



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 664.665

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.018

 EDN: RMDAHC

РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Светлана Сергеевна Кузьмина ¹, Людмила Алексеевна Козубаева ²

^{1,2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

² cosubaeva@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5131-4654>

Аннотация. Ассортимент безглютеновых продуктов довольно обширен и включает разнообразные мучные кондитерские изделия (печенье, кексы, вафли), кулинарные блюда, а также хлебобулочные изделия. В сырье для безглютеновых хлебобулочных изделий отсутствует основообразующий компонент (клейковинные белки) и, как следствие, потребительские свойства таких продуктов не всегда удовлетворяют покупателей. Кроме того, такие изделия имеют пониженную пищевую ценность и относительно высокую стоимость. В работе изучали структуромоделирующие возможности меланжа и псиллиума при производстве хлебных палочек из рисовой муки. Меланж вносили в количестве от 5 % до 25 % к массе муки, при этом отмечено снижение плотности и возрастание липкости теста с увеличением дозировки более 15 %. Изучены показатели качества хлебных палочек. Вкус и запах не изменялись, наилучшая хрупкость имела место у палочек с 15 % меланжа. Влажность изделий и массовая доля жира закономерно увеличивались при возрастании дозировки меланжа, кислотность и массовая доля сахара изменялись в пределах ошибки измерения. Таким образом, рекомендуемая дозировка меланжа в рецептуре хлебных палочек – до 15 % к массе муки.

Влагоудерживающая и гелеобразующая способности псиллиума, содержащего пищевую клетчатку, позволяют использовать его как аналог клейковины. Псиллиум вносили в тесто в количестве до 5 % (с интервалом 1 %) взамен рисовой муки в виде гидроколлоида. Содержание псиллиума в тесте 3 % привело к получению эластично-упругого теста, легко подвергающегося формованию. Изделия из такого теста получались хрупкие, легко разламывающиеся, с разрыхленной структурой. Органолептические и физико-химические показатели хлебных палочек не уступали контрольному образцу.

Ключевые слова: хлебные палочки из рисовой муки, меланж, псиллиум, рецептура, показатели качества.

Для цитирования: Кузьмина С. С., Козубаева Л. А. Рецептурно-технологические решения при производстве безглютеновых хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. 2024. № 2, С. 140–147. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.018. EDN: <https://elibrary.ru/RMDAHC>.

Original article

PRESCRIPTION AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS DURING PRODUCTION GLUTEN-FREE BAKERY PRODUCTS

Svetlana S. Kuzmina ¹, Lyudmila A. Kozubaeva ²

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

² cosubaeva@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5131-4654>

Abstract. The range of gluten-free products is quite extensive and includes a variety of flour confectionery (cookies, muffins, waffles), culinary dishes, as well as bakery products. The raw materials

© Кузьмина С. С., Козубаева Л. А., 2024

for gluten-free bakery products lack a basic component (gluten proteins) and, as a result, the consumer properties of such products do not always satisfy customers. In addition, such products have a reduced nutritional value and a relatively high cost. The work studied the structure-modeling capabilities of melange and psyllium in the production of breadsticks from rice flour. Melange was added in an amount from 5% to 25% by weight of flour, while a decrease in density and an increase in stickiness of the dough were noted with an increase in dosage of more than 15%. The quality indicators of breadsticks have been studied. The taste and smell did not change, the best fragility occurred in sticks with 15% melange. The moisture content of the products and the mass fraction of fat naturally increased with increasing dosage of melange, the acidity and mass fraction of sugar varied within the measurement error. Thus, the recommended dosage of melange in the recipe of breadsticks is up to 15% by weight of flour.

The moisture-retaining and gel-forming properties of psyllium, which contains dietary fiber, allow it to be used as an analogue of gluten. Psyllium was added to the dough in an amount of up to 5% (with an interval of 1%) instead of rice flour in the form of a hydrocolloid. The psyllium content in the dough of 3% led to the production of an elastic-elastic dough that is easily molded. Products made from such dough turned out to be fragile, easily broken, with a loosened structure. The organoleptic and physico-chemical parameters of the breadsticks were not inferior to the control sample.

Keywords: marketing research, gluten-free products, assortment, recipe, gluten-free flour, fortifiers.

For citation: Kuzmina, S.S. & Kozubaeva, L.A. (2024). Prescription and technological solutions during production gluten-free bakery products. (2024). *Polzunovskiy vestnik*, (2), 140-147. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.02.018. EDN: <https://RMDAHC>.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени учеными разных стран и технологами промышленных предприятий разработан достаточно большой ассортимент безглютеновых мучных продуктов. Особенно много в этом перечне мучных кондитерских изделий – разнообразных видов печенья, кексов, вафель, песочных полуфабрикатов. Представлен ассортимент в этой группе хлебобулочными изделиями, предназначенными больным целиакией и аллергией, диабетикам, аутистам, при индивидуальных нарушениях пищеварительных функций кишечника. Безглютеновый хлеб востребован и здоровыми людьми [1].

Однако при очевидной необходимости и востребованности такой хлеб имеет ряд существенных недостатков. Безглютеновые хлебобулочные изделия не всегда обладают высокими потребительскими качествами [2], зачастую характеризуются пониженной пищевой ценностью [3] и высокой ценой [4].

С целью исправления ситуации и обогащения безглютеновых продуктов важными ингредиентами, способными не только разнообразить ассортиментную линейку, но и улучшить вкусовые достоинства, предлагается использование сырья, содержащего дефицитные макро- и микронутриенты, в частности, псевдозлаковые культуры (киноа, амарант) [5, 6, 7], плоды каменного и пробкового дуба [8], молочные продукты (йогурт, творожный сыр) [9], белковые

продукты из микроводорослей, насекомых или растительного сырья [10].

Обоснована возможность добавления в безглютеновый хлеб молочной сыворотки и льняной муки [11], добавления муки из семян расторопши [12].

Рассмотрено комплексное применение муки из семян чиа, люпиновой муки и перезтерифицированный заменитель молочного жира в рецептуре безглютенового хлеба [13].

Использование нетрадиционной для технологии безглютеновых изделий муки из клубней чумфа позволит улучшить пищевую ценность изделий за счет входящих в её состав полиненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов, стероидов, токоферолов (α -, β - и γ -).

Наибольшую популярность из бобовых культур приобрели продукты переработки сои, нута и гороха, применяемые в качестве белкового обогатителя в рецептуре безглютеновых хлебобулочных изделий из рисовой, рисово-кукурузной, рисово-гречневой и других видов и смесей муки.

Улучшение органолептических характеристик безглютенового хлеба, в том числе вкуса и запаха, может достигаться благодаря использованию разнообразных заквасок, в ходе брожения которых происходит накопление специфических соединений (альдегидов, кетонов, кислот и др.).

Жарковой И.М., Сафоновой Ю.А. предлагается использование закваски «Эвиталя», в состав которой входит комбинация молочнокислых бактерий – пробиотиков: *Strepto-coccus*

thermophilus, *Lactobacillus* (*L. helveticus*, *L. lactis*, *L. acidophilus*), *Freudenreichi shermanii* и др.

Применение химических консервантов, представленных молочной, уксусной, пропионовой кислотами, а также использование заквасок со специально подобранным комплексом микроорганизмов позволяет замедлить процессы микробиологической порчи хлеба, в том числе безглютенового.

Основным недостатком высококрахмалистого продукта, которым является безглю-

теновый хлеб, выступает быстрое черствение изделия. Для решения данной проблемы предложено использовать различные гидроколлоиды (ксантан, гуар, каррагинан, камедь рожкового дерева) [14], нетрадиционное сырье, содержащее гидроколлоиды (семена дикого шалфея, базилика или кресс-салата) [8], ферменты, например, мальтогенную амилазу [12], комбинацию хитозана и трансглутаминазы [10]. Основные группы безглютенового сырья представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Основные виды безглютенового сырья [1]

Figure 1 - The main types of gluten-free raw materials [1]

МЕТОДЫ

В работе изучали структуромоделирующие возможности обогащающих добавок меланжа и псиллиума при производстве хлебных палочек из рисовой муки.

Качество изделий оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям в соответствии с общепринятыми методами:

- органолептические показатели описывали в соответствии с ГОСТ 5667-2022 «Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий»;
- влажность определяли стандартным методом по ГОСТ 21094-2022 «Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности»;
- кислотность анализировали ускоренным способом по ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности»;
- массовую долю сахара и массовую долю жира определяли расчетным методом на основе справочных данных и программы обработки электронных таблиц Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ассортимент традиционных хлебобулочных изделий достаточно разнообразен. На фоне широкого перечня булок, булочек, батончиков, выделяется так называемая «снековая» безглютеновая хлебобулочная продукция, внимание которой не достаточно уделено. Её особенностью является удобный формат потребления и разнообразие вкусов, не ограничивающихся традиционным предпочтением большинства потребителей, а также длительный срок хранения в силу низкой влажности готового продукта.

Хлебные палочки, как представители «снековой» хлебобулочной продукции, широко любимы не только детьми и подростками, но и взрослым населением. Модификация рецептуры хлебных палочек посредством замены пшеничной муки на рисовую позволит совместить положительные стороны продукта и особенности приготовления безглютеновых изделий. Технологический процесс приготовления хлебных палочек из рисовой муки представлен на рисунке 2.

РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ



Рисунок 2 – Технологическая схема приготовления хлебных палочек из рисовой муки

Figure 2 - Technological scheme of cooking breadsticks from rice flour

Технологический процесс приготовления хлебных палочек, предусматривающий подготовку и дозирование сырья, замес теста и его отлежку / брожение в течение 30 минут, натирку и последующее формование тестовых заготовок, выпечку, упаковку и хранение готовых изделий, отличается для аглютеновых изделий тем, что отсутствие клейковинообразующих белков в рисовой муке делает нецелесообразным стадию натирки теста. Тестоприготовление вели с применением прессованных дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*) безопасным способом. Качество готовых изделий оценивали по ГОСТ 28881-90 «Палочки хлебные. Общие технические условия».

Критически важной особенностью технологии безглютеновых хлебобулочных изделий является отсутствие главного структурообразующего компонента – глютена. Удерживая углекислый газ, вырабатываемый дрожжами, глютен способствует формированию пористой структуры готового продукта. Поэтому основная цель производителей была и будет – подбор ингредиентов, способных адекватно заменить структурообразующий компонент, при этом не допустить попадания глютена в готовый продукт.

Одним из компонентов, позволяющих реализовать поставленную задачу, является ме-

ланж. Составные части меланжа – белок и желток – по-разному влияют на структуру теста и качество изделий. Использование белка в качестве рецептурного компонента позволяет получить высокую пористость и воздушность, однако при этом ускоряется процесс черствения готового изделия. Применение желтков делает тесто воздушным и рассыпчатым, придавая ему приятный желтоватый оттенок [15]. Действуя совместно в структуре меланжа, белок и желток оказывают комплексное влияние на структуру теста и качество готовых изделий.

Внесение меланжа при производстве хлебных палочек на основе рисовой муки осуществляли в количестве от 5 % до 25 % к массе муки, при этом качество изделий сравнивали с контролем (0 % меланжа).

В процессе приготовления теста было отмечено, что с повышением процентного содержания меланжа плотность теста, свойственная высококрахмальным структурам, снижалась. Отмечено уменьшение количества трещин на поверхности тестовых заготовок, а главное, сокращение их глубины.

Однако присутствие меланжа в количестве 20 % делало тесто липким, затрудняя формование тестовых заготовок. В процессе расстойки тестовые заготовки неравномерно увеличились в размерах, что привело к полу-

чению изделий с неровной поверхностью. Внесение 25 % меланжа усилило липкость теста и способствовало формированию пустот в структуре изделия.

Одной из регламентируемых характеристик, отличающих хлебные палочки от широкого перечня хлебобулочных изделий, является их «хрупкость». Следует отметить, что внесение меланжа оказало положительное влияние на изменение этого показателя. Присутствие 15 %

меланжа и более способствовало получению изделий хрупких и легко разламывающихся, в то время как при добавлении 5 % и 10 % меланжа хлебные палочки характеризовались как «хрупкие, трудно разламывающиеся».

Присутствие меланжа в рецептуре рисовых хлебных палочек не повлияло на вкус и запах готового продукта.

Показатели качества хлебных палочек с добавлением меланжа представлены на рисунке 3.

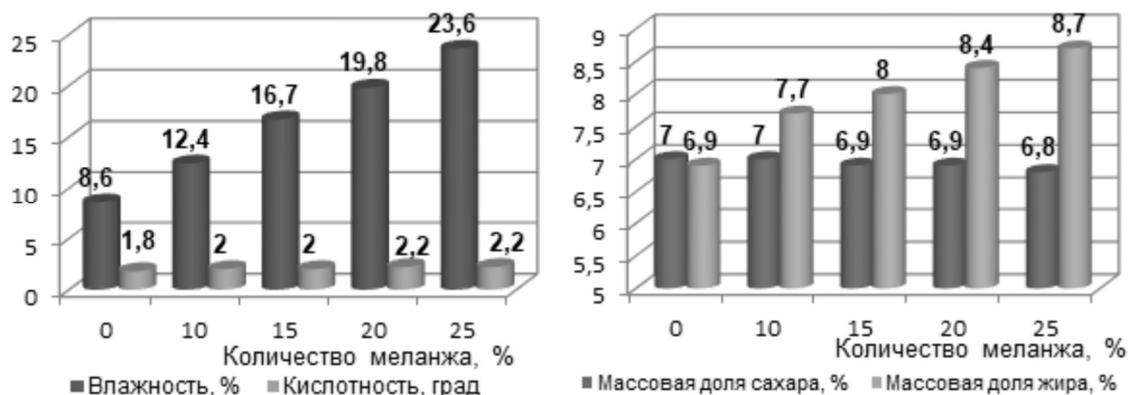


Рисунок 3 – Показатели качества хлебных палочек с меланжем

Figure 3 - Indicators of the quality of breadsticks with melange

Добавление меланжа в первую очередь повлияло на влажность готового продукта, способствуя закономерному повышению значения этого показателя [16].

Массовая доля жира в изделии постепенно повышалась с увеличением процентного содержания меланжа, при этом массовая доля сахара оставалась без изменения.

В силу отсутствия государственного стандарта на безглютеновые хлебные палочки заключение о рекомендуемом количестве меланжа делали на основании органолептических характеристик готового продукта.

Таким образом, в качестве структурообразующего компонента при производстве хлебных палочек из рисовой муки рекомендуется вводить в рецептуру до 15 % меланжа к массе муки.

Необходимость обогащения безглютеновых продуктов эссенциальными нутриентами является одной из главных задач при разработке рецептур таких изделий. Ограниченность химического состава аглютенных изделий связана с исключением из перечня сырья продуктов переработки зерна пшеницы, ржи, ячменя, значительно обогащенных пищевыми волокнами.

Одним из источников пищевых волокон, рекомендуемым в аглютенной диете, выступает псиллиум. Псиллиум получают путем измельчения цветковых оболочек семян по-

дорожника, а в редких случаях – целого зерна в муку. Родиной овального подорожника являются Индия, Пакистан, Средиземноморье, в России его можно найти в Закавказье [17].

Помимо пищевых волокон, на долю которых приходится до 80 % – 85 % (в том числе растворимая фракция составляет 71 %), мука псиллиума содержит белки (до 2,9 %), жиры (до 0,9 %) и углеводы, представленные гликозидами и полисахаридами.

Благодаря своей высокой влагоудерживающей и гелеобразующей способности этот пищевой компонент может использоваться как аналог клейковины, позволяя улучшить пористость и структуру готовых изделий [18].

В рамках представленных исследований псиллиум использовали в технологии рисовых хлебных палочек в количестве до 5 % взамен части рисовой муки. В качестве базовой использовали рецептуру изделий, в составе которой присутствует 15 % меланжа (0 % псиллиума).

С целью ускорения процесса формирования теста псиллиум вносили в форме гидроколлоида [19]. Важно отметить экспериментально установленный факт, что добавление псиллиума в сухом виде приводит к получению липкого теста. В последующем при работе с таким тестом возникают определенные трудности [20].

РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ

Гидроколлоид псиллиума получали путем смешивания добавки с частью воды, рассчитанной на замес теста. При взаимодействии с водой образовывался нерастворимый гель в виде желеобразной массы, который в последующем вводили к жидким компонентам и производили замес теста.

При добавлении псиллиума в количестве 3 % тесто получалось мягким, эластичным с упругой консистенцией. Благодаря присутствию псиллиума тесто легко замешивалось и подвергалось формованию. В процессе расстойки тестовые заготовки увеличивались в размерах из-за проявления свойств, характерных клейковинообразующим белкам. В готовых изделиях трещины и подрывы отсутствовали, обеспечивая им высокие потребительские свойства.

Дальнейшее увеличение дозировки псиллиума приводило к разрушению структуры теста. Было отмечено, что внесение 4 % псиллиума предопределяло формирование небольших трещин на поверхности готовых изделий, количество которых возрастало при внесении 5 % добавки.

Использование псиллиума в рецептуре рисовых хлебных палочек не оказало влияние на хрупкость и вид в изломе. Изделия характеризовались как «хрупкие, легко разламывающиеся, с хорошо разрыхленной структурой».

В силу отсутствия выраженного вкуса и запаха псиллиум не изменил эти показатели.

Показатели качества хлебных палочек с добавлением псиллиума представлены на рисунке 4.

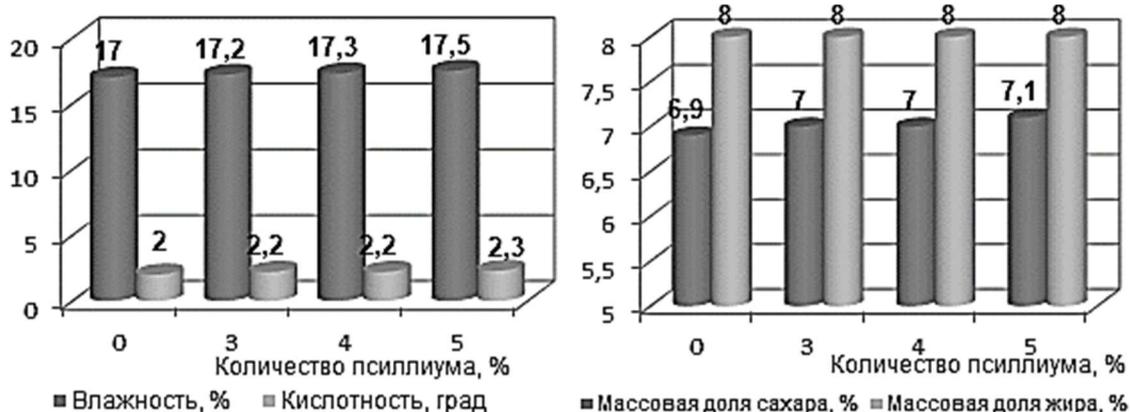


Рисунок 4 – Показатели качества хлебных палочек с псиллиумом

Figure 4 - Quality indicators of breadsticks with psyllium

При введении в рецептуру хлебных палочек псиллиума отмечено только небольшое повышение влажности. Остальные показатели изменялись в пределах ошибки измерения.

В результате исследований можно сделать вывод о целесообразности применения псиллиума при приготовлении хлебных палочек из рисовой муки. Рекомендуемой дозировкой псиллиума является 3 % взамен части муки.

Обобщая представленные данные, можно сделать вывод, что добавление в рецептуру безглютеновых хлебных палочек из рисовой муки меланжа в количестве до 15 % и псиллиума – до 3 % позволяет формировать и структурировать тесто в условиях отсутствия клейковинных белков.

ВЫВОДЫ

Комплексное применение меланжа и псиллиума в технологии хлебных палочек способствовало получению продукта по своим по-

требительским свойствам, близкого к традиционным видам изделий из пшеничной муки. Благодаря своей способности выполнять функции структурообразователя меланж и псиллиум являются полноценными компонентами безглютеновых хлебобулочных изделий. Обладая высокими функционально-технологическими свойствами, рассматриваемые добавки позволили не только адекватно заменить глютен и улучшить структуру рисовых палочек, но и обогатить их пищевыми волокнами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирюхина А.Н. Современное состояние и перспективы развития производства хлеба и хлебобулочных изделий в России / А.Н. Кирюхина, Р.З. Григорьева, А.Ю. Кожевникова // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49, № 2. С. 330–337. DOI : <http://doi.org/10.21603/2074-9474-2019-2-330-337>.
2. Silva H.A., Paiva E.G., Lisboa H.M. & Duarte E. [et al.]. Role of chitosan and transglutaminase

on the elaboration of gluten-free bread // *J. Food Sci Technol.* 2020. V. 57. № 5. P. 1877–1886. doi: 10.1007/s13197-019-04223-5.

3. Allen B. & Orfila C. The Availability and Nutritional Adequacy of Gluten-Free Bread and Pasta // *Nutrients.* 2018. V. 10. № 10. P. 1370. doi : 10.3390/nu10101370.

4. El Khoury D., Balfour-Ducharme S. & Joye I.J. A. Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges // *Nutrients.* 2018. V. 10. № 10. P. 1410. Doi : 10.3390/nu10101410.

5. Бавыкина И.А. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена / И.А. Бавыкина, А.А. Звягин, Л.А. Мирошниченко [и др.] // *Вопросы питания.* 2017. Т. 86. № 2. С. 91–99.

6. Жаркова И.М. Оптимизация безглютеновой диеты новыми продуктами / И.М. Жаркова, А.А. Звягин, Л.А. Мирошниченко [и др.] // *Вопросы детской диетологии.* 2017. № 6. С. 59–65. DOI : 10.20953/1727-5784-2017-6-59-65.

7. Урубков С.А., Хованская С.С., Смирнов С.О. Содержание селена в безглютеновой пищевой продукции // *Вопросы питания.* 2021. Т. 90. № 1 (533). С. 102–107. DOI : <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-1-102-107>.

8. Beltrão Martins R., Gouvinhas I., Nunes M.C., Alcides Peres J. [et al.]. Acorn Flour as a Source of Bioactive Compounds in Gluten-Free Bread // *Molecules.* 2020. V. 25. № 16. P. 3568. doi: 10.3390/molecules25163568.

9. Biesiekierski J.R. What is gluten? // *J. Gastroenterol Hepatol.* 2017. V. 32. № 1. P. 78–81. doi: 10.1111/jgh.13703.

10. Skendi A., Papageorgiou M. & Varzakas T. High Protein Substitutes for Gluten in Gluten-Free Bread // *Foods.* 2021. V. 10. № 9. P. 1997. doi: 10.3390/foods10091997.

11. Попов В.Г. Зависимость кислотности безглютенового хлеба от вводимых добавок / В.Г. Попов, Н.Г. Хайруллина, Х.Н. Садыкова // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий.* 2022. № 3. С. 96–106. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-3-96-106>.

12. Журавлева, Е.О. Безглютеновый хлеб с мукой из семян раторопши / О.О. Пасько, Л.А. Козубаева // *Ползуновский вестник.* 2017. № 2. С. 45–48.

13. Zaytseva L.V., Yudina T.A., Ruban N.V. & Bessonov V.V. Modern approaches to the development of gluten-free bakery formulations // *Voprosy pitaniya.* 2020. V. 89. № 1. P. 77–85. DOI : 10.24411/0042-8833-2020-10009.

14. Ren Y., Linter B.R., Linforth R. & Foster T.J. A comprehensive investigation of gluten free bread dough rheology, proving and baking performance and bread qualities by response surface design and principal component analysis // *Food & function.* 2020. V. 11. № 6. P. 5333–5345. doi: 10.1039/d0fo00115e.

15. Барсукова Н.В. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий / Н.В. Барсукова, Д.А. Решетников, В.Н. Красильников // *Процессы и аппараты пищевых производств.* 2011. № 1. С. 51–60.

16. Ширитова Л.Ж., Жилова Р.М. Влияние меланжа на качество бисквитного теста // *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрно-университета им. В.М. Кокова.* 2023. 1(39). С. 165–171. doi : 10.55196/2411-3492-2023-1-39-165-171.

17. Плотникова Е.Ю. Роль пищевых волокон в коррекции пищеварения и запоров различной этиологии / Е.Ю. Плотникова, Т.Ю. Грачева, М.Н. Синькова, Л.К. Исаков // *Журнал Медицинский совет.* 2019. № 14. С. 99–106. doi: 10.21518/2079-701X-2019-14-99-106.

18. Меркулова Е.Г. Изучение возможности применения псиллиума в технологии безглютеновых изделий / Е.Г. Меркулова, О.Л. Ладнова, Е.В. Извекова, А.В. Кузина // *Вестник ОрелГИЭТ.* 2021. № 2 (56). С. 154–158. DOI: <http://dx.doi.org/10.36683/2076-5347-2021-2-56-154-158>.

19. Куц А.А. Возможность использования псиллиума и семян льна в качестве структурообразователей мякиша в аглютиновых хлебобулочных изделиях / А.А. Куц, Н.В. Широкова // *Молодежь и наука: шаг к успеху : сборник научных статей 6-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых.* Курск : Изд-во Юго-Западный государственный университет, 2022. № 3. С. 110–113.

20. Смольянова А.П. Псиллиума при производстве различных пищевых продуктов / А.П. Смольянова, М.О. Волошина, А.Н. Кудря, М.О. Деева // *Журнал Заметки ученого.* 2021. № 6 1. С. 241–244.

REFERENCES

1. Kiryukhina, A.N., Grigoreva, R.Z. & Kozhevnikova, A.Yu. (2019). Bread Production and Bakery Products in Russia: Current State and Prospects. *Food Processing: Techniques and Technology.* 49(2):330-337. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-330-337>.

2. Silva, H.A., Paiva, E.G., Lisboa, H.M., Duarte, E. [et al.]. (2020). Role of chitosan and transglutaminase on the elaboration of gluten-free bread. *Journal of Food Science and Technology.* 57(5). 1877-1886. doi: 10.1007/s13197-019-04223-5.

3. Allen, B. & Orfila, C. (2018). The Availability and Nutritional Adequacy of Gluten-Free Bread and Pasta. *Nutrients.* 10(10). 1370. doi: 10.3390/nu10101370.

4. El Khoury, D., Balfour-Ducharme, S. & Joye, I.J.A. (2018). Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges. *Nutrients.* 10(10). 1410. Doi : 10.3390/nu10101410.

5. Bavykina, I.A., Zvyagin, A.A., Miroshnichenko, L.A., Gusev, K.Yu. & Zharkova, I.M. (2017). Efficient products from amaranth in a gluten-free nutrition of children with gluten intolerance. *Voprosy pitaniya [Problems of Nutrition].* 86 (2): 91-9. (in Russian).

6. Zharkova, I.M., Zvyagin, A.A., Miroshnichenko, L.A., Slepokurova, Yu.I., Roslyakov, Yu.F., Koryachkina, S.Ya. & Gustinovich, V.G. (2017). Optimization of a gluten-free diet with new products. *Vopr. det.*

РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБОБУЛОЧНОГО ИЗДЕЛИЯ

dietol. (Pediatric Nutrition). 15(6): 59-65. (In Russ.). DOI: 10.20953/1727-5784-2017-6-59-65.

7. Urubkov, S.A., Khovanskaya, S.S. & Smirnov, S.O. (2021). Selenium content in gluten-free products. *Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]*. 90 (1): 102-7. (in Russian). DOI : <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-1-102-107>.

8. Beltrão Martins, R., Gouvinhas, I., Nunes, M.C., Alcides Peres, J. [et al.]. (2020). Acorn Flour as a Source of Bioactive Compounds in Gluten-Free Bread. *Molecules*. 25(16). 3568. doi: 10.3390/molecules25163568.

9. Biesiekierski, J.R. (2017). What is gluten? *J. Gastroenterol Hepatol*. 32(1). 78-81. doi: 10.1111/jgh.13703.

10. Skendi, A., Papageorgiou, M. & Varzakas, T. (2021). High Protein Substitutes for Gluten in Gluten-Free Bread. *Foods*. 10(9). 1997. doi: 10.3390/foods10091997.

11. Popov, V.G., Hajrullina, N.G. & Sadykova, H.N. (2022). Dependence of the acidity of gluten-free bread on the introduced additives. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 84(3):96-106. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-3-96-106>.

12. Zhuravleva, E.O., Pasko O.O. & Kozubaeva, L.A. (2017). Gluten-free bread with flour from milk thistle seeds. *Polzunovskiy vestnik*. 2. 45-48. (In Russ.).

13. Zaytseva, L.V., Yudina, T.A., Ruban, N.V. & Bessonov, V.V. (2020). Modern approaches to the development of gluten-free bakery formulations. *Voprosy pitaniya*. 89(1). 77-85. (In Russ.). DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10009.

14. Ren, Y., Linter, B.R., Linforth, R. & Foster, T.J. (2020). A comprehensive investigation of gluten free bread dough rheology, proving and baking performance and bread qualities by response surface design and principal component analysis. *Food & function*. 11(6). 5333-5345. doi: 10.1039/d0fo00115e.

15. Barsukova, N.V., Reshetnikov, D.A. & Krasilnikov, V.N. (2011). Food engineering: technology of gluten-free baked products. *Processes and devices of food production*. (1). 51-60. (In Russ.).

16. Shiritova, L.Zh., Zhilova, R.M. (2023). Influence of melange on the quality of biscuit dough. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 1(39):165-171. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-1-39-165-171.

17. Plotnikova, E.Yu., Gracheva, T.Yu., Sinkova, M.N. & Isakov, L.K. (2019). The role of dietary fiber in the correction of digestion and constipation of various etiologies. *Meditsinskiy sovet = Medical Council*. (14):99-106. (In Russ.). doi: 10.21518/2079-701X-2019-14-99-106.

18. Merkulova, E.G., Ladnova, O.L., Izvekova, E.V., Kuzina, A.V. & Ashikhina, L.A. (2021). Studying the Possibility of Using Psyllium in the Technology of Gluten-Free Products. *Ore/SIET bulletin.2* (56): 154-158. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.36683/2076-5347-2021-2-56-154-158>.

19. Kuts, A.A. & Shirokova, N.V. (2022). Possibility of using psyllium and flax seeds as crumb structuring agents in aggluten bakery products. *Youth and Science: a step to success: collection of scientific articles of the 6th All-Russian scientific conference of promising developments of young scientists*. Kursk: Izd-vo South-West State University, (3). 110-113. (In Russ.).

20. Smolyanova, A.P., Voloshina, M.O., Kudrya, A.N. & Deeva, M.O. (2021). The use psyllium in the production of various food products. *Journal Notes of a scientist*. (6)1. 241-244. (In Russ.).

Информация об авторах

С. С. Кузьмина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Л. А. Козубаева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Information about the authors

S.S. Kuzmina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

L.A. Kozubaeva - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 23 сентября 2023; одобрена после рецензирования 29 февраля 2024; принята к публикации 06 мая 2024.

The article was received by the editorial board on 23 Sep 2023; approved after editing on 29 Feb 2024; accepted for publication on 06 May 2024.