



Научная статья
4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)
УДК 664.664

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.010

EDN: WNTUZH

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБА ДЛЯ ЛИЦ С ЦЕЛИАКИЕЙ

Ольга Анатольевна Корнева ¹, Татьяна Александровна Джум ²,
Майя Юрьевна Тамова ³, Артем Сейранович Петросян ⁴

^{1, 2, 3, 4} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия

¹ olya.korneva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4044-4100>

² tatalex7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4025-326X>

³ tamova_maya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0710-8279>

⁴ artempetrosyan777@icloud.com

Аннотация. Цель исследования – научно-технически обосновать разработку рецептур и технологий безглютенового хлеба. Задачи: нивелировать технологические факторы, усложняющие замену пшеничной муки на безглютеновые ее виды, что требует имитацию вязкоупругих свойств клейковины для структурообразования теста, оптимизировать сочетание различных видов безглютеновой муки, производимых на Кубани, и структурообразующих компонентов для достижения показателей качества, отвечающих стандартным требованиям. Проведено исследование внесения различных дозировок нутовой, гречневой и рисовой муки в сухую мучную смесь, полученную с использованием средств программного пакета Match Cad, сбалансированную по аминокислотному составу. Объектом изучения были виды безглютеновой муки и различные комбинации из них для выбора варианта, характеризующегося оптимальной структурой теста, на базе органолептики, проводимой по пятибалльной шкале профильным методом. Физико-химические и микробиологические показатели определялись стандартными методиками в соответствии с действующими ГОСТами. Разработана рецептура безглютенового хлеба с оптимизацией самой мучной смеси, включающей 50 % нутовой муки, 34 % гречневой и 16 % рисовой. Биологическим способом разрыхления теста являются дрожжи, а в качестве структурообразующих компонентов – ксантановая камедь. Для оптимизации технологии разработаны различные способы замеса и варианты выпечки. Более высокие показатели качества отмечены у изделий, полученных опарным способом и выпеченных в пароконвектомате при режиме «Конвекция». Повысить пищевую и энергетическую ценность возможно за счет введения в тесто сухофруктов и тыквенных семечек. Оптимальный срок хранения – три дня, что обосновано органолептическими, физико-химическими и микробиологическими показателями.

Ключевые слова: целиакия, мука, безглютеновый хлеб, оптимизация рецептуры, технология, показатели качества.

Для цитирования: Корнева О. А., Джум Т. А., Тамова М. Ю., Петросян А. С. Разработка рецептуры безглютенового хлеба для лиц с целиакией // Ползуновский вестник. 2026. № 2, С. 70–76. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.010. EDN: <https://elibrary.ru/WNTUZH>.

Original article

DEVELOPMENT OF GLUTEN-FREE BREAD FORMULATION FOR INDIVIDUALS WITH CELIAC DISEASE

Olga A. Korneva ¹, Tatiana A. Dzhum ², Maya Yu. Tamova ³,
Artyom S. Petrosyan ⁴

^{1, 2, 3, 4} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Technological University", Krasnodar, Russia

¹ olya.korneva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4044-4100>

² tatalex7@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4025-326X>

³ tamova_maya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0710-8279>

⁴ artempetrosyan777@icloud.com

Abstract. The objective of this study is to scientifically and technically substantiate the development of formulations and technologies for gluten-free bread. The research aims to overcome technological challenges associated with

© Корнева О. А., Джум Т. А., Тамова М. Ю., Петросян А. С., 2026

replacing wheat flour with gluten-free alternatives, which necessitates mimicking the viscoelastic properties of gluten to ensure proper dough structure formation. Additionally, the study seeks to optimize the combination of various types of gluten-free flours produced in the Kuban region, along with structure-forming components, to achieve quality indicators that meet standard requirements. The research involved studying the effects of different dosages of chickpea, buckwheat, and rice flours in a dry flour mix balanced for amino acid composition using the Match Cad software package. The study object included different types of gluten-free flour and their combinations, aiming to identify the option with the best dough structure, evaluated through organoleptic testing using a five-point scale and profile method. Physicochemical and microbiological parameters were determined using standard methodologies in accordance with current GOST standards. A gluten-free bread formulation was developed, optimizing the flour mix to contain 50% chickpea flour, 34% buckwheat flour, and 16% rice flour. Yeast was used as the biological leavening agent, while xanthan gum served as the structure-forming component. Various kneading techniques and baking methods were explored to optimize the process. Higher quality characteristics were observed in products prepared using the sponge method and baked in a convection-steam oven under the "Convection" setting. Nutritional and energy values can be enhanced by incorporating dried fruits and pumpkin seeds into the dough. The optimal shelf life was determined to be three days, based on organoleptic, physicochemical, and microbiological indicators.

Keywords: celiac disease, flour, gluten-free bread, formulation optimization, technology, quality indicators.

For citation: Korneva, O. A., Dzhum, T. A., Tamova, M. Yu., Petrosyan, A. S. (2026). Development of gluten-free bread formulation for individuals with celiac disease. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 70-76. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2026.02.010. EDN: <https://elibrary.ru/WNTUZH>.

ВВЕДЕНИЕ

На Кубани выпуск локальных безглютеновых продуктов для обеспечения людей, страдающих целиакией, недостаточен, хотя с 2021 года Южный федеральный округ в России занимает лидирующие позиции по производству безглютеновой муки (гречневой, рисовой, овсяной, кукурузной) и имеет долю 48 % в общем её выпуске. В розничной торговле ассортимент для данной категории потребителей представлен мучными кондитерскими изделиями и макаронами импортного производства с высоким ценовым диапазоном.

Результаты исследований свидетельствуют о высоком уровне потребления хлебобулочных изделий из пшеничной муки среди населения как РФ, так и южных регионов [1, 2]. Однако основной компонент теста из пшеничной муки – глютен, абсолютно противопоказан даже в следовых количествах для лиц, страдающих глютеновой энтеропатией. В последние годы отмечается увеличение диагностированных случаев данного заболевания, в связи с этим разработка продукции на основе мучного безглютенового сырья является обоснованной и своевременной. Это связано ещё и с увеличением числа потребителей, придерживающихся в питании концепции здорового образа жизни, что обуславливает высокий спрос на продукцию без глютена. Одной из основных технологических проблем в производстве безглютеновой продукции является достижение достаточного уровня структурно-механических свойств, так как глютен – основной компонент, определяющий реологию теста, и, как следствие, – необходимую органолептику изделий. Структуру теста на основе безглютенового мучного сырья создают крахмальные и некрахмальные полисахариды, добавленные гидроколлоиды (ксантановая и гуаровая камеди, кукурузный или рисовый крахмал), высокобелковые компоненты (изоляты белков бобовых), а также различные эмульгаторы и разрыхлители [3]. Безглютеновые изделия характеризуются высоким содержанием крахмала, отсутствием клейковины, ограниченными сроками хранения и нетипичной структурой [4]. Если в продукции содержится не более 20 мг/кг глютена, то она относится к безглютеновой в соответствии с ТР ТС 027/2012. Основой проведенных исследований являлось:

- подбор безглютеновой муки разных видов, сопутствующих составляющих для улучшения структуры образования необходимого каркаса теста;
- определение соотношений в процентном отношении

между ингредиентами рецептурного состава, направленные на оптимизацию структурно-механических свойств и эластичности готовой продукции;

- определение соответствующих способов обработки, нацеленных на минимизацию негативных коллоидно-химических процессов, таких как адгезия, при выработке функциональных продуктов питания, чтобы избежать снижения органолептических показателей.

Для разработки технологии хлеба повышенной биологической ценности необходимо оптимизировать состав безглютеновой мучной смеси. Увеличение спроса на него мотивирует производителей уделять внимание этой группе продукции при планировании своей ассортиментной политики, обогащая её питательными и биологически активными веществами.

В технологическом плане производство безглютеновой продукции – довольно сложный процесс. Это связано с тем, что требуется на всех его этапах – от транспортировки и заготовки сырья до приготовления и хранения, контроль по исключению контаминации глютеном. Для этого используются сложные иммуноферментные методы анализа, отличающиеся сложностью выполнения. Контроль наличия остаточных количеств глютена осуществляется не только в сырье и готовых изделиях, но и в смывах с технологического оборудования. Для достижения высокого уровня безопасности безглютеновой продукции необходимо организовывать её производство таким образом, чтобы было исключено перекрестное загрязнение сырья и готовой продукции глютеном, что в первую очередь достигается исключением выработки изделий из пшеничной муки и безглютеновых изделий на одной технологической линии [5].

Цель исследования – обосновать разработку рецептур и технологию безглютенового хлеба с научно-технической точки зрения.

Задачи: для этого необходимо проанализировать сырьевую базу, выявить технологические проблемы, связанные с безглютеновым производством, обосновать выбор ингредиентов, оптимизируя их состав с учетом биологической ценности, определить рецептуру и технологию, проанализировав показатели качества, химического состава и микробиологические для допустимых сроков её хранения.

МЕТОДЫ

Основным объектом исследования является безглютеновая мука (нутовая, гречневая, рисовая),

произведенная в ЮФО, и модельные композиции самих изделий из неё. Для оценки органолептических показателей (внешний вид, форма, консистенция, запах и вкус) использован профильный метод с пяти-балльной шкалой. Влажность определяется высушиванием, кислотность – с использованием растворов гидроксида натрия ($0,1 \text{ моль/дм}^3$), пористость – с применением цилиндра прибора Журавлева с последующим математическим расчетом. Оптимизация рецептуры базируется на принципах пищевой комбинаторики с учетом аминокислотного состава и допустимых норм содержания путем регрессионного анализа, математического программирования (Math CAD). Микробиологические показатели, нормированные для хлебобулочной продукции, определяли по методикам, установленных ГОСТ 10444.15 (КМАФАнМ), ГОСТ 31747 (БГКП) и ГОСТ 10444.12 (плесени и дрожжи).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ рынка безглютеновой продукции в торговых сетях «Ашан», «Лента», «Магнит» г. Краснодара показал разную количественную наполненность ассортимента. Ассортимент как российского, так и иностранного промышленного производства с пролонгированными сроками годности. Это мука гречневая, рисовая, в том числе из коричневого, кукурузная, картофельная, кокосовая, миндальная, различные смеси, промаркированные «Без глютена», используемые для приготовления как кондитерских изделий (различных видов печенья, вафель, маффинов, кексов, пряников, бисквитных изделий, крекеров), так и для хлеба, блинчиков, макаронных изделий [2, 3].

К сожалению, на российском рынке потребительских товаров ассортимент продукции, не содержащий глютен, ограничен. Доля импорта в этом сегменте значительная. Данная продукция дороже традиционной (с глютеном), поэтому спрос на неё в основном со стороны потребителей, страдающих целиакией. Но концепция здорового образа жизни всё более актуальна, что подтверждается ростом спроса на натуральные и полезные для организма продукты, исключение из рациона клейковины, а это, в свою очередь, положительно отражается на доходах производителей безглютеновой продукции. Для такого сегмента потребителей полезность безглютеновых продуктов определяется дополнительными их характеристиками, связанными с введением фитооснов, улучшающих витаминный статус, минимизирующий дефицит минеральных веществ. Плодово-ягодные компоненты повышают содержание пектиновых веществ, положительно влияют на вкус, аромат, стабилизируют форму, улучшают структуру. Добавление природных антиоксидантов позволит повысить пищевую ценность, качество готовой продукции, увеличить срок годности. Поиск сырья для производства такого рода продукции очень актуален в связи с узостью ассортимента [4, 6].

В ходе маркетинговых исследований в супермаркетах «Ашан», «Лента», «Магнит» в г. Краснодаре проведенный социологический опрос подтвердил высокий спрос на продукцию специализированного назначения, особенно на безглютеновый хлеб (68 % опрошенных выразили желание видеть его среди предлагаемого хлебного ассортимента) и мучные кондитерские изделия (32 % соответственно). При этом выявлено, что вся промышленная хлебобулочная продукция без глютена импортная. Так, в супермаркете «Лента» безглютеновый хлеб представлен

двумя наименованиями итальянского производителя «DR.SCHAEER», стоимость на которые заметно выше традиционных видов хлеба. Результаты проведенного исследования подтверждают необходимость решения вопроса импортозамещения хлеба с доступными для населения ценами. Для решения данного вопроса необходимы инновации, связанные со всеми этапами его производства, чтобы исключить контаминацию глютеном, что может произойти при заготовке сырья, в процессе транспортировки, при производстве, последующем хранении, а также контроле качества. Поэтому требуется контроль содержания глютена при получении сырья («на входе») и на всех этапах производства продукции, в том числе и к её упаковке. Внимание уделяют лабораторному контролю, наличию отдельных полей и производственных мощностей. За качество продукции ответственность возлагается на производителя, основополагающая задача которого является обеспечение соответствия готовой продукции показателям качества и безопасности технических регламентов и нормативной документации.

При проведении исследований также установлено, что, несмотря на наличие в супермаркетах производственных мощностей, оснащенных технологическим оборудованием, инвентарем, инструментами, посудой в виде пекарен, нет ни в одном из них хлеба собственного производства [2, 4]. Хотя внедрение безглютеновой продукции в меню предприятий общественного питания считается инновационным направлением ассортиментной политики, позволяющим расширить целевую аудиторию и повысить степень востребованности услуг питания.

Для этого необходимы мероприятия по техническому перевооружению и обучению персонала. Для того, чтобы справиться с безглютеновым тестом, необходимо специальное оборудование с поршневыми наполнителями, выдавливающее и выливающее на противни безглютеновый состав. Это аппараты наподобие шприцов, позволяющие работать с жидким тестом.

Помимо этого, безглютеновое тесто не может увеличиваться в объемах, подниматься и не способно самостоятельно аэрировать, что приводит к получению сухих и рассыпчатых изделий с несоответствующими свойствами стандартным требованиям. Поэтому для решения этой ситуации в рецептурах могут использовать крахмал, ксантан, искусственные разрыхлители, дрожжи.

Модернизация рецептуры нуждается в корректировке. Работа с липким безглютеновым тестом из-за сгущения его такими добавками, как крахмал или ксантановая камедь, и при этом более тонким и менее эластичным, требует индивидуальной настройки оборудования, фундаментальных изменений процесса его приготовления.

При производстве безглютеновой продукции деятельность предприятий общественного питания должна регулироваться СанПиН 2.3/2.4.3590, ТР ТС 021/2011 в области пищевой безопасности.

Важно найти правильную муку, понять, как она работает в тесте, подобрать нужные пропорции всех ингредиентов [3, 5].

При организации производства безглютенового хлеба в пекарне супермаркета необходимо:

- разграничить по времени технологические процессы, связанные с производством безглютеновых хлебобулочных изделий и традиционных;
- проводить тщательную санитарную обработку рабочих мест на технологической линии в соответ-

ствии со стандартами пищевой безопасности (ХАССП), контролируя все критические контрольные точки (ККТ), чтобы предотвратить неустраняемые и трудноустраняемые последствия нарушения безопасности продукции из-за несоблюдения технологических правил и санитарных норм;

- уделять внимание чистоте как основного, так и дополнительного сырья для технологического процесса производства безглютеновой продукции во избежание возможности скрытого глютена;

- использовать отдельный инвентарь, посуду, инструменты с соответствующей маркировкой при выполнении технологических операций производства безглютеновой продукции;

- обучить персонал по технике работы с безглютеновым тестом с учетом соответствующей организации рабочих мест, акцентируя внимание на важность соблюдения технологических правил по обработке безглютеновой и традиционной муки для предотвращения перекрестного попадания глютена.

Для подтверждения отсутствия глютена после пробной выпечки необходимо провести лабораторные исследования как выпущенной продукции, так и смывов с оборудования, используемого в технологическом процессе. Только отсутствие глютена в этих образцах, подтвержденное сертификационной лабораторией, делает возможным размещение надписи на упаковке «Не содержит глютена».

Не менее сложный вопрос – стабильные и надежные поставщики выбранной муки. Краснодарский край по праву считается житницей России, занимающей лидирующие позиции по производству безглютеновой муки. Важно, чтобы её качество не менялось от партии к партии, так как все рецепты завязаны на определенное качество товаров конкретных проверенных производителей сырья. Развитие сферы производства безглютеновой продукции на Кубани характеризуется хорошим потенциалом, что связано с наличием региональных (локальных) источников сельскохозяйственного сырья, позволяющих обогащать продукцию широким спектром питательных и биологически активных веществ [4]. Главная цель состоит в том, чтобы любой потребитель, независимо от соблюдаемой им диеты или полного отрицания диет, смог без проблем найти что-то по душе [1].

При разработке технологии производства безглютенового хлеба необходимо улучшить показатели моделируемого процесса путем подбора условий его протекания и выбора параметров, что базируется на принципах пищевой комбинаторики.

Изучение ряда результатов исследований показало, что для получения оптимальных структурно-механических свойств безглютеновой мучной продукции необходимо использовать комплекс мучного сырья с различным химическим составом. Поэтому для обоснования выбора его видов в рецептуре хлеба для лиц, страдающих глютеновой энтеропатией, исследованы рисовая, нутовая, гречневая, кукурузная, льняная мука с пометкой «без глютена», имеющиеся в реализации торговой сети г. Краснодара. Для проектирования рецептуры был использован программный пакет Match Cad, с помощью которого получен состав мучной смеси с попаданием в эталон на 93,726 %. При этом акцент сделан на повышение уровня биологической ценности компонента смеси [6, 7]. Смесь, состоящая из 16 % рисовой муки, 74 % нутовой муки и 10 % гречневой, имеет оптимальный показатель сбалансированности, так как содержание незаменимых аминок-

кислот – триптофан, треонин, лейцин, метионин, валин, изолейцин и цистин дает оптимум.

Для данных видов безглютеновой муки характерны следующие особенности [8]:

- рисовая мука по сравнению с пшеничной в два раза меньше содержит жира, что продлевает срок годности изделий из неё. Для рисовой муки характерна высокая крахмальная составляющая и богатый минеральный состав (магний, фосфор, селен). Также рисовую муку отличает ряд оптимальных технологических свойств – жиро- и влагоудерживающая способность, желирующие свойства;

- нуттовую муку характеризуют такие функциональные свойства, как влагосвязывающая и влагоудерживающая способность, в рецептурах пищевой продукции нуттовая мука используется как источник белка, а также таких макроэлементов, как магний, фосфор, натрий, калий. Установлено, что для нуттовой муки характерно высокое содержание витамина B₉ (фолиевой кислоты);

- гречневая мука имеет богатый химический состав, однако отличается невысокими реологическими свойствами, что указывает на её использование только в комплексе с другими видами безглютенового мучного сырья, характеризующимся высоким уровнем технологических свойств. Гречневая мука имеет повышенный уровень содержания пищевых волокон, калия, магния, фосфора, её витаминный состав не уступает ржаной и пшеничной муке.

Мучная смесь указанного выше состава была использована для разработки рецептуры и технологии хлебобулочного изделия. Основной технологической проблемой производства безглютеновой мучной продукции является отсутствие такого структурообразующего компонента, как клейковина (глютен). В связи с этим тесто из любого вида безглютенового сырья отличается низкими структурно-механическими свойствами (незначительная упругость, пластичность и вязкость) из-за неограниченного набухания белковых веществ, входящих в его состав [9, 10, 11].

Для определения оптимального соотношения мучная смесь : жидкость, дающая максимальный уровень органолептических показателей готовых изделий, были разработаны шесть модельных композиций с варьированием указанного соотношения от 1 : 1 до 1 : 2, при этом изменялось также количество вводимой в композицию ксантановой камеди. Состав модельных композиций приведен в таблице 1.

В тесте из разработанной смеси основными структурирующими агентами являются белки нуттовой муки, рисовый крахмал, яичный белок. Дополнительно для формирования оптимальных структурно-механических свойств была введена ксантановая камедь, а в качестве биологического разрыхлителя – дрожжи.

Формирование каркаса теста происходит за счет взаимодействия высокомолекулярных соединений компонентов сырья: белков и полисахаридов, а также с участием ксантановой камеди. Работа дрожжей также способствует получению более пористой структуры готового изделия, что является несомненным плюсом, так как безглютеновая мучная продукция отличается низкой пористостью.

Выявлено, что образцы хлеба под № 1, 2, 3 – с неразвитой и неравномерной пористостью, влажные, с небольшими трещинами, с сильно выраженным запахом и вкусом нута. Образцы хлеба № 4 и 5 имеют наилучшие органолептические показатели, однако уменьшение количества мучной смеси приводит к сни-

жению уровня пищевой и биологической ценности изделия, и привкус и запах нута также явно выражены.

Тесто, приготовленное по рецептуре № 6, имело жидкую консистенцию и после выпечки не дало подъема.

Таблица 1 – Состав модельных композиций теста на основе безглютеновой мучной смеси (на 100 г готовой продукции)
Table 1 – Composition of model dough compositions based on gluten-free flour mixture (per 100 g finished products)

Образец	Количество, г							
	Мучная смесь	Вода	Соль	Дрожжи	Яйцо	Сахар	Масло растительное	Ксантановая камедь
1	50,00	50,00	1,50	3,00	10,00	3,00	6,00	0,50
2	47,00	53,00						0,45
3	44,00	56,00						0,40
4	41,00	59,00						0,35
5	38,00	62,00						0,55
6	33,00	67,00						0,60

В связи с вышеизложенным для дальнейших исследований был принят образец № 4. Для уменьшения выраженности привкуса и запаха нута была произведена пробная выпечка образцов с уменьшением ее доли в смеси на величину от 15 % до 35 % с заменой на соответствующее количество гречневой муки как компонента с более высоким уровнем пищевой ценности по сравнению с рисовой мукой. Оптимальный образец определяли с помощью органолептической оценки. Состав мучной смеси, дающей оптимум сенсорных показателей, следующий: нутовая мука – 50 %, гречневая мука – 34 %, рисовая мука – 16 %. На основании этого соотношения была разработана рецептура хлеба на основе смеси из безглютеновых видов муки (в г на 1 кг готовой продукции): нутовая мука – 219, гречневая мука – 149, рисовая мука – 70, ксантановая камедь – 5, вода – 625, яйцо куриное – 100, соль пищевая – 19, сахарный песок – 38, дрожжи – 38, масло растительное – 75.

Для выбора оптимальных технологических режимов были опробованы опарный и безопарный способы приготовления теста, а также два способа выпечки – в пароконвектомате и жарочном шкафу. В связи с тем, что нутовая мука характеризуется повышенным содержанием липидов, то более желательным оказывается опарный способ, что подтверждают более высокие показатели качества изделий, приготовленных этим способом.

Изделия, приготовленные как опарным способом, так и безопарным, имели гладкую поверхность, без трещин и наличия боковых выплывов, приятную светло-коричневую корочку и равномерно-кремовый мякиш, без следов непромеса, с мелкой и развитой пористостью, приятным умеренно-сладковатым вкусом. Фотографии опытных образцов безглютенового хлеба представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Опытные образцы безглютенового хлеба / Figure 1 – Gluten-free bread prototypes

Таблица 2 – Физико-химические показатели хлеба на основе композиции из безглютенового мучного сырья
Table 2 – Physico-chemical parameters of bread based on a composition of gluten-free flour raw materials

Образец	Показатели		
	влажность мякиша, %	кислотность мякиша, град.	пористость мякиша, %
Хлеб безглютеновый	51,00	2,00	45,50
Хлеб пшеничный	46,00	3,00	68,50
Хлеб ржаной	19,00–53,00	19,00	46,00

Способ выпечки не оказал влияния на органолептические показатели выпеченных изделий, однако экономически выгоднее менее продолжительный

процесс, а именно выпекание изделий в пароконвектомате 40 минут в конвекционном режиме при температуре 160–170 °С. Для достижения той же степени

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБА ДЛЯ ЛИЦ С ЦЕЛИАКИЕЙ

готовности изделий, но в жарочном шкафу требовалась температура 170 °С и продолжительность выпечки 50 минут.

В таблице 2 представлены физико-химические показатели разработанного изделия, определяющие его потребительские свойства. Данные приведены в сравнении с аналогичными показателями хлеба из ржаной и пшеничной муки.

Для определения безопасности разработанной продукции были определены микробиологические показатели разработанной продукции, установленные ТР ТС 021/2011 и СанПин 2.3.2.1078-01 для хлебобулочной продукции после четырех дней хранения. Результаты определения микробиологических показателей свидетельствуют о соответствии разработанной продукции требованиям нормативной документации: КМА-ФАнМ составляет 150 КОЕ/г, в 0,01 г продукта не обнаружены бактерии группы кишечной палочки, плесени и дрожжей менее 10 КОЕ/г. Однако разработанной

продукции установлен срок хранения, равный трем суткам, так как после трехдневного хранения органолептика изделий ухудшается, что свидетельствует о нецелесообразности дальнейшего хранения.

Для обогащения химического состава и расширения ассортимента на базе безглютенового хлеба (образец 1) были разработаны образцы хлеба с добавлением сухофруктов (чернослива и кураги) (образец 2) и тыквенных семечек (образец 3). Данные компоненты вводились в тесто при последней обминке, тыквенными семечками также посыпалась поверхность изделий.

Поскольку целью научной разработки являлось получение оптимальной биологической ценности безглютенового мучного изделия, то на основе данных об аминокислотном составе образцов был осуществлен расчет их биологической ценности путем определения аминокислотных скоров и коэффициентов их различия (КРАС) (таблица 3).

Таблица 3 – Биологическая ценность образцов хлеба на основе безглютеновой мучной смеси

Table 3 – Biological value of bread samples based on gluten-free flour mixture

Образец	Δ РАС								ΣΔ РАС	КРАС	Биологическая ценность, %
	валин	изолейцин	лейцин	лизин	метионин+цистин	треонин	триптофан	фенилаланин+тирозин			
1	26,2	0	5,2	8,1	18,2	3,2	10,4	33,4	104,7	13,1	86,9
2	65,0	22,9	8,5	23,7	7,0	31,0	0	23,7	181,8	22,7	77,3
3	0	0,1	3,7	4,0	11,5	1,2	10,2	24,6	55,1	6,9	93,1

По результатам, представленным в таблице 3, можно говорить о достаточно высоком уровне биологической ценности разработанной продукции, что не совсем характерно для продукции питания из растительного сырья.

Пищевая ценность разработанных образцов (из расчета на 100 г готового продукта) находилась в следующих пределах: белки – от 6,62 до 9,24 г, жиры – от 6,49 до 9,54 г, углеводы – от 34,27 до 37,33 г, витамин В₁ – от 0,55 до 0,6 мг, витамин В₂ – от 0,24 до 0,25 мг, витамин В₅ – от 0,88 до 0,91 мг, витамин В₆ – 0,21 мг, витамин РР – от 3,42 до 3,83 мг, кальций – от 30,56 до 42,4 мг, магний – от 49,62 до 115,79 мг, селен – от 6,84 до 7,82 мкг. Энергетическая ценность образцов варьировалась от 247,7 до 255,08 ккал на 100 г хлеба.

ВЫВОДЫ

В ходе проведения исследования обоснован выбор видов муки для выпечки хлеба для потребителей, страдающих целиакией. С помощью методов математической оптимизации и органолептического анализа определено оптимальное соотношение компонентов в мучной безглютеновой смеси и других компонентов в рецептуре, установлены оптимальные режимы производства. На основе разработанной рецептуры предложены варианты с использованием сухофруктов и тыквенных семечек. Определены показатели пищевой, биологической ценности и потребительские свойства. На основе изучения микробиологических показателей обоснован срок хранения.

Разработанная продукция может быть рекомендована для лиц, страдающих непереносимостью глютена, при условии соблюдения мер по недопущению перекрестного загрязнения глютеном, а также для всех, кто желает исключить его из питания не по медицинскими показаниям, а по ряду убеждений. Также

данная продукция может быть полезна всем потребителям, так как имеет более высокий уровень пищевой ценности в сравнении с изделиями из пшеничной муки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова В.Н. Теория персонализированного питания / В.Н. Иванова, Ю.И. Сидоренко. Москва : Делли, 2020. 640 с.
2. Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Виноградова А.В., Котоменкова О.Г. Актуальные аспекты товарного консалтинга в управлении качеством // European Social Science Journal. 2018. № 8. С. 9–14.
3. Тыщенко Е.В. Обзор безглютеновых видов сырья и его использование в производстве продуктов питания // Конкурентоспособность территорий: материалы XXI Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов. Екатеринбург : Уральский государственный экономический университет, 2018. С. 103–105.
4. Абуталыбова Д.Э. Рынок безглютеновых продуктов в мире и в России // Кондитерская и хлебопекарная промышленность. 2019. № 1. С. 11–12.
5. Сокол Н.В., Ревякина Н.А., Коваленко А.В. Безглютеновые композитные смеси для производства мучных кондитерских изделий // Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства: материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, 2023. С. 137–141.
6. Заворохина Н.В. Моделирование рецептур безглютеновых видов хлеба для жителей Свердловской области, страдающих целиакией // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2015. № 5. С. 67–72.
7. Петыш Я.С. Вкусно и полезно – тенденции рынка мучных кондитерских изделий // Хлебопродукты. 2018. № 1. С. 64–67.
8. Олешкевич О.И. Исследование рынка муки для производства безглютеновых хлебобулочных изделий //

Биоразнообразие, биоресурсы, вопросы биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона: сборник статей по материалам IX (66-й) ежегодной научно-практической конференции. 2022. С. 114–117.

9. Коваленко А.В., Ревякина Н.А. Оценка качества композитных смесей для производства безглютеновых мучных изделий // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 78 научно-практической конференции. Краснодар : КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2023. С. 918–920.

10. Черкалина С.А., Кирилук Т.Н., Храпко О.П. Изучение возможности применения нетрадиционного вида муки для производства бисквитов // Проблемы развития современного общества: сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. Курск : Юго-Западный государственный университет, 2023. С. 388–390.

11. Тевзадзе Г.У., Санжаровская Н.С. Обоснование технологии создания безглютеновых хлебобулочных изделий с повышенным содержанием пребиотиков // Виртуозы науки: сборник тезисов Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых за 2023 г. Краснодар : КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2024. С. 313–315.

Информация об авторах

О. А. Корнева – кандидат технических наук, доцент кафедры общественного питания и сервиса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет».

Т. А. Джум – кандидат технических наук, доцент кафедры общественного питания и сервиса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет».

М. Ю. Тамова – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой общественного питания и сервиса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет».

А. С. Петросян – аспирант кафедры общественного питания и сервиса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет».

REFERENCES

1. Ivanova, V.N. & Sidorenko, Yu.I. (2020). Theory of personalized nutrition. Moscow : Delhi, 640 p. (In Russ.).
2. Nilova, L.P., Malyutenkova, S.M., Vinogradova, A.V., Kotomchenkova, O.G. (2018). Actual aspects of commodity consulting in quality management. European Social Science Journal. (8). pp. 9-14. (In Russ.).
3. Tyshchenko, E.V. (2018). Review of gluten-free raw materials and their use in food production. Competitiveness of territories: proceedings of the XXI All-Russian Economic Forum of Young Scientists and Students. Yekaterinburg : Ural State University of Economics, pp. 103-105. (In Russ.).
4. Abutalybova, D.E. (2019). The market of gluten-free

products in the world and in Russia. Confectionery and bakery industry. (1). pp. 11-12. (In Russ.).

5. Sokol, N.V., Revyakina, N.A. & Kovalenko, A.V. (2023). Gluten-free composite mixtures for the production of flour confectionery products. Innovative solutions in construction, environmental management and mechanization of agricultural production: proceedings of the III All-Russian (national) scientific and practical conference. Nalchik: V.M. Korkov Kabardino-Balkarian State Agrarian University, pp. 137-141. (In Russ.).

6. Zavorokhina, N.V. (2015). Modeling of gluten-free bread recipes for residents of the Sverdlovsk region suffering from celiac disease // Technology and commodity science of innovative food products. (5). pp. 67-72. (In Russ.).

7. Petysh, Ya.S. (2018). Tasty and healthy - trends in the market of flour confectionery products. Bread products. (1). pp. 64-67. (In Russ.).

8. Oleshkevich, O.I. (2022). Market research of flour for the production of gluten-free bakery products // Biodiversity, bioresources, issues of biotechnology and public health in the North Caucasus region: a collection of articles based on the materials of the IX (66th) annual scientific and practical conference. pp. 114-117. (In Russ.).

9. Kovalenko, A.V., Revyakina, N.A. (2023). Quality assessment of composite mixtures for the production of gluten-free flour products. Scientific support of the agro-industrial complex: a collection of articles based on the materials of the 78th scientific and practical conference. Krasnodar: KubGAU named after I.T. Trublin, pp. 918-920. (In Russ.).

10. Chekalina, S.A., Kirilyuk, T.N., Khrapko, O.P. (2023). Studying the possibility of using an unconventional type of flour for the production of biscuits. Problems of the development of modern society: collection of scientific articles of the 8th All-Russian National Scientific and Practical Conference. Kursk : Southwestern State University, pp. 388-390. (In Russ.).

11. Tevzadze, G.U., Sanzharovskaya, N.S. (2024). Substantiation of the technology of creating gluten-free bakery products with a high content of prebiotics. Virtuosi of science: collection of abstracts of the International scientific and practical conference of students and young scientists for 2023. Krasnodar : KubGAU named after I.T. Trublin, pp. 313-315. (In Russ.).

Information about the authors

O.A. Korneva - candidate of technical sciences, associate professor of the department of public catering and service of the federal state budgetary educational Institution of higher education "Kuban State Technological University".

T.A. Dzhum - candidate of technical sciences, associate professor of the department of public catering and service of the federal state budgetary educational Institution of higher education "Kuban State University technological University".

M.Y. Tamova - doctor of technical sciences, professor, head of the department of public catering and service of the federal state budgetary educational institution of higher education "Kuban State Technological University".

A.S. Petrosyan - postgraduate student of the department of public catering and service of the federal state budgetary educational institutions of higher education "Kuban State Technological University".

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 17 декабря 2025; одобрена после рецензирования 24 апреля 2026; принята к публикации 18 мая 2026.

The article was received by the editorial board on 17 Dec 2025; approved after editing on 24 Apr 2026; accepted for publication on 18 May 2026.