

Разработка рецептурного состава сырцовых пряников, обогащенных нетрадиционными видами сырья

Елена И. Пономарева ¹	elena6815@yandex.ru	 0000-0023-2310-2838
Светлана И. Лукина ¹	lukina.si@yandex.ru	 0000-0003-4393-2046
Надежда Н. Алехина ¹	nadinat@yandex.ru	 0000-0002-3317-9858
Валерия Н. Нартова ¹	iwakina.val@yandex.ru	 0009-0007-4589-6428

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Современные тенденции в технологии мучных кондитерских изделий требуют не только сохранения органолептических характеристик продукции, но и повышения её пищевой ценности за счёт снижения сахароёмкости и обогащения биологически активными веществами. Целью данного исследования стало обоснование рационального рецептурного состава сырцовых пряников с использованием нетрадиционных видов сырья – сорговой муки и урбеча из семян расторопши. В работе применены методы математического планирования и оптимизации эксперимента, а также стандартные методы оценки показателей качества и химического состава. На основе регрессионного анализа установлены количественные зависимости органолептических показателей пряников от дозировок используемых компонентов. Оптимальные значения входных факторов – 25% сорговой муки от массы муки и 25% урбеча от массы сахара – обеспечивают высокие значения намокаемости и приемлемую плотность изделий. Разработанная рецептура пряников «Богатырские» соответствует требованиям ГОСТ и отличается сниженной долей сахара при повышенном содержании пищевых волокон, белков, витаминов и минеральных веществ. Внедрение указанных ингредиентов позволяет увеличить содержание белка на 12%, пищевых волокон – на 18%, а также снизить уровень углеводов на 4% по сравнению с традиционным аналогом. Продукт обеспечивает значительное покрытие суточной потребности в ряде нутриентов, включая витамины группы В, магний, фосфор и железо. Разработанная рецептура пряников соответствует современным требованиям к здоровому питанию, сочетая высокие органолептические показатели с повышенной пищевой ценностью. Продукт может быть рекомендован для профилактики дефицитных состояний, связанных с недостатком белка, пищевых волокон и микронутриентов. Внедрение таких изделий в рацион способствует расширению ассортимента функциональных кондитерских продуктов, ориентированных на укрепление здоровья населения.

Ключевые слова: пряники, сорговая мука, урбеч из семян расторопши, показатели качества, математическое планирование, пищевая ценность.

Development of the formulation of raw gingerbread enriched with non-traditional raw materials

Elena I. Ponomareva ¹	elena6815@yandex.ru	 0000-0023-2310-2838
Svetlana I. Lukina ¹	lukina.si@yandex.ru	 0000-0003-4393-2046
Nadezhda N. Alekhina ¹	nadinat@yandex.ru	 0000-0002-3317-9858
Valeria N. Nartova ¹	iwakina.val@yandex.ru	 0009-0007-4589-6428

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Modern trends in the technology of flour confectionery products require not only the preservation of the organoleptic characteristics of products, but also an increase in their nutritional value by reducing sugar content and enriching biologically active substances. The purpose of this study was to substantiate the rational formulation of raw gingerbread using non-traditional types of raw materials - sorghum flour and urbech from milk thistle seeds. The paper uses methods of mathematical planning and optimization of the experiment, as well as standard methods for evaluating quality and chemical composition indicators. Based on regression analysis, quantitative dependences of the organoleptic parameters of gingerbread on the dosages of the components used have been established. The optimal values of the input factors – 25% sorghum flour by weight of flour and 25% urbech by weight of sugar – provide high values of wetness and acceptable density of products. The developed recipe of Bogatyrsky gingerbread meets the requirements of GOST and is characterized by a reduced sugar content with a high content of dietary fiber, proteins, vitamins and minerals. The introduction of these ingredients allows you to increase the protein content by 12%, dietary fiber by 18%, and also reduce the level of carbohydrates by 4% compared to the traditional equivalent. The product provides significant coverage of the daily requirement for a number of nutrients, including B vitamins, magnesium, phosphorus and iron. The developed recipe for gingerbread meets modern requirements for healthy nutrition, combining high organoleptic indicators with increased nutritional value. The product can be recommended for the prevention of deficiency conditions associated with a lack of protein, dietary fiber and micronutrients. The introduction of such products into the diet contributes to the expansion of the range of functional confectionery products aimed at strengthening public health.

Keywords: gingerbread, sorghum flour, urbech from milk thistle seeds, quality indicators, mathematical planning, nutritional value.

Для цитирования

Пономарева Е.И., Лукина С.И., Алехина Н.Н., Григорян А.Э. Разработка рецептурного состава сырцовых пряников, обогащенных нетрадиционными видами сырья // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 1. С. 206–212. doi:10.20914/2310-1202-2025-1-206-212

For citation

Ponomareva E.I., Lukina S.I., Alekhina N.N., Grigoryan A.E. Development of the formulation of raw gingerbread enriched with non-traditional raw materials. Vestnik VGUET [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 1. pp. 206–212. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-1-206-212

Введение

Ассортимент мучных кондитерских изделий многообразен и пользуется большой популярностью населением России. Из общего объема их производства на долю пряников приходится около 12%. Пряничные изделия отличаются оригинальным внешним видом, присущим только им специфическим вкусом и ароматом, создаваемых за счет применения традиционных и эксклюзивных технологий и рецептов [1].

Современные виды пряничных изделий берут начало с глубокой древности, когда их изготовление было народным промыслом по рецептам, передаваемым из поколения в поколение. Само название изделия происходит от слова «пряность», так как обязательной добавкой в пряничное тесто служат «сухие духи» – смесь молотых пряностей, создающих основу его вкуса [2].

Пряничные изделия традиционно готовят из пшеничной сортовой муки, может применяться ржаная мука в смеси с пшеничной. Кроме того, из-за содержания жира и сахаристых веществ – сахара, патоки, меда, входящих в состав пряников в больших количествах, изделия имеют высокую калорийность и низкую пищевую ценность.

В настоящее время актуальными задачами для производителей являются улучшение качества изделий, снижение их сахароемкости и повышение пищевой ценности. В состав продукции нового поколения должны входить физиологически ценные ингредиенты (витамины, минеральные вещества, пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты, незаменимые аминокислоты), имеющие биологически значимое положительное воздействие на организм человека и способные предупреждать развитие целого ряда неинфекционных заболеваний. Поэтому разработка технологий и рецептов пряничных изделий с применением новых нетрадиционных видов сырья, добавок и обогатителей актуальна и своевременна [3–5].

Для реализации данной задачи необходимо поиск новых сырьевых ресурсов, имеющих физиологическую ценность, невысокую стоимость и доступность на местном потребительском рынке. На этом основывался выбор применяемого в работе нетрадиционного сырья – обогатителей растительного происхождения.

Мука сорговая – цельносмолотый продукт, не содержит клейковинных белков, имеет высокую питательную ценность за счет содержания белка, пищевых волокон, ненасыщенных жирных кислот, в частности, линолевой и линоленовой, фосфора, железа, витаминов группы В и Е. Поликозанол, содержащийся в зерне сорго, способствует улучшению функций сердечно-сосудистой системы и снижению уровня холестерина [6, 7].

Урбеч из семян расторопши – натуральный продукт, представляющий собой пасту из перетертых семян до состояния густой массы.

Его питательная ценность обусловлена содержанием в составе семян целого комплекса ценных веществ – незаменимых аминокислот (суммарно 13,3 г / 100 г. – на уровне эталона), ненасыщенных жирных кислот (линолевая, олеиновая), минералов (кальций, магний, марганец, цинк, медь), витаминов группы В, F и К. Силимарин, содержащийся в семенах расторопши, представляет собой комплекс природных антиоксидантов – флаволигнанов, которые способствуют восстановлению поврежденных клеток печени [8–10].

Учитывая вышеизложенное, теоретический и практический интерес представляет разработка рецептурного состава пряников с применением сорговой муки и урбеча из семян расторопши.

Цель работы – определение рациональных дозировок рецептурных компонентов сырцовых пряников с применением методов математического планирования и оптимизации эксперимента.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись образцы пряников, приготовленные с применением нетрадиционного сырья. Сырье, применяемое в работе: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта (ГОСТ 26574–2017), сахар белый (ГОСТ 33222–2015), кефир жирностью 1,0% (ГОСТ 31454–2012), масло подсолнечное рафинированное (ГОСТ 1129–2013), сорговая мука (ТУ 10.61.22–001–03555402–2022), урбеч из семян расторопши (ТУ 9129–001–0198404506–16), карбонат натрия (ГОСТ 32802–2014). Оценку качества применяемого сырья проводили по методикам, приведенным в пособии [11].

Для определения рациональных дозировок компонентов применяли центральное композиционное ротационное униформ-планирование эксперимента с использованием для обработки данных статистических критериев Кохрена, Стьюдента, Фишера при доверительной вероятности 0,95 [12, 13].

Образцы пряников готовили сырцовым способом при следующих параметрах: замес теста влажностью 22%, температурой 20–22° С, раскатка теста в пласт толщиной 0,8–1,2 см, выпечка отформованных заготовок при температуре 210° С в течение 15–17 мин [1].

Готовые изделия анализировали по органолептическим показателям, намокаемости и плотности по методам в соответствии с ГОСТ 15810–2014 [14].

Анализ химического состава пряников осуществляли по следующим методикам: содержание белка определяли по ГОСТ 10846–91, водорастворимых углеводов – по ГОСТ Р 51636–2000, жира – по ГОСТ 32905–2014, пищевых волокон – по ГОСТ 31675–2012, витаминный состав (РР, В₁, В₂) – по ГОСТ 29140–91, ГОСТ 29138–91, ГОСТ 29139–91. Минеральный состав (калий, кальций, магний, фосфор, железо) исследовали по ГОСТ 32343–2013, ГОСТ 26657–97.

Показатели пищевой ценности изделий рассчитывали по программе «КОМПЛЕКС», разработанной на кафедре технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств (ТХКМЗП) ФГБОУ ВО «ВГУИТ» по методике, приведенной в пособии [1].

Исследования проводили в лабораториях кафедры ТХКМЗП, испытательном лабораторном центре комбикормов, комбикормового сырья, пищевых продуктов АНО «Научно-технический центр «Комбикорм» (г. Воронеж).

Результаты и обсуждения

На первом этапе исследования проведена обработка результатов эксперимента и построение математических моделей в виде регрессионных уравнений 2-го порядка, адекватно описывающих зависимости функций отклика от изучаемых факторов.

Входными факторами являлись дозировки компонентов: x_1 – сорговая мука, % к общей массе муки; x_2 – урбеч из семян расторопши, % к массе сахара. Интервалы их изменения были определены на основании предварительно проведенных исследований. Выходными параметрами служили показатели качества пряников: намокаемость (y_1 , %) и плотность (y_2 , г/см³).

Опыты по полному факторному эксперименту типа 2³ проводили в соответствии с матрицей планирования, включающей пять параллельных опытов в центре плана и опыты в «звездных» точках с величиной «звездного» плеча $\pm 1,414$.

В таблице 1 представлены средние арифметические значения функций отклика y_1 и y_2 в двух параллельных опытах.

Таблица 1.

Матрица планирования и результаты эксперимента

Table 1.

Planning matrix and experimental results

№ опыта Experience number	Кодированные значения факторов Coded values of the factors		Натуральные значения факторов Natural values of the factors		Функции отклика Response functions	
	X_1	X_2	x_1 , %	x_2 , %	y_1 , г/см ³ г/см ³	y_2 , %
1	-1	-1	25	15	0,48	154
2	-1	+1	25	25	0,58	200
3	+1	-1	50	15	0,56	175
4	+1	+1	50	25	0,46	156
5	-1,414	0	20	20	0,56	168
6	0	-1,414	37,5	13	0,48	175
7	+1,414	0	55	20	0,44	147
8	0	+1,414	37,5	27	0,56	195
9	0	0	37,5	20	0,40	190
10	0	0	37,5	20	0,41	190
11	0	0	37,5	20	0,40	190
12	0	0	37,5	20	0,40	188
13	0	0	37,5	20	0,41	190

Получены регрессионные уравнения зависимости показателей качества пряников от дозровок нетрадиционных видов сырья в кодированном виде:

$$y_1 = 189,60 - 6,59X_1 + 6,91X_2 - 16,25X_1X_2 - 16,05X_1^2 - 2,30X_2^2, \quad (1)$$

$$y_2 = 0,415 - 0,026X_1 + 0,014X_2 - 0,05X_1X_2 + 0,05X_1^2 + 0,06X_2^2, \quad (2)$$

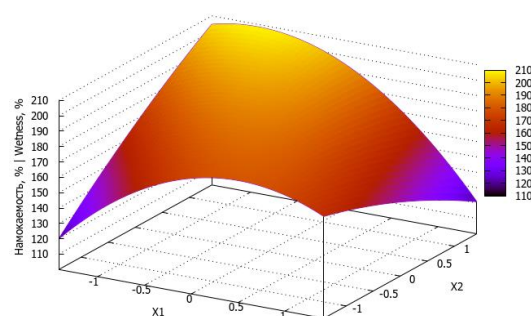
где X_i – кодированные значения факторов, связанные с натуральными значениями X_i соотношениями:

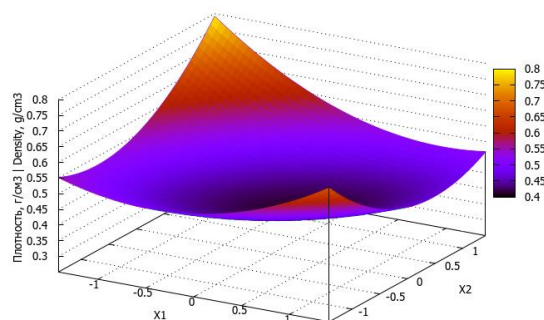
$$X_1 = \frac{x_1 - 37,5}{12,5}, \quad X_2 = \frac{x_2 - 20}{5}. \quad (3)$$

На втором этапе проведена интерпретация полученных моделей, которая дала информацию о форме поверхностей отклика и позволила предсказать область рациональных значений

выходных параметров для заданных условий проведения эксперимента.

На рисунках 1 и 2 приведена графическая интерпретация зависимостей (1) и (2) от массовой доли рецептурных компонентов.

Рисунок 1. Поверхность отклика y_1 Figure 1. Response Surface y_1

Рисунок 2. Поверхность отклика y_2 Figure 2. Response Surface y_2

Анализ поверхностей отклика (рисунки 1, 2) позволил определить области факторного пространства, в которых достигались оптимальные значения выходных параметров – максимальные значения намокаемости ($y_1 = 200 - 210\%$) и минимальные значения плотности ($y_2 = 0,40 - 0,45 \text{ г/см}^3$), что соответствовало разным точкам факторного пространства.

На третьем этапе проведена оптимизация рецептурного состава пряников с учетом требований ГОСТ 15810–2014 по намокаемости (не менее 180%) и плотности (от 0,55 до 0,75 г/см^3). Применяя метод перебора на равномерной сетке с шагом по каждому фактору 0,5%, определены рациональные значения входных факторов: $x_1 = 25\%$ к общей массе муки, $x_2 = 25\%$ к массе сахара, обеспечивающие достижение наибольшего значения намокаемости пряников $y_2 = 201\%$ при среднем значении их плотности $y_1 = 0,615 \text{ г/см}^3$. Правильность выбора оптимальных значений факторов доказана проведением серии

параллельных экспериментов. Среднеквадратичная ошибка не превышала 0,67%, что говорит о достаточной сходимости результатов.

На основании полученных результатов разработана рецептура и способ приготовления пряников «Богатырские» (ТУ 10.72.12.112–630–0206810–2025), характеризующиеся высокими показателями качества, сниженной сахароемкостью за счет замены части муки и сахара на нетрадиционные виды сырья.

На четвертом этапе определено содержание пищевых нутриентов в контрольном и опытном образцах. В качестве контроля применяли образец, выработанный по рецептуре пряников домашних [15]. Опытным был образец, приготовленный по рецептуре пряников «Богатырские».

По полученным данным рассчитана энергетическая ценность изделий, содержание пищевых нутриентов и степень покрытия суточной потребности в них за счет употребления пряников (таблица 2). Установлено, что в опытном образце увеличено содержание белка на 12%, жира – на 24%, пищевых волокон – на 18%, снижено содержание углеводов на 4% по сравнению с контролем.

За счет применения урбеча из семян расторопши, содержащего в преобладающем количестве омега-6 (62%) и омега-9 (22%) жирные кислоты [10], жирнокислотный состав опытного образца улучшается.

Пряники «Богатырские» порцией 100 г. обеспечивают удовлетворение суточной потребности взрослого человека в нутриентах: белке и пищевых волокнах – на 12%, магнии и фосфоре – на 15%, витамине PP и B₁ – на 20%, железе – на 14%.

Таблица 2.
Содержание пищевых нутриентов и степень удовлетворения их суточной потребности организма за счет употребления 100 г изделия

Table 2.
The content of food nutrients and the degree of satisfaction of their daily needs of the body due to the use of 100 g of the product

Наименование пищевых веществ и энергетическая ценность Name of food substances and energy value	Физиологическая суточная потребность, г/сут (TP TC 022/2011) Physiological daily requirement, g/day (TR CU 022/2011)	Содержание в образцах Content in samples		Степень удовлетворения за счет употребления пряников Degree of satisfaction due to use of gingerbread	
		Контроль Control	Опыт Experiment	Контроль Control	Опыт Experiment
Белки, г Proteins, g	75	7,78	10	8,68	12
Жир, г Fat, g	83	5,22	6	6,50	8
Углеводы, г Carbohydrates, g	365	67,20	18	64,21	18
Пищевые волокна, г Dietary fiber, g	30	3,16	11	3,72	12
Витамин PP, мг Vitamin PP, mg	20	3,00	15	4,00	20
Витамин B ₁ , мг Vitamin B ₁ , mg	1,4	0,20	13	0,30	20
Витамин B ₂ , мг Vitamin B ₂ , mg	1,6	0,08	4	0,10	6
Калий, мг Potassium, mg	3500	146	4	207	6
Кальций, мг Calcium, mg	1000	43	4	63	6,3
Магний, мг Magnesium, mg	400	31	7	59	15
Фосфор, мг Phosphorus, mg	800	94	9	151	15
Железо, мг Iron, mg	14	1,4	10	2	14
Энергетическая ценность, ккал (кДж) Energy value, kcal (kJ)	2500 (10460)	347 (1452)	350 (1464)	14	14

Заключение

Определен рациональный рецептурный состав пряников «Богатырские», предусматривающий внесение сорговой муки в количестве 171 кг и урбеча из семян расторопши – 61 кг на 1 т готового продукта взамен части муки и сахара, что позволяет снизить сахароемкость и повысить пищевую ценность продукта. Применение

нетрадиционных видов сырья, содержащего биологически активные нутриенты, позволяет расширить ассортимент обогащенных мучных кондитерских изделий, улучшить их органолептические свойства, повысить показатели качества. Продукт рекомендован для массового потребления с целью профилактики заболеваний, связанных с дефицитом нутриентов в питании.

Литература

- 1 Лапшина В.Т., Кузнецова Л.С., Сиданова М.Ю. Сборник рецептур на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия: сб. технологических нормативов. М.: Хлебпродинформ, 2000. Ч. 3. 720 с.
- 2 Региональные особенности пряничного промысла в России [Электронный ресурс]. URL: <https://mgpru-media.ru/issues/issue-25/historical-science/regional-features.html> (дата обращения: 12.04.2025).
- 3 Магомедов Г.О., Плотнокова И.В., Писаревский Д.С. Создание пряников повышенной биологической ценности для спортсменов // Хлебопродукты. 2018. № 8. С. 38–41.
- 4 Санжаровская Н.С., Сокол Н.В., Храпко О.П. Использование нетрадиционного сырья в технологии сырцовых пряников // Вестник КрасГАУ. 2018. № 1. С. 147–154.
- 5 Пономарева Е.И., Попов В.И., Есауленко И.Э., Лукина С.И., Алехина Н.Н. Пряничные изделия повышенной пищевой ценности с нетрадиционными видами сырья // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 5. С. 75–81.
- 6 Мука сорго – химический состав, пищевая ценность [Электронный ресурс]. URL: <https://fitaudit.ru/food/158409> (дата обращения: 12.04.2025).
- 7 Никонорова Ю.Ю., Волкова А.В., Мохова В.И. Влияние сорговой муки на свойства композитных смесей с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2020. Т. 74. № 5 URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9419> (дата обращения: 12.04.2025).
- 8 Зверев С.В., Вьюгина Т.П. Обрушение семян расторопши // Научные основы пищевых технологий. 2023. Т. 82. № 5. С. 31–37.
- 9 Рамазанов А.Ш., Балаева Ш.А., Шахбанов К.Ш. Химический состав плодов и масла расторопши пятнистой, произрастающей на территории Республики Дагестан // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 113–118.
- 10 Клейменова Н.Л. Жирнокислотный состав масла семян расторопши пятнистой, полученного методом холодного прессования // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 102–106.
- 11 Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Лукина С.И., Малютин Т.Н. Общая технология отрасли: оценка качества сырья растительного, животного и природного происхождения: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2024. 240 с.
- 12 Пономарева Е.И., Лукина С.И., Журавлев А.А., Павловская С.М. Оптимизация дозировок нетрадиционных видов сырья в рецептуре хлеба профилактической направленности // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2021. № 4 (382). С. 55–59.
- 13 Zhuravlev A.A., Lukina S.I., Ponomareva E.I., Roslyakova K.E. Optimization of technological parameters of preparation of dough for rusks of high nutrition value // Foods and Raw Materials. 2017. Vol. 5 (1). P. 73–80.
- 14 Лобосова Л.А., Малютин Т.Н., Лукина С.И. Методы исследований свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий. Теория и практика: учеб. пособие для вузов / Санкт-Петербург: Лань, 2023. 120 с.
- 15 Пряники домашние [Электронный ресурс]. URL: <https://www.russianfood.com/recipes/recipe.php?rid=139288> (дата обращения: 12.04.2025).
- 16 Егорова Е.Ю., Пономарева Е.И. Современные тенденции в производстве функциональных мучных кондитерских изделий // Пищевая промышленность. 2022. № 5. С. 34–38.
- 17 Лукина С.И., Алехина Н.Н. Математическое моделирование в оптимизации рецептур мучных изделий // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 45–52.
- 18 Нартова В.Н., Пономарева Е.И. Использование нетрадиционного сырья в производстве пряников // Хранение и переработка сельхозсырья. 2023. № 1. С. 67–73.
- 19 Шевченко В.В., Петрова Т.А. Сорго как перспективный источник пищевых волокон и белка // Зерновые культуры. 2020. № 4. С. 22–27.
- 20 Кузнецова О.А., Иванова Л.П. Биологически активные вещества семян расторопши и их применение в пищевых технологиях // Вопросы питания. 2021. Т. 90. № 3. С. 55–62.
- 21 Taylor J.R.N., Emmambux M.N. Sorghum and millet foods: Product characteristics and challenges // Cereal Chemistry. 2010. Vol. 87. No. 4. P. 349–359. doi:10.1094/CCHEM-87-4-0349
- 22 de Moraes Cardoso L. et al. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): Nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017. Vol. 57. No. 2. P. 372–390. doi:10.1080/10408398.2014.887057
- 23 Onyango C. et al. Gluten-free sorghum bread enriched with alternative protein sources: Nutritional and sensory evaluation // Food Science & Nutrition. 2020. Vol. 8. No. 2. P. 1039–1048. doi:10.1002/fsn3.1389
- 24 Karkanis A. et al. Milk thistle (*Silybum marianum* L.) as a functional food: A review // Phytotherapy Research. 2018. Vol. 32. No. 11. P. 2202–2213. doi:10.1002/ptr.6171

- 25 Elsayed E.A. et al. Milk thistle seed oil and meal: Composition, biological activities, and food applications // Antioxidants. 2021. Vol. 10. No. 5. P. 762. doi:10.3390/antiox10050762
- 26 Gallagher E. et al. The use of alternative flours in breadmaking: Rheological and technological considerations // International Journal of Food Science & Technology. 2004. Vol. 39. No. 5. P. 461-473. doi: 10.1111/j.1365-2621.2004.00804.x
- 27 Struck S. et al. Sugar replacement in baked goods: Strategies using honey, syrups, and pastes // Journal of Food Science. 2018. Vol. 83. No. 3. P. 580-588. doi:10.1111/1750-3841.14044
- 28 Camelia P. et al. Application of Doehlert design in optimizing gluten-free bread formulations // LWT-Food Science and Technology. 2020. Vol. 118. P. 108712. doi: 10.1016/j.lwt.2019.108712

References

- 1 Lapshina V.T., Kuznetsova L.S., Sidanova M.Yu. Collection of recipes for cakes, pastries, cupcakes, rolls, cookies, gingerbread, honey cakes and rich bakery products: coll. of technological standards. Moscow: Khlebproudinform, 2000. Part 3. 720 p. (in Russian)
- 2 Regional peculiarities of gingerbread industry in Russia [Electronic resource]. Available at: <https://mgpu-media.ru/issues/issue-25/historical-science/regional-features.html> (date of access: 04/12/2025) (in Russian).
- 3 Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Pisarevsky D.S. Development of high biological value gingerbread for athletes. Bread Products. 2018. no. 8. pp. 38-41. (in Russian)
- 4 Sanzharovskaya N.S., Sokol N.V., Khrapko O.P. Use of non-traditional raw materials in raw gingerbread technology. Bulletin of KrasSAU. 2018. no. 1. pp. 147-154. (in Russian)
- 5 Ponomareva E.I., Popov V.I., Esaulenko I.E., Lukina S.I., Alyokhina N.N. High nutritional value gingerbread products with non-traditional types of raw materials. Nutrition Issues. 2017. vol. 86. no. 5. pp. 75-81. (in Russian)
- 6 Sorghum flour – chemical composition, nutritional value [Electronic resource]. Available at: <https://fitaudit.ru/food/158409> (date of access: 04/12/2025). (in Russian).
- 7 Nikonorova Yu. Yu., Volkova A.V., Mokhova V.I. Influence of sorghum flour on the properties of composite mixtures with wheat flour of the highest grade // Universum: technical sciences: electron. scientific Journal 2020. no. 5 (74). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9419> (date of request: 04/12/2025). (in Russian).
- 8 Zverev S.V., Vyugina T.P. Hulling of milk thistle seeds. Scientific Foundations of Food Technologies. 2023. no. 5(82). pp. 31-37. (in Russian)
- 9 Ramazanov A.Sh., Balaeva Sh.A., Shakhbanov K.Sh. Chemical composition of fruits and oil of milk thistle growing in the Republic of Dagestan. Chemistry of Plant Raw Materials. 2019. no. 2. pp. 113-118. (in Russian)
- 10 Kleimenova N.L. Fatty acid composition of milk thistle seed oil obtained by cold pressing. Bulletin of VSUIT. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 102-106. (in Russian)
- 11 Ponomareva E.I., Alyokhina N.N., Lukina S.I., Malyutina T.N. General technology of the industry: assessment of the quality of raw materials of plant, animal and natural origin: textbook. stipend. St. Petersburg: Lan Publ., 2024. 240 p. (in Russian).
- 12 Ponomareva E.I., Lukina S.I., Zhuravlev A.A., Pavlovskaya S.M. Optimization of dosages of non-traditional types of raw materials in the formulation of preventive bread. University News. Food Technology. 2021. no. 4(382). pp. 55-59. (in Russian)
- 13 Zhuravlev A.A., Lukina S.I., Ponomareva E.I., Roslyakova K.E. Optimization of technological parameters of preparation of dough for rusks of high nutrition value. Foods and Raw Materials. 2017. vol. 5 (1). pp. 73-80. (in Russian).
- 14 Lobosova L.A., Malyutina T.N., Lukina S.I. Methods of studying the properties of raw materials, semi-finished products and finished products in the production of bakery and confectionery products. Theory and practice) : textbook. handbook for universities / Saint Petersburg: Lan, 2023. 120 p. (in Russian).
- 15 Homemade gingerbread cookies [Electronic resource]. Access mode: <https://www.russianfood.com/recipes/recipe.php?rid=139288> (date of reference: 04/12/2025). (in Russian).
- 16 Egorova E.Yu., Ponomareva E.I. Modern trends in the production of functional flour confectionery products. Food Industry. 2022. no. 5. pp. 34-38. (in Russian)
- 17 Lukina S.I., Alekhina N.N. Mathematical modeling in the optimization of flour product formulations. Bulletin of VSUIT. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 45-52. (in Russian)
- 18 Nartova V.N., Ponomareva E.I. Use of non-traditional raw materials in gingerbread production. Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. 2023. no. 1. pp. 67-73. (in Russian)
- 19 Shevchenko V.V., Petrova T.A. Sorghum as a promising source of dietary fiber and protein. Cereal Crops. 2020. no. 4. pp. 22-27. (in Russian)
- 20 Kuznetsova O.A., Ivanova L.P. Biologically active substances of milk thistle seeds and their application in food technologies. Nutrition Issues. 2021. vol. 90. no. 3. pp. 55-62. (in Russian)
- 21 Taylor J.R.N., Emmambux M.N. Sorghum and millet foods: Product characteristics and challenges. Cereal Chemistry. 2010. vol. 87. no. 4. pp. 349-359. doi:10.1094/CCHEM-87-4-0349
- 22 de Moraes Cardoso L. et al. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): Nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017. vol. 57. no. 2. pp. 372-390. doi:10.1080/10408398.2014.887057
- 23 Onyango C. et al. Gluten-free sorghum bread enriched with alternative protein sources: Nutritional and sensory evaluation. Food Science & Nutrition. 2020. vol. 8. no. 2. pp. 1039-1048. doi:10.1002/fsn3.1389
- 24 Karkanis A. et al. Milk thistle (*Silybum marianum* L.) as a functional food: A review. Phytotherapy Research. 2018. vol. 32. no. 11. pp. 2202-2213. doi:10.1002/ptr.6171

25 Elsayed E.A. et al. Milk thistle seed oil and meal: Composition, biological activities, and food applications. *Antioxidants*. 2021. vol. 10. no. 5. pp. 762. doi:10.3390/antiox10050762

26 Gallagher E. et al. The use of alternative flours in breadmaking: Rheological and technological considerations. *International Journal of Food Science & Technology*. 2004. vol. 39. no. 5. pp. 461-473. doi:10.1111/j.1365-2621.2004.00804.x

27 Struck S. et al. Sugar replacement in baked goods: Strategies using honey, syrups, and pastes. *Journal of Food Science*. 2018. vol. 83. no. 3. pp. 580-588. doi:10.1111/1750-3841.14044

28 Camelia P. et al. Application of Doehlert design in optimizing gluten-free bread formulations. *LWT-Food Science and Technology*. 2020. vol. 118. pp. 108712. doi:10.1016/j.lwt.2019.108712

Сведения об авторах

Елена И. Пономарева д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, elena6815@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0023-2310-2838>

Светлана И. Лукина к.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lukina.si@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4393-2046>

Надежда Н. Алехина д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nadinat@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3317-9858>

Валерия Н. Нартова магистр, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, iwakina.val@yandex.ru

 <https://orcid.org/0009-0007-4589-6428>

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.

Information about authors

Elena I. Ponomareva Dr. Sci. (Engin.), professor, Bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, elena6815@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0023-2310-2838>

Svetlana I. Lukina Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lukina.si@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4393-2046>

Nadezhda N. Alekhina Dr. Sci. (Engin.), professor, Bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nadinat@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3317-9858>

Valeria N. Nartova master, Bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, iwakina.val@yandex.ru

 <https://orcid.org/0009-0007-4589-6428>

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 11/01/2025	После редакции 27/01/2025	Принята в печать 08/02/2025
Received 11/01/2025	Accepted in revised 27/01/2025	Accepted 08/02/2025