Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2026-1-40-46 Оригинальная статья/Research article
УДК 664.653.8 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Влияние порошка столовой свеклы на реологические свойства ржаного теста и качественные показатели хлебобулочных изделий

Наталья В. Родичева [1] rodicheva@bsuedu.ru 0000-0000-0000-0000
Юрий А. Болтенко [2] boltenko@bsuedu.ru 0000-0003-2183-2263
Нина И. Мячикова [2] myachikova@bsuedu.ru 0000-0001-7997-0605
Ирина Г. Зиновьева [2] zinovyeva@bsuedu.ru 0000-0000-0000-0000
Лариса Н. Фролова [3] kaf-mapp@vsuet.ru 0000-0002-6505-4136
Анна А. Деркаосова [3] aa-derk@yandex.ru 0000-0002-9726-9262

1 ООО «ИРЕКС ТРИЭР», ул. Щипок, 18, стр. 3, г. Москва, 115093, Россия
2 Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия
3 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Повышение пищевой и потребительской ценности хлебобулочных изделий за счет введения функциональных растительных ингредиентов является ключевым трендом в развитии хлебопекарной отрасли. В статье представлены результаты исследования влияния порошка столовой свеклы, используемого в качестве функционального ингредиента, на реологические свойства ржаного теста после замеса, а также на качество готовых хлебобулочных изделий. Проведена комплексная оценка качества обогащенного хлеба по органолептическим, физико-химическим и реологическим показателям. Экспериментальная часть работы базировалась на использовании современных приборных методов анализа, включая фариограф «Do-corder C3» для контроля процесса замеса и структурометр СТ-2 для точного измерения вязкости теста, что обеспечило высокую достоверность полученных данных. В ходе исследования варьирование дозировки порошка столовой свеклы (от 0 до 8% с шагом 2%) позволило всесторонне изучить его технологическое действие. Установлено влияние дозировки порошка столовой свеклы на реологические показатели ржаного теста после замеса. Выявлено, что добавление порошка закономерно увеличивает водопоглотительную способность муки и количество механической энергии, необходимое для замеса, что свидетельствует о структурирующем влиянии пищевых волокон свеклы. Наиболее оптимально введение порошка в количестве 6% от массы муки. При этом значении эффективной вязкости составляло 145 кПа*с, а также зафиксированы наилучшие показатели газообразующей способности теста в процессе брожения, что напрямую коррелирует с конечным объемом и структурой пористости хлеба. Показано, что оптимальная дозировка порошка в 6% позволяет не только улучшить потребительские свойства изделия, но и обогатить его состав биологически активными веществами, при этом физико-химические показатели (пористость достигла 63%, удельный объем — 1,85 см³/г) соответствуют и даже превосходят контрольные значения. Результаты работы представляют практический интерес для разработки новых видов функциональных хлебопродуктов на основе ржаной муки и могут быть рекомендованы для внедрения на предприятиях хлебопекарной промышленности с целью расширения ассортимента продукции здорового питания.

Ключевые слова: порошок столовой свеклы, ржаное тесто, реологические свойства, хлебобулочные изделия, функциональные ингредиенты, качество хлеба.

Influence of beetroot powder on the rheological properties of rye dough and the quality indicators of bakery products

Natal'ya V. Rodicheva [1] rodicheva@bsuedu.ru 0000-0000-0000-0000
Yurij A. Boltenko [2] boltenko@bsuedu.ru 0000-0003-2183-2263
Nina I. Myachikova [2] myachikova@bsuedu.ru 0000-0001-7997-0605
Irina G. Zinov'eva [2] zinovyeva@bsuedu.ru 0000-0000-0000-0000
Larisa N. Frolova [3] kaf-mapp@vsuet.ru 0000-0002-6505-4136
Anna A. Derkanosova [3] aa-derk@yandex.ru 0000-0002-9726-9262

1 IREKS TRIER LLC, 18 Shchipok Street, Building 3, Moscow, 115093, Russia
2 Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia
3 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia)

Для цитирования
Родичева Н.В., Болтенко Ю.А., Мячикова Н.И., Зиновьева И.Г., Фролова Л.Н., Деркаосова А.А. Влияние порошка столовой свеклы на реологические свойства ржаного теста и качественные показатели хлебобулочных изделий // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 1. С. 40–46. doi:10.20914/2310-1202-2026-1-40-46

For citation
Rodicheva N.V., Boltenko Yu.A., Myachikova N.I., Zinov'eva I.G., Frolova L.N., Derkanosova A.A. Influence of beetroot powder on the rheological properties of rye dough and the quality indicators of bakery products. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 1. pp. 40–46. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-1-40-46

© 2026, Родичева Н.В. и др. / Rodicheva N.V. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Abstract. Increasing the nutritional and consumer value of bakery products through the introduction of functional plant ingredients is a key trend in the development of the baking industry. The article presents the results of a study on the effect of beetroot powder, used as a functional ingredient, on the rheological properties of rye dough after kneading, as well as on the quality of finished bakery products. A comprehensive assessment of the quality of enriched bread was carried out based on organoleptic, physico-chemical, and rheological indicators. The experimental part of the work was based on the use of modern instrumental analysis methods, including a "Do-corder C3" farinograph to monitor the kneading process and a CT-2 structure meter for precise measurement of dough viscosity, which ensured high reliability of the obtained data. During the study, varying the dosage of beetroot powder (from 0 to 8% in 2% increments) made it possible to comprehensively study its technological effect. The influence of the beetroot powder dosage on the rheological parameters of rye dough after kneading was established. It was revealed that the addition of the powder regularly increases the water absorption capacity of the flour and the amount of mechanical energy required for kneading, which indicates the structuring effect of beet dietary fiber. The most optimal introduction of the powder is in an amount of 6% by weight of flour. At this value, the effective viscosity was 145 kPa*s, and the best indicators of gas-forming ability of the dough during fermentation were recorded, which directly correlates with the final volume and pore structure of the bread. It is shown that the optimal dosage of 6% powder not only improves the consumer properties of the product but also enriches its composition with biologically active substances, while the physico-chemical parameters (porosity reached 63%, specific volume — 1.85 cm^3/g) meet and even exceed the control values. The results of the work are of practical interest for the development of new types of functional rye-based bread products and can be recommended for implementation in baking industry enterprises to expand the range of healthy food products.

Keywords: beetroot powder, rye dough, rheological properties, bakery products, functional ingredients, bread quality.

Введение

Хлебобулочные изделия занимают важное место в питании человека. Эти продукты входят в ежедневный рацион употребления людей и являются главным источником энергии и пищевых веществ [1–4]. Разработка новых видов хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности на основе доступного отечественного сырья обусловлена задачами обеспечения продовольственной безопасности и улучшения питания населения [5–8]. Использование нетрадиционного овощного и фруктового сырья, в частности продуктов переработки овощей и фруктов, представляет собой экономически эффективную стратегию для обогащения массовых сортов хлеба [9–13].

Продукты переработки овощей и фруктов, отличающиеся низкой стоимостью и доступностью, выступают в качестве оптимальных компонентов для обогащения хлебобулочных изделий из пшеничной и ржаной муки. Включение их в рецептуру решает задачи: с одной стороны, происходит насыщение продукта нутриентами, с другой – достигается существенное улучшение технологических и качественных характеристик изделий [14–16]. Как свидетельствуют данные, овощные и фруктовые добавки выступают в роли натуральных улучшителей, положительно влияющих на цвет, структуру пористости, а также на вкус и аромат хлеба [1, 17–18].

Таким образом, совершенствование технологий хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки овощей и фруктов является актуальной задачей для хлебопекарной промышленности России.

Цель работы – установить влияние порошка столовой свеклы на реологические свойства ржаного теста и качественные показатели хлебобулочных изделий.

Материалы и методы

Тесто готовили опарным способом из ржаной обдирной муки по рецептуре, приведенной в таблице 1.

Таблица 1.

Рецептура приготовления ржаного теста с порошком столовой свеклы

Table 1.

Recipe for Rye Dough with Beetroot Powder

Сырье Raw material	Количество сырья (в % к массе муки) Amount of raw materials used (in % of the flour weight)
Мука ржаная обдирная Flaked rye flour	100*
Дрожжи прессованные хлебопекарные Pressed baking yeast	0,5
Соль поваренная пищевая Table salt	1,5
Порошок столовой свеклы | Powder	0, 2, 4, 6, 8
Ржаная густая закваска Rye thick sourdough	Исходя из заданной кислотности теста Based on the specified acidity of the dough
Вода Water	По расчету, исходя из консистенции теста равной 250+/ -10 *EF* By calculation, based on the consistency of the dough being equal to250+/ -10 *EF*
* Количество муки, необходимое на замес теста, устанавливали исходя из кислотности теста равной 6 град	

В процессе выполнения работы использовано сырье, соответствующее требованиям нормативной документации.

Замес теста с добавлением порошка столовой свеклы производили с использованием информационно-измерительной системы, включающей прибор «Do-corder C3», месильную емкость S300 и программируемый термостат. Частота вращения месильных органов составляла 63 об/мин. После замеса ржаное тесто имело консистенцию 250+/ -10 *EF* и температуру 26–28 °С.

Определение реологических характеристик ржаного теста после замеса осуществляли с использованием прибора «Структурометр СТ-2» [19–20] (Россия): тесто раскатывается между валками в виде пласта толщиной 15 мм. Из полученного пласта теста специальным прямоугольным пробником вырезаются две пробы теста, которые помещаются в две половинки разъемной кюветы. Между половинками кюветы помещается индентор «Пластина ребристая» и кювета защелкивается.

Подготовка пробы для ржаного теста несколько иная, т. к. оно является вязкопластичной системой с большими адгезионными свойствами. Таким образом, ржаное тесто после замеса отбирали в кювету специальной лопаточкой, а дальше по аналогии с пробоподготовкой пшеничного теста.

Результаты и обсуждение

Установлено влияние дозировки столовой свеклы от 0 до 8% с шагом 2% на параметры замеса и свойства ржаного теста (таблица 2).

Таблица 2.

Влияние дозировки порошка столовой свеклы на параметры замеса и свойства ржаного теста

Table 2.

The effect of the dosage of beetroot powder on the mixing parameters and properties of rye dough

Параметр фаринограммы Pharynogram parameter	Дозировка порошка столовой свеклы, % | Dosage of table beet powder, %				
	0	2	4	6	8
Водопоглотительная способность теста (ВПС), % Test Water Absorption Capacity (WPS), %	75,9	85,0	87,0	88,0	88,7
Продолжительность замеса B, *мин* Kneading time B, *min*	8,0	9,8	10,2	11,0	10,0
Стабильность C, *мин* | Stability C, *min*	5,1	6,2	6,8	7,0	13,5
Разжижение E, *EF* | Liquefaction E, *EF*	49	44	43	46	44
Количество механической энергии, затраченной на формирование структуры теста при замесе, W, *кДж/ кг* | Amount of mechanical energy used to form the dough structure during the kneading process, W, *кДж/кг*	9,2	10,7	11,1	11,3	11,6

Как видно из таблицы 2, продолжительность замеса теста (B) и количество механической энергии (W), затраченной на формирование его структуры при замесе, увеличиваются в определенных пределах с увеличением дозировки порошка столовой свеклы, что не позволяет однозначно установить технологическую эффективность данной добавки. Для выявления его рациональной дозировки проведены дополнительные исследования реологического поведения ржаного теста после замеса по изменению его вязкости, а также по изменению его биотехнологических свойств при брожении (рисунок 1–3).

Вязкость ржаного теста после замеса с разными дозировками порошка столовой свеклы определяли с помощью прибора «Структурометр СТ-2» (рисунок 1).

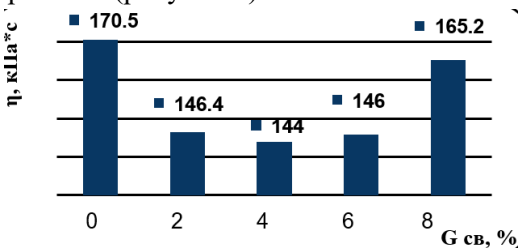


Рисунок 1. Изменение вязкости ржаного теста после замеса в зависимости от дозировки порошка столовой свеклы

Figure 1. Change in the viscosity of rye dough after kneading, depending on the dosage of beetroot powder

Как видно из рисунка 1, с увеличением дозировки порошка столовой свеклы показатель вязкости ржаного теста изменяется по параболическому закону. Минимальное значение вязкости соответствует дозировке порошка, равной 4%. В то же время анализ биотехнологических свойств ржаного теста (рисунок 2 и 3) показал, что максимальное количество образующегося диоксида углерода наблюдалось при дозировке порошка столовой свеклы, равной 6%.

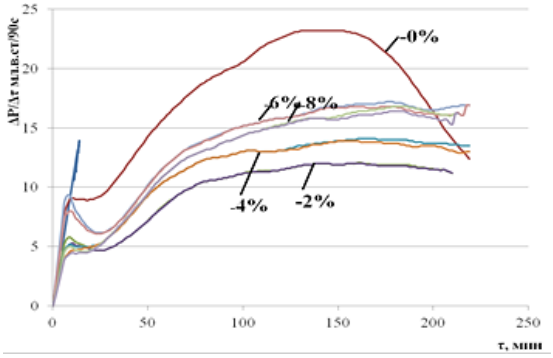


Рисунок 2. Изменение скорости давления образующегося диоксида углерода в процессе брожения ржаного теста при разных дозировках свекольного порошка

Figure 2. Change in the pressure rate of the carbon dioxide formed during the fermentation of rye dough at different dosages of beet powder

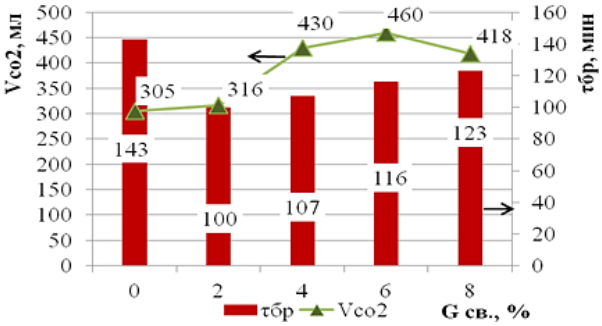
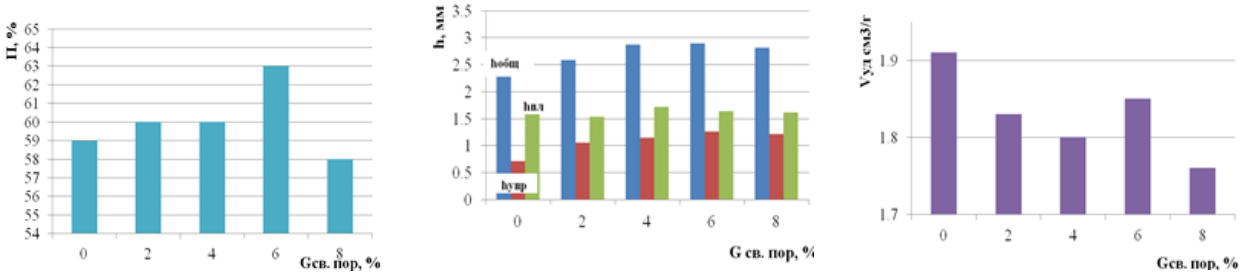


Рисунок 3. Влияние дозировки порошка столовой свеклы на изменение продолжительности брожения ржаного теста ($\tau_{бр}$) и количество образующегося диоксида углерода (Vco_2)

Figure 3. The effect of the dosage of beet powder on the change in the duration of fermentation of rye dough ($\tau_{бр}$) and the amount of carbon dioxide produced (Vco_2)

После установления оптимальной продолжительности брожения ржаного теста проводили пробные лабораторные выпечки хлебобулочных изделий. Оценку качества готовых изделий проводили по органолептическим и физико-химическим характеристикам.

Изменение удельного объема хлеба, пористости мякиша, деформационных характеристик мякиша приведено на рисунке 4.



(a) (b) (c)

Рисунок 4. Влияние дозировки порошка столовой свеклы на изменение пористости (a), удельного объема (b) и деформационные характеристики (c) мякиша хлеба

Figure 4. The effect of the dosage of beetroot powder on the change in porosity (a), specific volume (b) and deformation characteristics (c) of bread crumb

По физико-химическим показателям качество ржаного хлеба (рисунок 4) с внесением свекольного порошка, а именно, его пористость и удельный объем не уступали контрольным пробам, и находились в пределах 58–62% и 1,7–1,9 $см^3/г$, соответственно. Максимальные значения деформационных характеристик было достигнуто при дозировке порошка столовой свеклы равное 6%.

При органолептической оценке качества хлебобулочных изделий определяли: правильность формы, окраску корки, состояние поверхности, состояние мякиша, цвет мякиша, его эластичность, состояние пористости, вкус и аромат (таблица 3).

Таблица 3.

Органолептические и физико-химические показатели качества ржаного хлеба из ржаной обдирной муки с различными дозировками порошка столовой свеклы

Table 3.

Organoleptic and physico-chemical quality indicators of rye bread made from rye flour with various dosages of beetroot powder

Показатель Indicator	Дозировка порошка столовой свеклы, % | Dosage of beetroot powder, %				
	0	2	4	6	8
Внешний вид хлеба | Appearance of bread	Форма симметричная с выпуклой поверхностью | The shape is symmetrical and has a convex surface	Форма симметричная с плоской поверхностью | The shape is symmetrical and has a flat surface	Форма симметричная, поверхность выпуклая | The shape is symmetrical, the surface is convex	Форма симметричная, верхняя поверхность выпуклая | The shape is symmetrical, the upper surface is convex	Форма симметричная, верхняя поверхность менее выпуклая, чем у проб с дозировкой 4 и 6% | The shape is symmetrical, the upper surface is less convex than in samples with dosages of 4 and 6%
Цвет корки | The color of the crust	Цвет: темно-коричневый. Поверхность корки: однородная, ровная без трещин, корка тонкая | Color: dark brown. Crust surface: uniform, smooth without cracks, thin crust	Цвет: темно-коричневый. Поверхность корки: однородная, ровная, без трещин | Color: dark brown. Crust surface: uniform, smooth, without cracks	Цвет: темно-коричневый. Поверхность корки: однородная, ровная, корка тонкая | Color: dark brown. Crust surface: uniform, smooth, thin crust	Цвет: темно-коричневый. Поверхность корки: однородная, ровная, корка тонкая, без трещин | Color: dark brown. Crust surface: uniform, smooth, thin crust, without cracks	Цвет: темно-коричневый, Поверхность корки: однородная, ровная, корка тонкая | Color: dark brown. Crust surface: uniform, smooth, thin crust

Показатель Indicator	Дозировка порошка столовой свеклы, % | Dosage of beetroot powder, %				
	0	2	4	6	8
Вкус и аромат | Taste and aroma	Свойственный данному виду изделий | Characteristic of this type of products				
Пористость, % | Porosity, %	59	60	60	63	58
Крошковатость, % | Crumbiness, %	10	8,4	8,1	7,5	7,9
$V_{хлеба}$, $см^3$ | V_{bread}, cm^3	760	720	700	720	700
$V_{уд}$, $см^3/г$ | V_{Sp}, cm^3/g	1,91	1,83	1,8	1,85	1,76

Заключение

На основании комплексных исследований установлено влияние дозировки порошка столовой свеклы на водопоглотительную способность ржаной муки при замесе теста и его реологическое поведение, а также параметры приготовления теста и показатели качества готовых изделий. Установлена рациональная дозировка порошка столовой свеклы при производстве ржаного хлеба, равная 6%. При этом значение эффективной вязкости составляло 145 кПа×с.

Таким образом, разработка технологий с применением данного сырья способствует созданию качественных и доступных продуктов массового спроса, соответствующих современным требованиям здорового питания.

Литература

1 Боташева Х.Ю., Лукина С.И., Пономарева Е.И. и др. Влияние нетрадиционных видов сырья на технологические показатели теста и качество хлеба // Пищевая технология. 2016. № 4. С. 21–24.

2 Костюченко М.Н., Тюрина О.Е., Тюрина И.А. и др. Формирование рецептурного состава хлебопекарных композитных смесей для здорового питания // Хлебопечение России. 2018. № 3. С. 20–23.

3 Wang Y., Jian C. Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making // Science of Food. 2022. V. 6. № 1. P. 49. doi: 10.1038/s41538-022-00163-1

4 Kourkouta L., Kourkourikos K., Iliadis C. et al. Bread and health // Journal of Pharmacology and Pharmaceutical Research. 2017. V. 1. № 1. P. 5. doi: 10.17265/2328-2150/2017.11.005

5 Беляев А.Г., Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Бывалец О.А. Изготовление хлеба из разных сортов муки с использованием сыворотки и исследование их качественных показателей, ИК Фурье спектроскопия полученных образцов // Технология пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2018. № 3. С. 24–32.

6 Сейлхан К.Е., Жунусова Г.С. Использование нетрадиционного растительного сырья и побочных растительных компонентов в хлебопечении – перспективы и эффекты // Вестник науки. 2025. Т. 3. № 12 (93). С. 2200–2206.

7 Smirnova T.B., Temereva I.V., Tolstoguzova T.T. The use of whole-ground amaranth flour in the production of bread // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 1052. № 1. P. 012027. doi: 10.1088/1755-1315/1052/1/012027

8 Семенова Е.Г., Башкуева М.Р., Дагбаева Т.Ц., Тыхенова О.Г. Использование черемши в технологии производства ржано-пшеничного хлеба // Вестник КрасГАУ. 2022. № 8 (185). С. 173–179.

9 Amoah I., Cairncross C., Osei E.O. et al. Bioactive Properties of Bread Formulated with Plant-based Functional Ingredients: Before Consumption and Possible Links with Health Outcomes After Consumption: A Review // Plant Foods for Human Nutrition. 2022. V. 77. P. 329–339. doi: 10.1007/s11130-022-00989-6

10 Amoah I., Taarji N., Johnson P.N.T. et al. Plant-based food by-products: prospects for valorisation in functional bread development // Sustainability. 2020. V. 12. № 18. P. 7785. doi: 10.3390/su12187785

11 Ranawana V., Raikos V., Campbell F. et al. Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part I: Breads containing oil as an ingredient // Foods. 2016. V. 5. № 1. P. 19. doi: 10.3390/foods5010019

12 Ranawana V., Campbell F., Bestwick C. et al. Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part II: Breads not containing oil as an ingredient // Foods. 2016. V. 5. № 3. P. 62. doi: 10.3390/foods5030062

13 Хекилаева З.С., Гуриева А.Х. Применение яблочного пектина в рецептурах хлеба // Инновационные научные исследования. 2023. № 11. С. 45–55. doi: 10.5281/zenodo.8052760

14 Заикина М.А. Применение йодсодержащего пектинового экстракта в технологии хлеба // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты питания здорового питания. 2020. № 4. С. 8–14.

15 Purkiewicz A., Hazan Guil F., Pietrzak-Fiecko R. The Utilization of Vegetable Powders for Bread Enrichment: The Effect on the Content of Selected Minerals, Total Phenolic and Flavonoid Content, and the Coverage of Daily Requirements in the Human Diet // Applied Sciences. 2022. V. 14. № 21. P. 10022. doi: 10.3390/app142110022

16 Русина И.М., Колесник И.М. Влияние овощных порошков на динамику брожения и показатели качества пшеничного хлеба пробных выпечек // Вестник ГрГУ им. Янки Купалы. Сер. 6. Техника. 2019. Т. 6. № 2. С. 62–72.

17 Shevchenko A., Fursik O., Drobot V. et al. The Use of Wastes from the Flour Mills and Vegetable Processing for the Enrichment of Food Products // Bioconversion of Wastes to Value-added Products. Boca Raton: CRC Press, 2023. P. 1–35. doi: 10.1201/9781003324482-1

18 Заикина М.А., Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А. Разработка рецептуры хлеба ржано-пшеничного с использованием яблочного йод пектинового экстракта // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 202–206. doi: 10.20914/2310-1202-2020-4-202-206

19 Черных В.Я. Информационно-измерительная система на базе прибора «Структурометр СТ-2» для контроля реологических характеристик пищевых сред // Управление реологическими свойствами пищевых продуктов. 2015. С. 24–29.

20 Черных В.Я., Жирнова Е.В. Методология управления реологическими свойствами полуфабрикатов и готовых изделий хлебопекарного производства // Хлебопечение России. 2015. № 1. С. 14–17.

References

1 Botasheva Kh.Yu., Lukina S.I., Ponomareva E.I. et al. Influence of Non-Traditional Types of Raw Materials on Technological Parameters of Dough and Bread Quality. Food Technology. 2016. no. 4. pp. 21–24. (in Russian).

2 Kostyuchenko M.N., Tyurina O.E., Tyurina I.A. et al. Formation of the Recipe Composition of Bakery Composite Mixtures for Healthy Nutrition. Baking in Russia. 2018. no. 3. pp. 20–23. (in Russian).

3 Wang Y., Jian C. Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making. Science of Food. 2022. vol. 6. no. 1. article 49. doi: 10.1038/s41538-022-00163-1.

4 Kourkouta L., Kourkourikos K., Iliadis C. et al. Bread and health. Journal of Pharmacology and Pharmaceutical Research. 2017. vol. 1. no. 1. article 5. doi: 10.17265/2328-2150/2017.11.005.

5 Belyaev A.G., Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Byvalets O.A. Manufacturing Bread from Different Types of Flour Using Whey and Study of Their Quality Indicators, IR Fourier Spectroscopy of the Obtained Samples. Technology of Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products. 2018. no. 3. pp. 24–32. (in Russian).

6 Seilkhan K.E., Zhunusova G.S. The Use of Non-Traditional Plant Raw Materials and By-Product Plant Components in Baking – Prospects and Effects. Bulletin of Science. 2025. vol. 3. no. 12 (93). pp. 2200–2206. (in Russian).

7 Smirnova T.B., Temereva I.V., Tolstoguzova T.T. The use of whole-ground amaranth flour in the production of bread. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. vol. 1052. no. 1. article 012027. doi: 10.1088/1755-1315/1052/1/012027.

8 Semenova E.G., Bashkueva M.R., Dagbaeva T.Ts., Tykenova O.G. The Use of Wild Garlic in the Technology of Rye-Wheat Bread Production. Bulletin of KrasGAU. 2022. no. 8 (185). pp. 173–179. (in Russian).

9 Amoah I., Cairncross C., Osei E.O. et al. Bioactive Properties of Bread Formulated with Plant-based Functional Ingredients: Before Consumption and Possible Links with Health Outcomes After Consumption: A Review. Plant Foods for Human Nutrition. 2022. vol. 77. pp. 329–339. doi: 10.1007/s11130-022-00989-6.

10 Amoah I., Taarji N., Johnson P.N.T. et al. Plant-based food by-products: prospects for valorisation in functional bread development. Sustainability. 2020. vol. 12. no. 18. article 7785. doi: 10.3390/su12187785.

11 Ranawana V., Raikos V., Campbell F. et al. Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part I: Breads containing oil as an ingredient. Foods. 2016. vol. 5. no. 1. article 19. doi: 10.3390/foods5010019.

12 Ranawana V., Campbell F., Bestwick C. et al. Breads fortified with freeze-dried vegetables: quality and nutritional attributes. Part II: Breads not containing oil as an ingredient. Foods. 2016. vol. 5. no. 3. article 62. doi: 10.3390/foods5030062.

13 Khekilaeva Z.S., Gurieva A.Kh. Application of Apple Pectin in Bread Formulations. Innovative Scientific Research. 2023. no. 11. pp. 45–55. doi: 10.5281/zenodo.8052760 (in Russian).

14 Zaikina M.A. Application of Iodine-Containing Pectin Extract in Bread Technology. Technologies of Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products. 2020. no. 4. pp. 8–14. (in Russian).

15 Purkiewicz A., Hazan Guil F., Pietrzak-Fiecko R. The Utilization of Vegetable Powders for Bread Enrichment: The Effect on the Content of Selected Minerals, Total Phenolic and Flavonoid Content, and the Coverage of Daily Requirements in the Human Diet. Applied Sciences. 2022. vol. 14. no. 21. article 10022. doi: 10.3390/app142110022.

16 Rusina I.M., Kolesnik I.M. Influence of Vegetable Powders on Fermentation Dynamics and Quality Indicators of Wheat Bread from Test Bakings. Bulletin of Yanka Kupala Grodno State University. Series 6. Engineering. 2019. vol. 6. no. 2. pp. 62–72. (in Russian).

17 Shevchenko A., Fursik O., Drobot V. et al. The Use of Wastes from the Flour Mills and Vegetable Processing for the Enrichment of Food Products. In: Bioconversion of Wastes to Value-added Products. Boca Raton: CRC Press, 2023. pp. 1–35. doi: 10.1201/9781003324482-1.

18 Zaikina M.A., Kovaleva A.E., Pyanikova E.A. Development of a Recipe for Rye-Wheat Bread Using Apple Iodine-Pectin Extract. Bulletin of VSUET. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 202–206. doi: 10.20914/2310-1202-2020-4-202-206 (in Russian).

19 Chernykh V.Ya. Information-Measuring System Based on the "Structurometer ST-2" Device for Monitoring the Rheological Characteristics of Food Media. In: Management of Rheological Properties of Food Products. 2015. pp. 24–29. (in Russian).

20 Chernykh V.Ya., Zhirnova E.V. Methodology for Managing the Rheological Properties of Semi-Finished Products and Finished Products in Bakery Production. Baking in Russia. 2015. no. 1. pp. 14–17. (in Russian).

Сведения об авторах

Наталья В. Родичева к.т.н., руководитель, департамент контроля качества и сертификации, ООО «ИРЕКС ТРИЭР», ул. Щипок, 18, стр. 3, г. Москва, 115093, Россия, rodicheva@bsuedu.ru
https://orcid.org/0000-0000-0000-0000

Юрий А. Болтенко к.т.н., кафедра технологии продуктов питания, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия, boltenko@bsuedu.ru
https://orcid.org/0000-0003-2183-2263

Нина И. Мячикова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов питания, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия, myachikova@bsuedu.ru
https://orcid.org/0000-0001-7997-0605

Information about authors

Natal'ya V. Rodicheva Cand. Sci. (Engin.), Director, Department of Quality Control and Certification, IREKS TRIER LLC, Shchipok St., 18, p. 3, Moscow, 115093, Russia, rodicheva@bsuedu.ru
https://orcid.org/0000-0000-0000-0000

Yurij A. Boltenko Cand. Sci. (Engin.), Food technology department, Belgorod State National Research University, Pobedy Str., 85, Belgorod, 308015, Russia, boltenko@bsuedu.ru
https://orcid.org/0000-0003-2183-2263

Nina I. Myachikova Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Food technology department , Belgorod State National Research University, Pobedy Str., 85, Belgorod, 308015, Russia, myachikova@bsuedu.ru
https://orcid.org/0000-0001-7997-0605

Ирина Г. Зиновьева старший преподаватель, кафедра технологии продуктов питания, Белгородский национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия, zinovyeva@bsuedu.ru
https://orcid.org/0000-0000-0000-0000

Лариса Н. Фролова д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет пищевых производств, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия), kaf-mapp@vsuet.ru
https://orcid.org/0000-0002-6505-4136

Анна А. Дерканосова д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет пищевых производств, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, aa-derk@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-9726-9262

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Irina G. Zinov'eva Senior lecturer, Food technology department, Belgorod State National Research University, Pobedy Str., 85, Belgorod, 308015 Russia, zinovyeva@bsuedu.ru
https://orcid.org/0000-0000-0000-0000

Larisa N. Frolova Doc. Sci. (Engin.), professor, Department of Food Production Machines and Apparatuses, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kaf-mapp@vsuet.ru
https://orcid.org/0000-0002-6505-4136

Anna A. Derkanosova Doc. Sci. (Engin.), professor, service and restaurant business, department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, aa-derk@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-9726-9262

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 03/01/2026	**После редакции** 01/02/2026	**Принята в печать** 23/02/2026

Received 03/01/2026	**Accepted in revised** 01/02/2026	**Accepted** 23/02/2026