственных наук профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия, химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(841) 262-85-65 E-mail: arefiev.a.n@pgau.ru</p>	<p>Arefyev Alexander Nikolaevich D.Sc. in Agricultural Sciences professor at the department of «Department of Soil Science, Agrochemistry, Chemistry» Penza State Agrarian University Phone: +7(841) 262-85-65 E-mail: arefiev.a.n@pgau.ru</p>
<p>Кузин Евгений Николаевич доктор сельскохозяйственных наук профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия, химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(841) 262-85-65 E-mail: kuzin.e.n.@pgau.ru</p>	<p>Kuzin Evgeny Nikolaevich D.Sc. in Agricultural Sciences professor at the department of «Department of Soil Science, Agrochemistry, Chemistry» Penza State Agrarian University Phone: +7(841) 262-85-65 E-mail: kuzin.e.n.@pgau.ru</p>
<p>Кузина Елена Евгеньевна кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия, химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(841) 262-85-65 E-mail: alena-kuzina@mail.ru</p>	<p>Kuzina Elena Evgenievna PhD in Agricultural Sciences associate professor at the department of «Department of Soil Science, Agrochemistry, Chemistry» Penza State Agrarian University Phone: +7(841) 262-85-65 E-mail: alena-kuzina@mail.ru</p>

Изучение адсорбции ионов цинка на природном и модифицированном диатомитах при низких концентрациях адсорбата

Борисков Д.Е., Комарова Н.А., Кузьмин А.А.

Аннотация. В работе рассчитана величина предельной адсорбции цинка (II) на природных диатомитах и модифицированных (термические, кислотные, щелочные) при кратковременном и долгосрочном времени контактировании адсорбата с адсорбентом. Представлены графики зависимости $A = f(C)$. Произведена оценка уровней достоверности значений. Получены результаты по одновыборочным тестам Стьюдента. Выявлено влияние типа модификации на эффективность адсорбции.

Ключевые слова: диатомит, ионы цинка (II), адсорбция, модификация.

Для цитирования: Борисков Д.Е., Комарова Н.А., Кузьмин А.А. Изучение адсорбции ионов цинка на природном и модифицированном диатомитах при низких концентрациях адсорбата // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 2. С. 52–57. EDN: XFOIGP.

Study of the adsorption of zinc ions on natural and modified diatomites at low concentrations of adsorbate

Boriskov D.E., Komarova N.A., Kuzmin A.A.

Abstract. The value of the maximum adsorption of zinc (II) on natural diatomites and modified (thermal, acid, alkaline) during short-term and long-term contact of the adsorbate with the adsorbent was calculated. Graphs of the dependence $A = f(C)$ are presented. The assessment of the levels of reliability of the values was made. The results of the Student's single-sample test were obtained. The influence of the modification type on the adsorption efficiency was revealed.

Keywords: diatomite, zinc (II) ions, adsorption, modification.

For citation: Boriskov D.E., Komarova N.A., Kuzmin A.A. Study of the adsorption of zinc ions on natural and modified diatomites at low concentrations of adsorbate. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 2. pp. 52–57. EDN: XFOIGP. (In Russ.).

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется очистке сточных вод от различных загрязняющих веществ. Цинк и его соединения довольно часто встречаются в различных отраслях промышленности, в том числе и в сточных водах. Такие сточные воды образуются в результате технологических процессов (нанесение цинкового покрытия в гальванической промышленности), так же вследствие промывки металлических изделий. Для очистки сточных вод, содержащие в своём составе ионы Zn^{2+} , применяют различные методы, в том числе и адсорбцию с использованием различных видов природных адсорбентов (например, диатомит).

Объекты и методы исследований

Материалом работы являются данные адсорбции ионов цинка (II) из стандартных водных растворов цинка сернокислого ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$). В качестве адсорбентов использовали диатомит Ахматовского природного месторождения (окрестности г. Никольск, Никольский р-н, Пензенская область) и три его модификации: термическая, щелочная и кислотная.

Для приготовления стандартных растворов адсорбата, модификации исходного адсорбента, проведения адсорбции использовали методики, аналогичные изложенным в работе [1]. Для определения равновесной концентрации ионов цинка (II) были определены два временных интервала: 1 час (крат-

Таблица 1 – Данные адсорбции ионов цинка (II) на диатомитах

Концентрация адсорбата, М	Время адсорбции, ч	Адсорбция, мг/кг			
		Модификация диатомита			
		Природная	Термическая	Щелочная	Кислотная
0,000	1	0,002	-0,012	0,002	0,002
0,001	1	0,009	0,002	0,011	0,012
0,001	1	0,015	-0,007	0,017	0,023
0,005	1	0,033	-0,012	0,047	0,065
0,01	1	0,147	0,046	-0,001	0,041
0,05	1	0,654	0,374	0,302	0,078
0,000	24	-0,003	0,002	0,002	0,002
0,001	24	0,005	0,010	0,012	0,012
0,001	24	0,012	0,007	0,020	0,021
0,005	24	0,027	0,076	0,062	0,079
0,01	24	0,144	0,066	0,092	0,145
0,05	24	0,630	0,420	0,483	0,613

ковременная адсорбция) и 24 часа (долгосрочная адсорбция).

Равновесные концентрации адсорбата измеряли потенциометрически с помощью иономера модели «Эксперт-001» с применением стандартного

Таблица 2 – Значения предельной адсорбции ионов цинка (II) на диатомитах разного типа модификации

Время (ч)		
Модификация	1	24
природная	45,006	4,925
термическая	0,342	1,149
щелочная	-0,000	0,935
кислотная	0,082	1,552

хлорсеребряного электрода сравнения и ионоселективного мембранного индикаторного электрода пленочного типа «ХС-Zn-001» [2, 3]. Исходные данные адсорбции представлены в таблице 1.

Величину адсорбции рассчитывали по формуле (1):

$$A = \frac{(C_0 - C) \cdot V_{p-ра}}{m_{адсорбента}}; [A] = [мг / кг] \quad (1)$$

Для оценки влияния на сорбционные процессы иных (помимо концентрации адсорбата) факторов (тип модификации адсорбента, длительность адсорбции) строили линейные модели [4, 5]. Модели

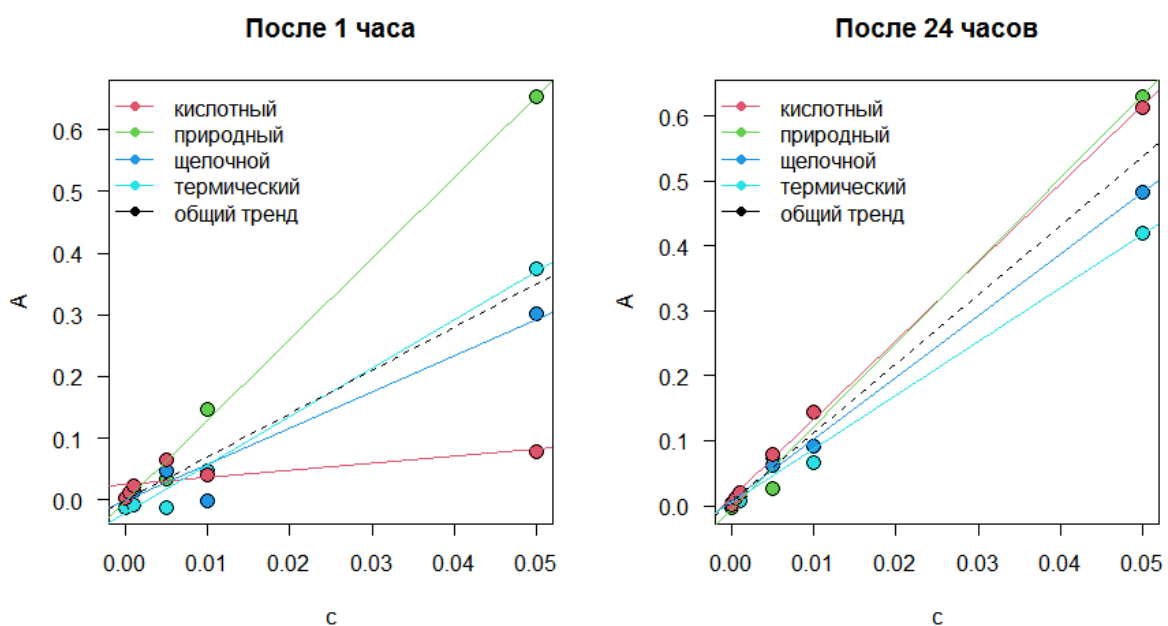


Рис. 1. Графики зависимости $A = f(C)$ с учетом типа модификации диатомита и времени адсорбции. Пунктиром показаны общие тренды.

Таблица 3 – Уровни достоверности значений коэффициента регрессии k в уравнении прямой $A = f(C)$

Время (ч)	1		24	
	k	p	k	p
природная	13.147329	$5.670104 \cdot 10^{-6}$	12.729769	$8.668161 \cdot 10^{-6}$
термическая	7.832646	$6.184441 \cdot 10^{-5}$	8.258080	$4.124538 \cdot 10^{-5}$
щелочная	5.901192	$1.303164 \cdot 10^{-3}$	9.515054	$4.506104 \cdot 10^{-7}$
кислотная	1.169654	$8.034261 \cdot 10^{-2}$	12.104465	$6.639816 \cdot 10^{-7}$

Таблица 4 – Значения свободного члена уравнения прямой $A = f(C)$ и уровни их статистической значимости

Время (ч)	1		24	
	Значение	p	Значение	p
природная	-0.002874576	0.75470788	-0.005529431	0.58225960
термическая	-0.021960336	0.07830783	0.005114036	0.59575017
щелочная	-0.002323630	0.88714354	0.006314137	0.12798706
кислотная	0.023829509	0.08592454	0.010902391	0.07774175

Таблица 5 – Значения уровней достоверности t -критерия при сравнении средних величин адсорбции на модифицированном диатомите

1 ч \ 24 ч	природная	термическая	щелочная	кислотная
природная	-	0.7544	0.8543	0.9471
термическая	0.4837	-	0.8828	0.6871
щелочная	0.5338	0.9145	-	0.7909
кислотная	0.5752	0.8783	0.9580	-

строили в среде R, версия 4.1.3 [6]. При подгонке линейной модели использовали уравнение Генри ($A = kC$), справедливое при малых концентрациях адсорбата [7]. Для выявления статистически значимого отличия среднего выборки нормально распределенных величин от нуля, а также средних значений

Таблица 6 – Результаты дисперсионного анализа средних значений адсорбции ионов цинка (II) на диатомите

Пары сравнения	p (1 час)	p (24 часа)
природный-кислотный	0.6684649	0.9998228
щелочной-кислотный	0.9918008	0.9925484
термический-кислотный	0.9900501	0.9778688
щелочной-природный	0.8256301	0.9972302
термический-природный	0.8350605	0.9882099
термический-щелочной	0.9999973	0.9992817

Таблица 7 – Результаты теста Стьюдента на сравнение средних значений адсорбции ионов цинка на диатомите одной модификации за разные промежутки времени

Модификация	t -критерий	p
природная	2.135577	0.08579624
термическая	-2.569762	0.05004976
щелочная	-1.611853	0.16791131
кислотная	-1.247766	0.26736747

двух выборок, использовали тест Стьюдента (t) при пороге достоверности $p = 0.05$ [8]. При сравнении значений адсорбции на диатомите различной модификации применяли дисперсионный анализ [9]. Статистическую значимость линейных моделей оценивали с помощью F -статистики, коэффициента регрессии (порог достоверности $p = 0.05$), а также на основе величины объясненной дисперсии значимой зависимой переменной (R_2) [10]. Структурирование и первичную обработку данных проводили в программе Microsoft Excel [11], анализ и графическое представление результатов – в среде программирования RStudio [12].

Результаты и их обсуждение

1) Расчет величин предельной адсорбции.

При исследовании кратковременной адсорбции (1 час) для всех типов модификации диатомита, кроме природного, получены недостоверные величины A_{∞} . Это может быть связано с непродолжительным временем контактирования адсорбата с адсорбентом, интерферирующим (мешающим) влиянием посторонних ионов (в том числе, содержащихся в диатомите), недостаточной селективностью рабочего электрода (рабочий предел pH составляет 5,5–7,0).

Значения предельной адсорбции ионов цинка (II) на диатомитах разного типа модификации представлены в таблице 2.

2) Применимость уравнения Генри к исследуемым процессам адсорбции.

Графики зависимости $A = f(C)$ с учетом типа

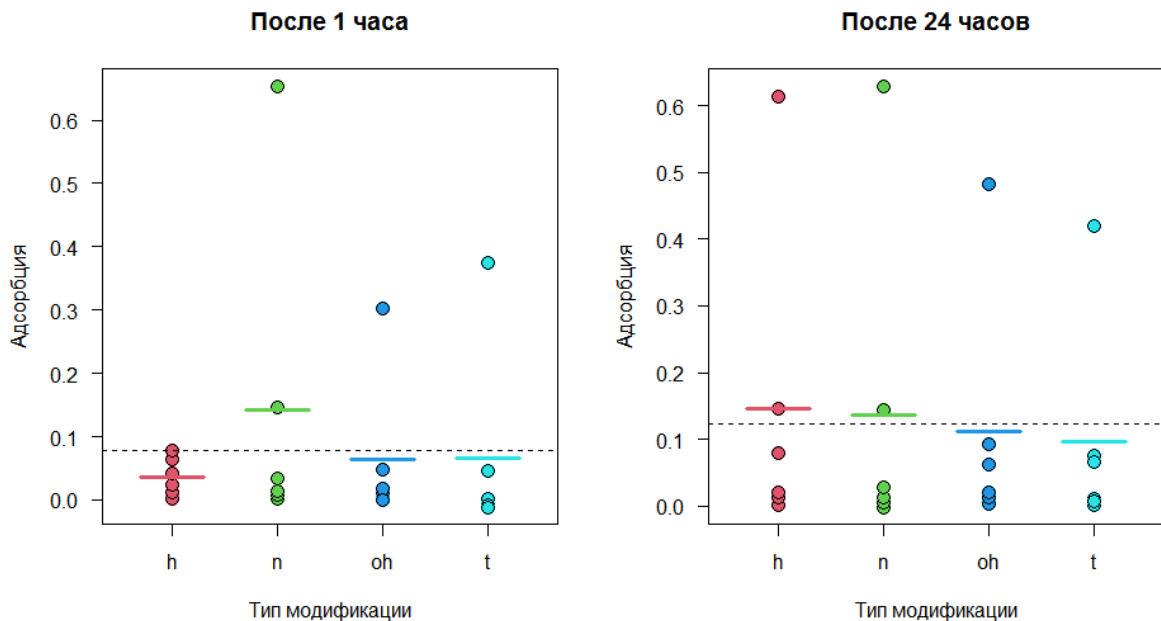


Рис. 2. Диаграммы разброса значений адсорбции в зависимости от типа модификации диатомита (h – кислотный, n – природный, oh – щелочной, t – термический). Сплошными линиями показаны уровни средних значений адсорбции на диатомитах различной модификации, пунктиром – общее среднее значение адсорбции

модификации диатомита и времени адсорбции представлены на рисунке 1.

Уровни достоверности значений коэффициента регрессии k в уравнении прямой $A = f(C)$ для всех типов модификации диатомита на модельных интервалах адсорбции (1 и 24 ч) представлены в таблице 3.

Отсутствие статистически значимой линейной зависимости наблюдается только при адсорбции ионов цинка в течение 1 часа на диатомите кислотной модификации.

При проверке достоверности отличия свободного члена уравнения прямой $A = f(C)$ от нуля получены следующие данные (табл. 4).

Ни для одного типа модификации адсорбента свободный член уравнения прямой $A = f(C)$ не отличается от нуля достоверно.

Результаты одновыборочных тестов Стьюдента среднего значения свободных членов уравнения прямой $A = f(C)$ указывают на отсутствие достоверных отличий среднего от нуля как для часовой ($t = -0.08851$, $df = 3$, $p = 0.935$), так и для суточной ($t = 1.2088$, $df = 3$, $p = 0.3133$) адсорбции.

Низкие концентрации адсорбата и ход изотерм адсорбции позволяют использовать уравнение Генри в описании процессов сорбции ионов цинка (II) на модифицированном диатомите.

3) Влияние типа модификации адсорбента на средние значения адсорбции.

Диаграммы разброса значений адсорбции в зависимости от типа модификации диатомита представлены на рисунке 2.

Значения уровней достоверности t -критерия при сравнении средних величин адсорбции на модифицированным диатомите в течение 1 часа и 24 часов представлены в таблице 5.

Достоверных отличий средних значений адсорбции ионов цинка на диатомитах различной модификации не выявлено.

Дисперсионный анализ средних значений адсорбции также не выявил достоверного влияния типа модификации диатомита на сорбционные процессы (табл. 6).

4) Влияние типа модификации диатомита на зависимость величины адсорбции от концентрации адсорбата.

Линейные модели зависимости $A = f(C)$, построенные с учетом типа модификации диатомита, статистически значимы (1 час: F -критерий: 13.15, $p = 2.685 \cdot 10^{-5}$, 24 часа: F -критерий: 142.8, $p = 6.78 \cdot 10^{-14}$), описывают значительную часть дисперсии значений адсорбции (1 час: $R_2 = 0.6787$, 24 часа: $R_2 = 0.961$). Регрессионные коэффициенты моделей достоверно отличаются от случайных ($k_1 = 7.01271$, $p = 1.38 \cdot 10^{-6}$; $k_{24} = 10.651842$, $p = 1.34 \cdot 10^{-15}$). Отмечены статистически значимые положительный эффект природного типа диатомита на зависимость $A = f(C)$ для кратковременной ($k_1 = 0.10625$, $p = 0.05$) и отрицательный эффект термической модификации адсорбента ($k_{24} = -0.048483$, $p = 0.0439$) при долговременной адсорбции.

5) Влияние длительности процесса на средние значения адсорбции.

Результаты теста Стьюдента на сравнение средних значений адсорбции ионов цинка на диатомите одной модификации за разные промежутки времени представлены в таблице 7.

Значения и уровни достоверности t -критерия указывают на статистически значимое различие средних значений краткосрочной и долговременной адсорбции на термически модифицированном диатомите.

Таблица 8 – Характеристики линейных моделей зависимости $A = f(C)$, построенных с учетом длительности сорбционных процессов

Модификация	F-критерий	p	R ²	Коэффициент регрессии	p
природная	976.2	$3.002 \cdot 10^{-11}$	0.9944	12.9385489	$7.79 \cdot 10^{-12}$
термическая	366.7	$2.378 \cdot 10^{-9}$	0.9852	8.045363	$6.53 \cdot 10^{-10}$
щелочная	62.78	$5.174 \cdot 10^{-6}$	0.9183	7.70812	$1.57 \cdot 10^{-6}$
кислотная	Jul-88	0.01052	0.5557	6.63706	0.0057

6) Влияние длительности процесса на зависимость величины адсорбции от концентрации адсорбата

Характеристики линейных моделей зависимости $A = f(C)$, построенных с учетом длительности сорбционных процессов, представлены в таблице 8.

Линейные модели статистически значимы, описывают значительную часть дисперсии значений адсорбции. Регрессионные коэффициенты моделей достоверно отличаются от случайных. Отмечен статистически значимый положительный эффект длительности сорбционных процессов ($k = 0.031796681$, $p = 0.01497954$) на зависимость величины адсорбции

ионов цинка (II) на термически обработанном диатомите.

Выводы

Таким образом, при исследовании кратковременной (1 час) и долгосрочной (24 часа) адсорбции ионов цинка (II) на природном и модифицированных диатомитах в области низких концентраций адсорбата выявлено статистически значимое влияние термической обработки адсорбента на эффективность адсорбции.

Литература

- [1] Борисков Д.Е., Кузьмин А.А., Комарова Н.А., Давыдова М.А. (2019). Влияние типа модификации диатомита на его сорбционную способность. *Инновационная техника и технология*. № 3 (20). С. 68 – 74.
- [2] ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
- [3] ТУ 4215-015-35918409-2007 Электроды ионоселективные ЭЛИС-1. Технические условия.
- [4] Chambers, J. M. (1992) Linear models. Chapter 4 of *Statistical Models in S* eds J. M. Chambers and T. J. Hastie, Wadsworth & Brooks/Cole.
- [5] Wilkinson, G. N. and Rogers, C. E. (1973). Symbolic descriptions of factorial models for analysis of variance. *Applied Statistics*, 22, 392–399. doi: 10.2307/2346786.
- [6] R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [7] William Henry: Experiments on the Quantity of Gases Absorbed by Water, at Different Temperatures, and under Different Pressures. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* January 1, 1803 93:29-274; doi:10.1098/rstl.1803.0004.
- [8] Ronald Aylmer Fisher. *Statistical Methods for Research Workers*. Edinburgh: Oliver & Boyd. 1925.
- [9] Chambers, J. M. and Hastie, T. J. (1992) *Statistical Models in S*, Wadsworth & Brooks/Cole.

References

- [1] Boriskov D.E., Kuzmin A.A., Komarova N.A., Davydova M.A. (2019). Influence of the type of modification of diatomite on its sorption capacity. *Innovative equipment and technology*. No. 3 (20). pp.68-74.
- [2] GOST 22261-94 Measuring instruments of electric and magnetic quantities. General technical conditions.
- [3] TU 4215-015-35918409-2007 Ion-selective electrodes ALICE-1. Technical conditions.
- [4] Chambers, J. M. (1992) Linear models. Chapter 4 of *Statistical Models in S* eds J. M. Chambers and T. J. Hastie, Wadsworth & Brooks/Cole.
- [5] Wilkinson, G. N. and Rogers, C. E. (1973). Symbolic descriptions of factorial models for analysis of variance. *Applied Statistics*, 22, 392–399. doi: 10.2307/2346786.
- [6] R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [7] William Henry: Experiments on the Quantity of Gases Absorbed by Water, at Different Temperatures, and under Different Pressures. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* January 1, 1803 93:29-274; doi:10.1098/rstl.1803.0004.
- [8] Ronald Aylmer Fisher. *Statistical Methods for Research Workers*. Edinburgh: Oliver & Boyd. 1925.
- [9] Chambers, J. M. and Hastie, T. J. (1992) *Statistical Models in S*, Wadsworth & Brooks/Cole.
- [10] Fox, J. 2008. *Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models*.
- [11] Microsoft Corporation, 2018 Microsoft Excel, Available at: <https://office.microsoft.com/excel>.

- [10] Fox, J. 2008. Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models.
- [11] Microsoft Corporation, 2018 Microsoft Excel, Available at: <https://office.microsoft.com/excel>.
- [12] RStudio Team (2019). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Борисков Дмитрий Евгеньевич кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(903) 323-56-29 E-mail: boriskovde@yandex.ru</p>	<p>Boriskov Dmitry Evgenevich PhD in Agricultural Sciences associate professor at the department of «Biotechnology and technosphere safety» Penza State Technological University Phone: +7(903) 323-56-29 E-mail: boriskovde@yandex.ru</p>
<p>Комарова Надежда Алексеевна ассистент кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(996) 961-59-15 E-mail: sss-potr@yandex.ru</p>	<p>Komarova Nadezhda Alekseevna assistant of the department «Biotechnology and technosphere safety» Penza State Technological University Phone: +7(996) 961-59-15 E-mail: sss-potr@yandex.ru</p>
<p>Кузьмин Антон Алексеевич кандидат биологических наук доцент кафедры «Биотехнология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 399-22-76 E-mail: kuzmin-puh@yandex.ru</p>	<p>Kuzmin Anton Alekseevich PhD in Biology associate professor at the department of «Biotechnology and technosphere safety» Penza State Technological University Phone: +7(927) 399-22-76 E-mail: kuzmin-puh@yandex.ru</p>

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

AUTHOR GUIDELINES

Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей

The procedure for consideration, approval and rejection of articles

В научно-теоретическом и практическом журнале «Инновационная техника и технология» публикуются статьи, обзорные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукописи, поступающие в журнал, должны иметь внешнюю рецензию специалистов соответствующих отраслей наук с ученой степенью доктора или кандидата наук.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность в системе «Антиплагиат», регистрируется.

Редакция организует рецензирование представленных рукописей. В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Инновационная техника и технология», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной статьи.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлекцией в целом.

Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются автору.

Требования к оформлению статьи

Article requirements

Научно-теоретический и практический журнал «Инновационная техника и технология» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть 5–10 страниц. Текст статьи должен быть напечатан на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа в одну колонку.

Все страницы должны иметь сплошную нумерацию посередине внизу.

Статья включает следующее.

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.

2. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую.

3. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов), но информативным и отражать основной результат исследований. Заголовки набирают полужирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заголовке не допускается

использование сокращений, кроме общепринятых.

4. Аннотация (не более 800 печатных знаков). Отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований.

5. Ключевые слова (не более 9).

6. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

«Введение»—часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследования. Ссылки на цитируемую литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследования.

«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» В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

Текст статьи должен быть набран стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 10, межстрочный интервал—одинарный, поля—2 см. Текст набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул (использовать английский алфавит) Equation

(MathType) или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские—курсивом (Italic), русские и греческие—прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9-м кеглем, математические—10-м. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.png, *.jpg или *.tiff. Подписная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки.

Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph и **вставлять картинкой**. 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.

7. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка». 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.

8. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс, тел., e-mail (организации).

9. На английском языке необходимо представить следующую информацию:

а) заглавие статьи; б) инициалы и фамилии авторов; в) текст аннотации; г) ключевые слова (key words); д) название учреждения (с указанием почтового адреса, тел., e-mail).

В случае несоответствия оформления статьи предъявляемым требованиям статья не публикуется. Статьи подлежат общему редактированию.

В редакцию предоставляются:

1) электронная версия статьи в программе MS Word 2007–2013. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора—ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов;

2) **приложить графики и рисунки в формате графических файлов *.png, *.jpg или *.tiff; таблицы в формате excel.**

3) сведения об авторах (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, домашний адрес, электронная почта, дата рождения. Звездоч-

кой указывается автор, с которым вести переписку. Файл следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП_Анкета.doc;

5) рецензия на статью, оформленная согласно образцу, от внешнего рецензента. Подпись внешнего рецензента заверяется соответствующей кадровой структурой.

ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В БАЗУ ДАННЫХ AGRIS СТАТЬЯ ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬ СЛЕДУЮЩУЮ ИНФОРМАЦИЮ:

1. Сведения об авторах: (ФИО всех авторов на русс. и англ яз, полное название организации – место работы авторов, адрес эл. почты, должность, ученая степень).

2. Название статьи (на русском и английском языках);

3. Реферат (на русском и английском языках) 200- 250 слов;

Не следует начинать реферат с повторения названия статьи! Необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы. Не допускаются разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов! Необходимо представлять сведения об объектах исследования. Следить, чтобы в тексте не было повторов и вводных оборотов типа «На основании проведенных исследований можно сказать» (вполне достаточно «установлено» или «сделан вывод»). Все числительные – цифрами.

4. Ключевые слова (на русском и английском языках);

Термины Agrovoc это ключевые слова к Вашей статье, используемые в системе цитирования Agris. Они вводятся на английском языке, и чаще всего совпадают с ключевыми словами Вашей статьи. Для проверки соответствия ключевого слова термину Agrovoc, введите его в поисковой строке сайта Agrovoc. Если термин найден, добавьте его в соответствующее поле формы отправки статьи, если же ключевое слово отсутствует среди терминов Agrovoc, то попробуйте подобрать максимально близкий по смыслу синоним. При отправке статьи используйте минимум 2 и максимум 15 терминов Agrovoc.

Сервис поиска терминов Agrovoc: <http://aims.fao.org/skosmos/agrovoc/en/search?clang=ru>

5. Список литературы должен быть представлен на русском языке и на латинице (транслитерация). В списке литературы не должно быть ссылок на одного и того же автора, минимум ссылок на правовые и нормативные документы, наличие ссылок на иностранные публикации. Не допускается машинный перевод текста на английский язык.

ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Для того, чтобы попасть в зарубежные аналитические базы данных Scopus и Web of Science необходимо оформлять статьи (в том числе в электронных научных журналах) в соответствии с требованиями зарубежных баз данных.

Этапы преобразования ссылки

1) На сайте <http://www.translit.ru> (в раскрывающемся списке «варианты» выбирать вариант, например: системы Госдепартамента США - BSI). Вставляем текст ссылки на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит». Название научного журнала в транслитированном списке литературы должно совпадать с транслитированным названием журнала, которое зарегистрировано при его включении в международные базы данных.

2) Англоязычные версии названий многих публикаций, журналов, книг и т.д. можно найти на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/>).

3) Переводим с помощью онлайн-переводчика все описание источника (название книги, статьи и т.д., кроме авторов) на английский язык, перевод редактируем и переносим в формируемый список (за транслитированным названием).

4) Объединяем описания в транслите и переводное, оформляя в соответствии с принятыми правилами. Нужно раскрыть место издания (например, Moscow), а также исправить обозначение страниц на английский язык (например, вместо 124 s. – 124 p., S. 12-15 – pp. 12-15) и номера («№» на «No.»). Курсивом выделяем название источника (при описании статьи) или название книги (монографии, сборника). Убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания, заменяем их на запяты, авторов (всех) ставим перед заглавием.

Порядок преобразования ссылки

Переводим ссылку в транслит и убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания (*//* и *–*), заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva, Pravo i politika, 2004, № 1, S. 19-30.

После транслитерированного заглавия статьи вставляем в квадратные скобки перевод заглавия на английский язык и выделяем название журнала (книги, монографии) курсивом:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva [**Sector of law and sector of legislation**], **Pravo i politika**, 2004, № 1, S. 19-30.

Меняем «№» на «No.» и страницы - «S.» на «pp.». Обязательно должны быть указаны первый и последний номера страниц статьи:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva (Sector of law and sector of legislation), Pravo i politika, 2004, **No. 1, pp. 9-30.**

Примеры оформления списка литературы в латинице

Описание статьи из журнала:

Osintsev A.M., Braginskii V.I., Ostroumov L.A., Gromov E.S. Ispol'zovanie metodov dinamicheskoi reologii dlya issledovaniya protsessa koagulyatsii moloka [Application of dynamic rheology in studying milk coagulation process]. Agricultural Commodities Storage and Processing, 2002, no. 9, pp. 46–49.

Описание статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of Computer- Mediated Communication, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

Описание статьи с DOI:

Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of lactobacillus bulgaricus. Food and Raw Materials, 2013, vol. 1, no. 2, pp. 9-14. doi:10.12737/2046

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-composite»]. Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem» [Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”], 2006, no. 593, pp. 125-130.

Описание книги (монографии, сборники):

Berezov T.V., Korovin B.F. Bioorganicheskaya khimiya [Bioorganic Chemistry]. Moscow, Meditsina, 1990. 221 p.

Ot katastrofy k vozrozhdeniyu: prichiny i posledstviya razrusheniya SSSR [From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

Описание Интернет-ресурса:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)

Описание диссертации или автореферата диссертации:

Semenov V.I. Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

Описание ГОСТа:

GOST 8.586.5–2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkostei i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [State Standard 8.586.5 –2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.

Описание патента:

Palkin M.V., Kulakov A.V. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 9

№ 2

2022

Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.

Сдано в производство 13.05.2022. Формат 60X84/8

Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.

Усл. печ. л. 7,21. Тираж 50 экз.