

Научная статья

УДК 664.8.047

DOI 10.24888/2541-7835-2024-31-17-25

СУШКА ЛИСТЬЕВ РЕДИСА СОРТА «ЗАРЯ», ТЫКВЫ СОРТА «МИЧУРИНСКАЯ» ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ХЛЕБА

Зорина Ольга Александровна¹, Бредищева Ольга Федоровна^{2✉},
Иванова Эльвира Сергеевна³, Иванова Екатерина Петровна⁴,
Родионов Юрий Викторович⁵, Скоморохова Анастасия Игоревна⁶

^{1,2,5,6}Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

^{3,5}Мичуринский государственный аграрный университет, Тамбовская область, Мичуринск, Россия

⁴ИП Ларионова С. Г., Тамбовская область, Тамбов, Россия

¹zorina.olya90@gmail.com

²obred17@yandex.ru✉

³elvira-ivanova14@mail.ru

⁴lkr68@mail.ru

⁵rodionow.u.w@rambler.ru

⁶nasta373@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается актуальность создания продуктов функционального назначения и внедрения их в ежедневный рацион питания. Цель исследования заключается в расширении ассортимента функциональных пищевых продуктов питания путем разработки хлебобулочных изделий с добавлением водного экстракта листьев редиса сорта «Заря» и порошка тыквы сорта «Мичуринская». При этом важнейшей частью переработки растительного материала является сушка, которая осуществляется для подготовки сырья к измельчению и экстрагированию. В статье представлена разработанная сушильная установка, состоящая из двух ступеней: конвективной лотковой сушилки и конвективно-вакуум-импульсной сушилки. В статье представлены экспериментальные кривые сушки листьев редиса сорта «Заря» и мякоти тыквы сорта «Мичуринская». Первый период сушки листьев в лотковой сушилке длился 150 минут до влагосодержания 34%, второй период в конвективно-вакуум-импульсной сушилке длился 90 минут до влагосодержания 10%, температура и скорость теплоносителя на обеих ступенях 60 ± 3 °C и 2,5 м/с соответственно. Мякоть тыквы высушивалась при температурном режиме 75-20-50 °C и скорости теплоносителя, не превышающей 2,5 м/с. Первый период до влагосодержания 32% длился 40 минут, второй – также 40 минут до конечного влагосодержания 6%. После сушки листья редиса подвергаются водному экстрагированию, а тыква отправляется на измельчение для получения биологически активных пищевых добавок.

Ключевые слова: редис «Заря», тыква «Мичуринская», хлебобулочные изделия, двухступенчатая конвективно-вакуум-импульсная сушка

Для цитирования: Сушка листьев редиса сорта «Заря», тыквы сорта «Мичуринская» для производства функционального хлеба / О.А. Зорина, О.Ф. Бредищева, Э.С. Иванова, Е.П. Иванова, Ю.В. Родионов, А.И. Скоморохова // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 1(31). С. 17-25. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-31-17-25>.

Original article

DRYING LEAVES OF RADISH VARIETY «ZARYA», PUMPKIN VARIETY «MICHURINSKAYA» FOR THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL BREAD

Olga A. Zorina¹, Olga F. Bredischeva^{2✉}, Elvira S. Ivanova³, Ekaterina P. Ivanova⁴, Yuri V. Rodionov⁵, Anastasia I. Skomorokhova⁶

^{1,2,5,6}Tambov State Technical University, Tambov, Russia

^{3,5}Michurinsk State Agrarian University, Tambov region, Michurinsk, Russia

⁴IP Larionova S. G., Tambov region, Tambov, Russia

¹zorina.olya90@gmail.com

²obred17@yandex.ru✉

³elvira-ivanova14@mail.ru

⁴lkp68@mail.ru

⁵rodionow.u.w@rambler.ru

⁶nasta373@mail.ru

Abstract. *The article discusses the relevance of creating functional products and introducing them into the daily diet. The purpose of the study is to expand the range of functional food products by developing bakery products with the addition of an aqueous extract of radish leaves of the Zarya variety and pumpkin powder of the Michurinskaya variety. At the same time, the most important part of processing plant material is drying, which is carried out to prepare the raw material for grinding and extraction. The article presents a developed drying installation consisting of two stages: a convective tray dryer and a convective-vacuum-pulse dryer. The article presents experimental drying curves for radish leaves of the Zarya variety and pumpkin pulp of the Michurinskaya variety. The first period of drying leaves in a tray dryer lasted 150 minutes until the moisture content was 34%, the second period in the convective-vacuum-pulse dryer lasted 90 minutes until the moisture content was 10%, the temperature and coolant velocity at both stages were 60±3 °C and 2.5 m/s respectively. The pumpkin pulp was dried at a temperature of 75-20-50 °C and a coolant speed not exceeding 2.5 m/s. The first period to a moisture content of 32% lasted 40 minutes, the second also 40 minutes to a final moisture content of 6%. After drying, the radish leaves are subjected to water extraction, and the pumpkin is sent for grinding to obtain biologically active food additives.*

Keywords: *Zarya radish, Michurinskaya pumpkin, bakery products, two-stage convection-vacuum-pulse drying*

For citation: *Drying leaves of radish variety «Zarya», pumpkin variety «Michurinskaya» for the production of functional bread / Zorina O.A., Bredischeva O.F., Ivanova E.S., Ivanova E.P., Rodionov Yu.V., Skomorokhova A.I. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2024, no. 1(31), pp. 17-25. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-31-17-25>.*

Введение

Ассортимент продуктов питания, представленных на потребительском рынке в настоящее время, очень широк. Важно отметить увеличение доли функциональных продуктов питания, которые в последние годы пользуются большим спросом у покупателей, о чем свидетельствуют прогнозы аналитической компании «Mordor intelligence» [17]. Значительный интерес обуславливается благоприятным влиянием таких продуктов на организм человека благодаря богатому витаминно-минеральному составу. Продукты функционального назначения могут оказывать лечебно-профилактическое действие, а также удовлетворять потребности в питании различных групп населения (например, людей, страдающих непереносимостью каких-либо ингредиентов).

Одним из перспективных подходов к созданию продуктов питания функционального назначения является использование в качестве ингредиентов растительного сырья. Ягоды, фрукты, овощи, травы, грибы и т.п. имеют в своем составе множество полезных для организма человека компонентов [11].

В работе [15] приводятся некоторые продукты, содержащиеся в них полезные вещества и их положительное влияние на здоровье человека. Авторы представили обширный обзор функциональных ингредиентов, применяемых в пищевой промышленности, и обосновали

важность исследований в этой области. Польза биологически активных пищевых добавок обсуждается в статье [16]. Авторы отмечают, что важно проводить исследования, направленные не только на поиск продуктов с высоким содержанием определенных веществ, но и на изучение биодоступности компонентов. Также в статье приводится оценка рынка функциональных продуктов питания, и выделяются некоторые проблемы, препятствующие его росту, среди которых есть высокая стоимость ингредиентов.

В качестве продукта ежедневного рациона для обогащения биологически активными веществами (БАВ) интерес представляет хлеб. Хлебобулочная продукция пользуется большим спросом у населения и является объектом многих современных исследований, направленных на разработку продуктов здорового питания [1, 6, 10, 13].

Стоит отметить, что при решении вопросов производства функциональных продуктов питания, необходимо организовать правильную переработку сырья, в процессе которой минимизируются потери БАВ. Технологией и аппаратным оформлением линий переработки растительного сырья для создания функциональной продукции, в частности хлебоблочных изделий, занимаются А.С. Зорин, Е.П. Иванова, И.В. Попова, Ю.В. Родионов, С.П. Рудобашта [2, 3, 5, 7, 8]. Исследователи отмечают, что важным и достаточно энергозатратным этапом переработки растительного сырья является сушка, поэтому необходимо постоянно совершенствовать используемые технологии и применяемое оборудование.

Снижения стоимости ингредиентов можно достигнуть путем использования растительного сырья, произрастающего на близлежащих территориях, поэтому в своих исследованиях мы используем редис сорта «Заря» и тыкву сорта «Мичуринская» [9], произрастающие в условиях Центрального Черноземья. Таким образом значительно сокращаются затраты на транспортирование и хранение, а также повышается контроль за условиями выращивания и уборки сельскохозяйственной продукции, что важно при производстве продуктов здорового питания.

Цель исследования заключается в изучении и определении рациональных режимных параметров процесса сушки редиса сорта «Заря» и тыквы сорта «Мичуринская» для производства хлеба функционального назначения.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись листья редиса сорта «Заря» и мякоть тыквы сорта «Мичуринская», выращенные в Тамбовской области. Отбор образцов редиса и тыквы производился в мае и августе 2023 года соответственно. Содержание БАВ сырья определялось в ЦКП «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения» Мичуринского государственного аграрного университета. Исследования по определению рациональных режимных параметров сушки проводились на разработанной двухступенчатой конвективно-вакуум-импульсной сушилке (ДКВИС) [14].

Для проведения экспериментов листья редиса нарезали лентами длиной 20 мм и равномерно укладывали в сушильный лоток первой ступени – конвективную сушилку (КС). Толщина слоя 15-20 мм. Начальное влагосодержание 92%. Сушка осуществлялась до критической влажности 34% (при этом наблюдался резкий скачок температуры внутри материала, что показывает окончание первого периода). Затем листья редиса помещались на вторую ступень сушильной установки (конвективно-вакуум-импульсная сушилка (КВИС)), где сушка продолжалась до конечного влагосодержания 10%. Содержание влаги в материале определяем путем взвешивания. Сушка листьев осуществлялась при температуре теплоносителя (воздуха), не превышающей 60 ± 3 °С, скорость составляла 2,5 м/с. Такие параметры обусловлены требованиями к сохранению БАВ (нельзя допускать сильный перегрев сырья) и способностью сырья к началу свободного витания. Вакуум внутри камеры КВИС создавался на уровне 15-17 кПа, выдержка под вакуумом (в течение 120 с) чередовалась с продувкой (в течение 120 с).

Мякоть тыквы сорта «Мичуринская» нарезали пластинами толщиной 2 мм. Начальное влагосодержание 82%. Процесс сушки проводился на первой ступени до влагосодержания

32%, на второй – до 6%. Высушивание производилось также при скорости теплоносителя 2,5 м/с. При этом и на первой, и на второй ступенях сушки задавался осциллирующий температурный режим 75-20-50 °С [2].

Из высушенных листьев редиса получали водный экстракт по методике, описанной в работе [7], а высушенная тыква подвергалась измельчению в порошок [12].

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам проведенных исследований наиболее предпочтительной для высушивания растительного сырья является двухступенчатая сушка с применением вакуума [2]. Разработанная нами ДКВИС состоит из двух ступеней: конвективной лотковой сушилки (рис. 1) и конвективно-вакуум-импульсной сушилки (рис. 2).

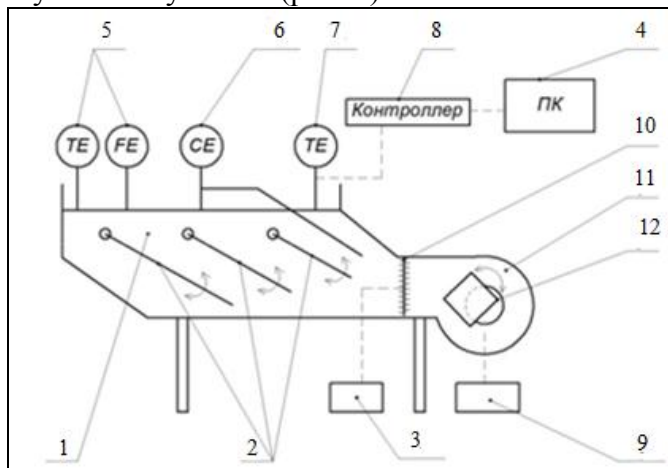


Рисунок 1. Схема конвективной лотковой сушилки: 1 – лоток; 2 – заслонки регулирования равномерности потока воздуха; 3 – регулятор мощности; 4 – персональный компьютер; 5 – датчик скорости и температуры теплоносителя; 6 – датчик влагосодержания; 7 – датчик температуры материала; 8 – контроллер; 9 – частотный преобразователь; 10 – ТЭНы; 11 – вентилятор радиальный; 12 – заслонка.

Представленная на рис. 1 сушильная установка позволяет осуществить щадящий режим сушки и подходит для проведения экспериментальных исследований ввиду удобства и простоты конструкции.

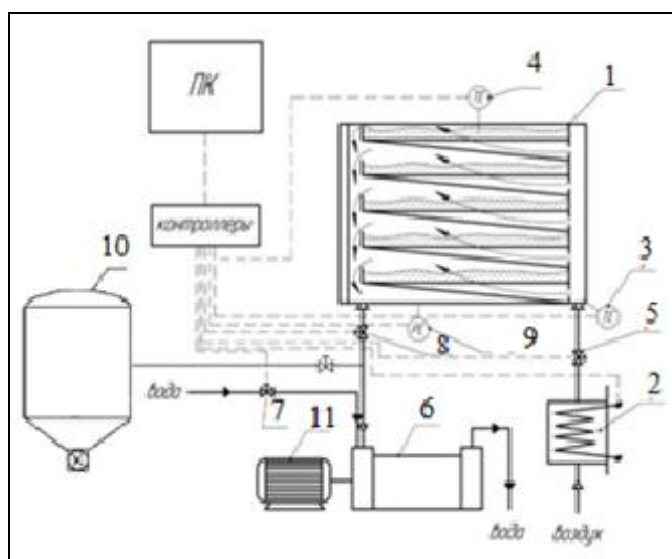


Рисунок 2. Схема конвективно-вакуум-импульсной сушилки: 1 – сушильный шкаф; 2 – ТЭНы; 3, 4 – термомпары; 5, 7, 8 – клапаны; 6 – жидкостно-кольцевой вакуумный насос; 9 – вакуумметр; 10 – цилиндрическая емкость для создания сухих импульсов; 11 – электродвигатель.

Сырье помещается в лоток (поз. 1) ровным слоем. Нагреваемый с помощью ТЭНов (поз. 10) атмосферный воздух подается снизу лотка. Для регулирования подачи сушильного агента в конструкции предусмотрены заслонки (поз. 2 и 5). Данные с датчиков (поз. 5, 6 и 7) поступают в персональный компьютер (поз. 4) для сбора и обработки информации для своевременной регулировки режимов.

Вторая ступень ДКВИС, представленная на рис. 2, обеспечивает хорошее влагоудаление из материала за счет создания вакуумных импульсов жидкостнокольцевым вакуумным насосом (поз. 6). Применение вакуума позволяет производить энергоэффективную сушку при пониженных температурах.

Анализ режимных параметров процесса сушки осуществляется на основе кинетических кривых. На рис. 3 представлена кривая сушки листьев редиса сорта «Заря».

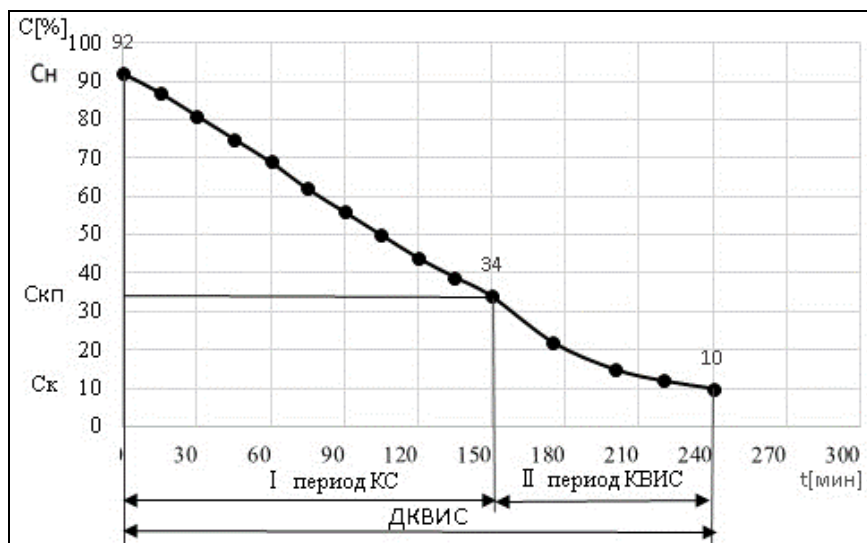


Рисунок 3. Кривая двухступенчатой конвективно-вакуумно-импульсной сушки листьев редиса сорта «Заря».

Как можно видеть на рис. 3, время сушки до конечного влагосодержания 10% составило 240 минут. Время первого и второго периодов – 150 и 90 минут соответственно.

Кривая сушки тыквы сорта «Мичуринская» приведена на рис. 4.

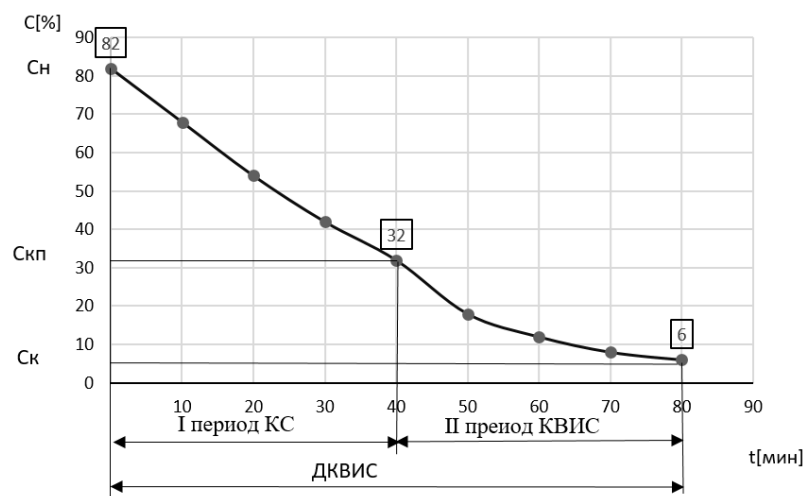


Рисунок 4. Кривая двухступенчатой конвективно-вакуумно-импульсной сушки мякоти тыквы сорта «Мичуринская».

Из графика видно, что первый период конвективной сушки до влагосодержания 32% длился 40 минут, второй – также 40 минут до конечного влагосодержания 6%. Такое влагосодержание обуславливается последующим измельчением и необходимо для того, чтобы частицы порошка меньше слипались в процессе помола [12].

В табл. 1 представлен сравнительный анализ тыквы сорта «Мичуринская» в сыром виде и после сушки в ДКВИС.

Таблица 1. Сравнительный анализ тыквы сорта «Мичуринская» в сыром виде и после сушки в ДКВИС

Показатель	До сушки	После сушки
Сухие вещества, %	17,41	0,32
Сумма каратиноидов, мг/%	4,17	0,32
Сумма пектиновых веществ, %	1,74	0,64
Сумма растворимых сахаров, %	1,74	0,64
Глюкоза, %	0,27	0,32
Фруктоза, %	0,93	0,16
Сахароза, %	0,54	0,32
Крахмал, %	1,24	0,32
Витамин С, мг /%	28	0,32
Биофлаваноиды, мг/%	261,7	0,96
Дубильные вещества, мг/%	0,33	0,32
Общее количество золы, %	25,12	0,64

Листья редиса сорта «Заря» были изучены на количество антиоксидантов по галловой кислоте и кверцетину (табл. 2).

Таблица 2. Анализ листьев редиса сорта «Заря»

Образец	ССА мг/100г (по галловой кислоте)	ССА мг/100г (по кверцетину)
В свежем виде	95,09	142,64
Порошок	1001,62	1502,43

Для использования сушеной продукции при создании хлеба функционального назначения требуется дальнейшая переработка с целью получения растительных порошков и экстрактов. Проведенные ранее исследования [3] продемонстрировали положительный эффект от внедрения растительного сырья в хлебобулочную продукцию, поэтому полученные экстракт листьев редиса «Заря» и порошок из тыквы «Мичуринская» будут использованы в качестве ингредиентов при изготовлении хлеба.

Выводы

1. Разработана двухступенчатая конвективно-вакуумно-импульсная сушильная установка, позволяющая производить сушку при щадящих температурах.
2. Отработаны режимные параметры сушки листьев редиса сорта «Заря». Определено, что рациональными параметрами являются: температура и скорость теплоносителя 60 ± 3 °С и 2,5 м/с соответственно, величина вакуума на второй ступени 15-17 кПа, выдержку под вакуумом следует чередовать с продувкой в соотношении 120 с/120 с.

3. Дальнейшие исследования будут посвящены изготовлению хлеба с добавлением водного экстракта листьев редиса «Заря» и порошка тыквы «Мичуринская» с последующим органолептическим и физико-химическим анализом. Также продолжатся опытно-конструкторские работы по усовершенствованию сушильной установки, и двухступенчатая конвективно-вакуумно-импульсная сушка будет заменена на двухступенчатую комбинированную вакуум-импульсную сушку.

Список источников

1. Андросова Н. В., Тошев А. Д., Лагуткина Л. Ю. Разработка рецептуры пшеничного хлеба с повышенным содержанием пищевых волокон // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2023. Т. 85. № 1(95). С. 138-142.
2. Зорин А.С. Совершенствование технологии и технических средств комбинированной вакуумной сушки растительного сырья для производства чипсов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Тамбов, 2019. 156 с.
3. Иванова Е.П. Разработка технологии приготовления сухой закваски на основе растительного сырья для производства хлебобулочных изделий функционального назначения: дис. ... канд. с.-х. наук: 05.18.01. Мичуринск-научоград, 2016. 152 с.
4. Иванова И.В. и др. Производство комбинированного водного экстракта смеси зеленого лука, редиса, укропа / И.В. Иванова, М.Ю. Кравченко, Ю.В. Родионов, А.И. Скоморохова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2021. № 1 (66). С. 17-22.
5. Иванова И.В. и др. Выращивание и комплексная переработка тыквы сорта Мичуринская: монография / И.В. Иванова, Ю.В. Родионов, С.И. Данилин, Д.В. Никитин // Мичуринск: Мичуринский ГАУ, 2019. 112 с.
6. Курапова К. Ф. и др., Смертина Е. С., Федянина Л. Н., Лях В. А. Обоснование использования элеутерококка колючего в производстве нового хлеба / К. Ф. Курапова, Е. С. Смертина, Л. Н. Федянина, В. А. Лях // Пищевая промышленность. 2023. № 3. С. 16-19.
7. Попова И. В. Совершенствование технологии и средств сушки овощного сырья: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Мичуринск, 2009. 161 с.
8. Рудобашта С. П. Теплотехника. 2-е изд., доп. Москва: Перо, 2015. 672 с.
9. Селекционное достижение тыква крупноплодная Мичуринская (*Cucurbita maxima Duch*) № 2752 / Скрипников Ю. Г.; заявл. 04.07.2000; зарегистрирован в госреестре охраняемых селекционных достижений 14.06.2005.
10. Сидоренко Г. А., Манеева Э. Ш. Оптимизация технологии хлеба с добавлением яблок при применении ЭК-способа выпечки // Хлебопродукты. 2023. № 4. С. 34-38.
11. Синха Н.К., Хью И.Г. Настольная книга производителя и переработчика плодово-овощной продукции: пер. с англ. Санкт-Петербург: Профессия, 2014. 912 с.
12. Совершенствование технологии получения порошков из растительного сырья / С.И. Данилин [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020. № 4. С. 150-159.
13. Федотов А. А., Тагиева Н. Э., Борисова А. В. Повышение питательной ценности итальянского хлеба при введении флавоноидсодержащих добавок растительного происхождения // Ползуновский вестник. 2023. № 3. С. 156-162.
14. Энергоэффективная конвективно-вакуум-импульсная сушильная установка с тепловыми аккумуляторами: пат. 2716056 Рос. Федерация. № 2019106971 / Зорин А.С., Иванова И.В., Никитин Д.В., Родионов Ю.В., Щегольков А.В.; заявл. 13.03.2019; опубл. 06.03.2020. Бюл. № 7.
15. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety / D. Granato [и др.] // Annual review of food science and technology. 2020. No. 11. С. 93-118.
16. Functional importance of bioactive compounds of foods with Potential Health Benefits: A review on recent trends / K. Vanwo [и др.] // Food Bioscience. 2021. No. 43. P. 101320.

References

1. Androsova N. V., Toshev A.D., Lagutkina L. Yu. Development of a recipe for wheat bread with a high content of dietary fiber. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2023, vol. 85, no. 1(95), pp. 138-142.
2. Zorin A.S. Improvement of technology and technical means of combined vacuum drying of vegetable raw materials for the production of chips: dis. ... candidate of Technical Sciences: 05.20.01. Tambov, 2019. 156 p.
3. Ivanova E.P. Development of technology for the preparation of dry starter culture based on vegetable raw materials for the production of bakery products for functional purposes: dis. ... candidate of Agricultural Sciences: 05.18.01. Michurinsk-naukograd, 2016. 152 p.
4. Ivanova I.V. et al. Production of a combined aqueous extract of a mixture of green onions, radishes, dill / I.V. Ivanova, M.Yu. Kravchenko, Yu.V. Rodionov, A.I. Skomorokhova // Technology and commodity science of innovative food products, 2021, no. 1 (66), pp. 17-22.
5. Ivanova I.V. et al. Cultivation and complex processing of pumpkin varieties Michurinskaya: monograph. I.V. Ivanova, Yu.V. Rodionov, S.I. Danilin, D.V. Nikitin. Michurinsk: Michurinsky State University, 2019. 112 p.
6. Kurapova K. F. et al. Justification of the use of *Eleutherococcus prickly* in the production of new bread. K. F. Kurapova, E. S. Smertina, L. N. Fedyanina, V. A. Lyakh. Food industry, 2023, no. 3, pp. 16-19.
7. Popova I. V. Improvement of technology and means of drying vegetable raw materials: dis. ... candidate of Technical Sciences: 05.20.01. Michurinsk, 2009. 161 p.
8. Rudobashta S. P. Heat engineering. 2nd ed., add. Moscow: Pen. 2015. 672 p.
9. Breeding achievement Michurinskaya large-fruited pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch) No. 2752. Skripnikov Yu. G.; declared 04.07.2000. Registered in the State Register of protected breeding achievements on 06.14.2005.
10. Sidorenko G. A., Maneeva E. Sh. Optimization of bread technology with the addition of yablok when using the EK baking method. Bread products, 2023, no. 4, pp. 34-38.
11. Sinha N.K., Hugh I.G. The handbook of the producer and processor of fruit and vegetable products: trans. from English. St. Petersburg: Profession, 2014. 912 p.
12. Improving the technology of obtaining powders from vegetable raw materials. S.I. Danilin [et al.]. Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex – products of healthy nutrition, 2020, no. 4, pp. 150-159.
13. Fedotov A. A., Tagieva N. E., Borisova A.V. Increasing the nutritional value of Italian bread at introduction of flavonoid-containing additives of plant origin. Polzunovsky vestnik, 2023, no. 3, pp. 156-162.
14. Energy-efficient convective vacuum pulse drying unit with thermal batteries: pat. 2716056 Ros. The Federation. No. 2019106971. Zorin A.S., Ivanova I.V., Nikitin D.V., Rodionov Yu.V., Shchegolkov A.V. Application 13.03.2019. Publ. 06.03.2020. Byul. No. 7.
15. Granato D. [et al.] Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. Annual review of food science and technology, 2020, no. 11, pp. 93-118.
16. Banwo K. [et al.] Functional importance of bioactive compounds of foods with Potential Health Benefits: A review on recent trends. Food Bioscience, 2021, no. 43, p. 101320.

Информация об авторах

- О.А. Зорина** – аспирант кафедры технологии продуктов питания и товароведения;
О.Ф. Бредищева – студент кафедры технологии продуктов питания и товароведения;
Э.С. Иванова – аспирант;
Е.П. Иванова – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания и товароведения;

Ю.В. Родионов – доктор технических наук, профессор кафедры механики и инженерной графики;

А.И. Скоморохова – аспирант.

Information about the authors

O.A. Zorina – Postgraduate student;

O.F. Bredishcheva – Student;

E.S. Ivanova – Postgraduate student;

E.P. Ivanova – Candidate of technical sciences, associate professor of the department of food technology and commodity science;

Yu.V. Rodionov – Doctor of technical sciences, professor of the department of mechanics and engineering graphics;

A.I. Skomorokhova – Postgraduate student.