

РАЗРАБОТКА И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Каримова Зарина Аминжон кизи

Докторант кафедры Технология пищевых и парфюмерно-косметических продуктов Ташкентского химико-технологического института,

Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: karimovazarina446@gmail.com

Курбанова Нодира Бахтияровна

Кафедра Технология пищевых и парфюмерно-косметических продуктов Ташкентского химико-технологического института,

Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: nodira5427@gmail.com

Джахангирова Гулноза Зинатуллаевна

PhD, профессор кафедры Технология пищевых и парфюмерно-косметических продуктов Ташкентского химико-технологического института,

Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: djaxangirova77dgz@gmail.com

Аннотация

В условиях роста распространённости целиакии и глютеновой непереносимости актуальной задачей является разработка безопасных и питательно ценных безглютеновых хлебобулочных изделий с удовлетворительными органолептическими свойствами. Целью исследования являлась разработка и сравнительная оценка безглютеновых изделий на основе различных видов растительного сырья с обязательным контролем содержания глютена на всех этапах производства. Объектами исследования стали три образца: хлеб на основе рисовой, кукурузной и сорговой муки с добавлением псиллиума; хлеб из зелёной гречки и киноа с псиллиумом; а также банановый кекс на основе рисовой, кукурузной и сорговой муки с применением ксантановой камеди. Количественное определение остаточного глютена проводили методом сэндвич-ИФА в аккредитованной лаборатории (ISO 17025). Результаты анализа показали, что содержание глютена во всех образцах находилось значительно ниже допустимого уровня 20 ppm и составляло 8,74–9,94 ppm. Органолептическая оценка выявила положительное влияние псиллиума на структуру и эластичность мякиша хлеба, а ксантановой камеди на однородность и стабильность структуры кекса. Полученные данные подтверждают возможность создания безопасных безглютеновых хлебобулочных изделий с улучшенными потребительскими характеристиками, рекомендованных для специализированного и функционального питания.

Ключевые слова: безглютеновые продукты; хлеб; продукты питания; иммуноферментный анализ; безопасность продуктов питания; псиллиум; ксантановая камедь; пищевая ценность.

Introduction

DEVELOPMENT AND COMPARATIVE ASSESSMENT OF GLUTEN-FREE FLOUR-BASED PRODUCTS USING DIFFERENT TYPES OF PLANT-DERIVED RAW MATERIALS

Abstract

In the context of the increasing prevalence of celiac disease and gluten intolerance, the development of safe and nutritionally valuable gluten-free bakery products with acceptable sensory properties represents a relevant scientific and technological challenge. The aim of this study was to develop and comparatively evaluate gluten-free products based on various types of plant raw materials, with mandatory gluten content control at all stages of production. The objects of the study included three samples: bread based on rice, corn, and sorghum flour with the addition of psyllium; bread made from green buckwheat and quinoa with psyllium; and banana cake based on rice, corn, and sorghum flour using xanthan gum. Quantitative determination of residual gluten was performed using the sandwich enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) method in an ISO 17025-accredited laboratory. The analysis results demonstrated that the gluten content in all samples was significantly below the permissible limit of 20 ppm, ranging from 8.74 to 9.94 ppm. Sensory evaluation revealed the positive effect of psyllium on crumb structure and elasticity in bread, and of xanthan gum on the uniformity and structural stability of the cake. The obtained data confirm the feasibility of producing safe gluten-free bakery products with improved consumer characteristics, recommended for specialized and functional nutrition.

Keywords: Gluten-free products; bread; food products; enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA); food safety; psyllium; xanthan gum; nutritional value.

Введение

В последние десятилетия во всём мире наблюдается устойчивая тенденция к росту числа потребителей безглютеновых продуктов питания, что обусловлено как увеличением распространённости целиакии, так и выявлением других форм непереносимости глютена, включая нецелиакийную чувствительность к глютену и аллергические реакции [1]. По данным международных организаций здравоохранения, единственным эффективным методом лечения целиакии остаётся пожизненное соблюдение строгой безглютеновой диеты, что подчёркивает особую социальную и медицинскую значимость разработки безопасных и качественных безглютеновых продуктов [2,3].

Согласно требованиям международных стандартов Codex Alimentarius и национальных нормативных документов, продукты, маркируемые как безглютеновые, должны содержать не более 20 ppm глютена [4,5]. Достижение и подтверждение такого уровня

возможно только при условии строгого контроля сырья, технологического процесса и готовой продукции с использованием высокочувствительных аналитических методов.

Несмотря на активное развитие рынка безглютеновой продукции, значительная часть представленных хлебобулочных изделий характеризуется пониженной пищевой ценностью, высоким содержанием крахмала и недостаточным количеством белка, пищевых волокон и микронутриентов. Кроме того, отсутствие клейковинного каркаса в безглютеновом тесте зачастую приводит к ухудшению структурно-механических и органолептических свойств изделий, таких как крошливость, сухость мякиша и быстрый процесс черствения [6,7]. Это обуславливает необходимость поиска альтернативных источников растительного сырья и функциональных ингредиентов, способных компенсировать технологические функции глютена.

Перспективным направлением является использование нетрадиционных безглютеновых культур и семян, включая рис, кукурузу, сорго, зелёную гречку, киноа и лен, отличающихся высоким содержанием биологически полноценного белка, пищевых волокон, минералов и биоактивных соединений. Особое значение при этом приобретают гидроколлоиды природного и микробиологического происхождения, такие как псиллиум и ксантановая камедь, которые способны улучшать реологические свойства теста, повышать влагоудерживающую способность и формировать стабильную структуру безглютеновых изделий [8,9,10,20,21,22,23,24,25].

В то же время в научной литературе остаётся недостаточно данных, посвящённых сравнительной оценке влияния различных видов безглютенового сырья и структурообразователей на безопасность продукции с точки зрения содержания глютена, особенно при использовании одного и того же аналитического метода в идентичных лабораторных условиях. Отсутствие таких данных затрудняет разработку универсальных и воспроизводимых технологических решений для промышленного производства безглютеновых хлебобулочных изделий.

В связи с этим целью настоящего исследования являлась разработка и комплексная оценка безглютеновых хлебобулочных изделий различного состава с использованием псиллиума и ксантановой камеди, а также подтверждение их соответствия требованиям безопасности по содержанию глютена методом сэндвич-иммуноферментного анализа. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи: подбор и оптимизация рецептов безглютеновых изделий, проведение контроля содержания глютена на всех этапах производства, а также оценка органолептических и потребительских свойств готовой продукции.

Таблица 1 Функциональная роль основных ингредиентов

Ингредиент	Технологическая функция	Пищевая ценность
Рисовая мука	Формирование основы теста	Источник легкоусвояемых углеводов
Кукурузная мука	Улучшение вкуса и цвета	Минералы, каротиноиды
Сорговая мука	Повышение плотности мякиша	Пищевые волокна, антиоксиданты
Зелёная гречка	Повышение белка и вкуса	Лизин, минералы
Киноа	Улучшение аминокислотного состава	Полноценный белок
Псиллиум	Структурообразование, влагоудержание	Растворимая клетчатка
Ксантановая камедь	Стабилизация структуры	Технологическая добавка

Таблица 1 отражает функциональную роль основных компонентов безглютеновой рецептуры хлеба и их вклад в формирование технологических и пищевых свойств готового продукта. Представленные виды муки (рисовая, кукурузная, сорговая, зелёная гречка и киноа) формируют основу тестовой системы, обеспечивая необходимые структурные характеристики, вкусовые свойства и повышение биологической ценности изделия за счёт содержания белка, пищевых волокон, минералов и антиоксидантов. Использование псиллиума и ксантановой камеди выполняет структурообразующую и стабилизирующую функции, способствуя удержанию влаги, повышению вязкоупругих свойств теста и формированию устойчивой псевдоклейковинной матрицы, что особенно важно при производстве безглютеновых хлебобулочных изделий [11,12,13,14,15,16,17,18,19].

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись безглютеновые хлебобулочные изделия, разработанные на основе различных видов растительного сырья и структурообразующих компонентов. В рамках работы были изучены три экспериментальных образца, отличающихся по рецептурному составу и типу гидроколлоида, что позволило провести сравнительный анализ их технологических и аналитических характеристик. Все исследования проводились в условиях лабораторного эксперимента при строго контролируемых параметрах окружающей среды: температура воздуха: $22,0 \pm 0,1$ °C; относительная влажность: $51,0 \pm 3\%$.

Лабораторные испытания выполнялись в аккредитованной лаборатории, сертифицированной TURKAK в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 17025, что обеспечивает воспроизводимость, точность и достоверность полученных результатов. Количественное определение следовых количеств глютена проводилось методом сэндвич-иммуоферментного анализа (ИФА), основанного на специфическом связывании антител с глютеиновыми фракциями [6]. Органолептическая оценка осуществлялась ГОСТ 5667-65 [26] дегустационной комиссией по стандартной 5-балльной шкале. Оценивались следующие показатели: внешний вид; цвет корки и мякиша; аромат; вкус; консистенция и крошливость.

Результаты исследований обрабатывались с использованием методов описательной статистики. Для каждого показателя рассчитывались средние значения, что обеспечивало объективность интерпретации полученных данных.

Результаты и их анализ. Для оценки влияния состава сырья и типа структурообразователя на качество и функциональные свойства безглютеновых изделий исследовали характеристику образцов (таблица 2).

Таблица 2 Характеристика исследуемых образцов

№	Вид изделия	Основные виды муки	Структурообразователь	Назначение образца
1	Хлеб	Рисовая, кукурузная, сорговая	Псиллиум	Оценка влияния зерновых без глютена и псиллиума
2	Хлеб	Зелёная гречка, киноа	Псиллиум	Оценка функционального сырья с повышенной пищевой ценностью
3	Банановый кекс	Рисовая, кукурузная, сорговая	Ксантановая камедь	Сравнение гидроколлоидов в кондитерских изделиях

Для приготовления изделий (таблице 2) использовались сертифицированные безглютеновые ингредиенты, прошедшие предварительный входной контроль. Основное и вспомогательное сырьё включало: рисовую, кукурузную и сорговую, зелёную гречневую и муку из киноа; псиллиум (шелуха семян *Plantago ovata*); ксантановую камедь; дрожжи хлебопекарные; соль, сахар; банановое пюре (для кекса); питьевую воду соответствующую санитарным требованиям. Выбор указанных компонентов обусловлен их природной безглютеновостью, высокой пищевой и биологической ценностью, а также способностью формировать структуру теста при отсутствии клейковины.

Образец 1. Безглютеновый хлеб на основе рисовой, кукурузной и сорговой муки с добавлением псиллиума, используемого в качестве структурообразователя. Образец применялся для оценки влияния безглютеновых зерновых культур и псиллиума на качество хлеба. Хлеб на основе рисовой, кукурузной и сорговой муки с добавлением псиллиума. Данный образец представлял собой безглютеновый хлеб, разработанный на основе смеси рисовой, кукурузной и сорговой муки с использованием псиллиума в качестве структурообразующего компонента. Выбор указанных видов муки обусловлен их природной безглютеновостью, высокой доступностью и нейтральными вкусовыми характеристиками, что делает данный образец модельным для оценки базовой безглютеновой хлебной рецептуры. Псиллиум, богатый растворимыми пищевыми волокнами, использовался для формирования структурированного каркаса теста, повышения влагоудерживающей способности и снижения крошливости мякиша. Данный образец предназначался для оценки влияния зерновых безглютеновых культур и псиллиума на формирование структуры и стабильность хлеба при отсутствии клейковины.

Образец 2. Безглютеновый хлеб функционального назначения из муки зелёной гречки и киноа с добавлением псиллиума. Образец использовался для оценки технологических и качественных характеристик изделий с повышенной пищевой ценностью. Второй образец представлял собой безглютеновый хлеб, изготовленный на основе муки из зелёной гречки и киноа с добавлением псиллиума в качестве структурообразователя. Использование данных культур обусловлено их высокой пищевой и биологической ценностью, в том числе повышенным содержанием белка, незаменимых аминокислот, минеральных веществ и биоактивных соединений. Псиллиум обеспечивал формирование эластичной и устойчивой структуры мякиша за счёт высокой водосвязывающей способности и способности к образованию вязкой матрицы. Данный образец был включён в исследование для оценки возможности повышения пищевой ценности безглютенового хлеба без ухудшения его технологических и органолептических свойств.

Образец 3. Безглютеновый банановый кекс на основе рисовой, кукурузной и сорговой муки с добавлением ксантановой камеди. Образец предназначен для сравнительной оценки эффективности гидроколлоидов в кондитерских безглютеновых изделиях. Образец представлял собой безглютеновое кондитерское изделие банановый кекс, приготовленный на основе смеси рисовой, кукурузной и сорговой муки с

использованием ксантановой камеди в качестве структурообразующего компонента. Банановое пюре вводилось в рецептуру для улучшения вкуса, аромата и текстуры изделия, а также для дополнительного увлажнения теста. Ксантановая камедь применялась для стабилизации структуры теста, повышения его вязкости и обеспечения равномерного распределения газовой фазы при выпечке. Данный образец предназначался для оценки эффективности ксантановой камеди в формировании однородной структуры безглютеновых кондитерских изделий и сопоставления её действия с псиллиумом, используемым в хлебных образцах.

Технология приготовления образцов. Замес теста осуществлялся с использованием стандартного лабораторного тестомесильного оборудования. Последовательность технологических операций включала: Процесс приготовления безглютеновых образцов осуществляли с использованием стандартного лабораторного тестомесильного оборудования. Технологическая схема включала дозирование сухих компонентов (муки, структурообразователя, сахара, соли и дрожжей для хлебных образцов) с точностью $\pm 0,01$ г, предварительное сухое смешивание муки с гидроколлоидом (псиллиумом или ксантановой камедью) в течение 2–3 мин при скорости 60–80 об/мин, последующее постепенное добавление воды температурой 20–22 °С и вспомогательных ингредиентов при непрерывном перемешивании (гидратация теста составляла 75–85 % для хлеба и 90–100 % для кекса). Замес теста проводили в течение 6–8 мин при скорости 100–120 об/мин до получения однородной вязкопластичной консистенции при температуре теста не выше 26–28 °С, после чего осуществляли формование изделий одинаковой массы и расстойку хлебных заготовок при температуре 40–45 °С и относительной влажности 75–80 % в течение 40–60 мин до увеличения объёма в 1,5–2 раза. Выпечку проводили в лабораторной конвекционной печи при температуре 180–190 °С в течение 35–40 мин для хлеба и 170–175 °С в течение 30–35 мин для бананового кекса до достижения температуры в центре изделий не ниже 96–98 °С, после чего изделия охлаждали при температуре 20–22 °С в течение 2 ч до температуры мякиша не выше 25 °С и осуществляли отбор проб для последующего физико-химического, органолептического и аналитического контроля.

После завершения технологического цикла и охлаждения изделий осуществляли отбор проб для проведения физико-химических, органолептических и аналитических исследований. Особое внимание в рамках работы уделялось контролю содержания глютена на всех стадиях технологического процесса, поскольку риск перекрёстной контаминации сохраняется как на этапе подготовки сырья, так и в процессе замеса и выпечки. Система контроля была организована поэтапно и включала анализ критических точек производства. Последовательность мониторинга представлена в таблице 3.

Таблица 3 Этапы контроля содержания глютена

Этапы	Объект анализа	Цель контроля
1	Сырьё	Подтверждение безглютенового статуса
2	Тесто	Исключение перекрёстного загрязнения
3	Готовое изделие	Подтверждение соответствия ≤ 20 ppm

Таблица 3 отражает этапы контроля содержания глютена в процессе производства безглютеновых изделий. Контроль осуществлялся на стадии анализа сырья с целью

подтверждения его безглютенового статуса, на этапе приготовления теста для исключения перекрёстного загрязнения глютеном, а также на стадии анализа готовой продукции для подтверждения соответствия установленному нормативному пределу содержания глютена в безглютеновых продуктах (≤ 20 ppm). Определение содержания глютена проводилось методом иммуноферментного анализа (ELISA, R5). Контроль содержания глютена в процессе производства безглютеновых хлебобулочных изделий осуществлялся на всех ключевых стадиях технологического цикла с целью исключения перекрёстного загрязнения и подтверждения соответствия готовой продукции установленным требованиям безопасности (≤ 20 ppm).

Ключевым критерием оценки их пригодности для питания лиц с целиакией и глютеновой непереносимостью является фактическое содержание глютена в готовой продукции. В связи с этим следующим этапом исследования стало количественное определение остаточного содержания глютена в разработанных образцах. Анализ данного показателя позволяет подтвердить безопасность продукции, оценить эффективность применяемого сырья и технологических процессов, а также установить соответствие международным требованиям к безглютеновой продукции (≤ 20 ppm).

Таблица 4 Содержание глютена в исследуемых безглютеновых изделиях

№ образца	Вид изделия	Структурообразователь	Содержание глютена, ppm	Соответствие требованиям (≤ 20 ppm)
1	Хлеб (рис, кукуруза, сорго)	Псиллиум	9,94	Соответствует
2	Хлеб (зелёная гречка, киноа)	Псиллиум	8,74	Соответствует
3	Банановый кекс (рис, кукуруза, сорго)	Ксантановая камедь	9,26	Соответствует

Как видно из данных таблицы 4, содержание глютена во всех исследуемых образцах безглютеновых изделий находится на уровне значительно ниже допустимого предельного значения 20 ppm. Согласно стандарту **Codex Alimentarius (CODEX STAN 118-1979)** и Регламенту Комиссии ЕС № 828/2014, продукция может маркироваться как «безглютеновая», если содержание глютена в ней не превышает 20 мг/кг (ppm). В образце хлеба, изготовленного на основе риса, кукурузы и сорго с использованием псиллиума в качестве структурообразователя, содержание глютена составило 9,94 ppm. Во втором образце хлеба (зелёная гречка и киноа, псиллиум) данный показатель был ещё ниже — 8,74 ppm. В банановом кексе, приготовленном из риса, кукурузы и сорго с применением ксантановой камеди, содержание глютена составило 9,26 ppm. Следует отметить, что во всех случаях фактические значения находятся более чем в два раза ниже нормативного порога (≤ 20 ppm), установленного для продукции, маркируемой как «безглютеновая». Это подтверждает отсутствие перекрёстной контаминации глютенсодержащими компонентами, корректность подбора сырьевой базы, технологическую безопасность разработанных рецептов. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования разработанных изделий в рационе лиц с целиакией и глютеновой непереносимостью без риска превышения допустимых норм содержания глютена.

Полученные данные свидетельствуют о том, что во всех исследованных образцах содержание глютена было более чем в два раза ниже предельно допустимого уровня, установленного международными стандартами для безглютеновой продукции. Это подтверждает эффективность применяемой схемы подбора сырья и аналитического контроля на всех этапах производства. Рисунок 1 отражает содержание глютена в продуктах.

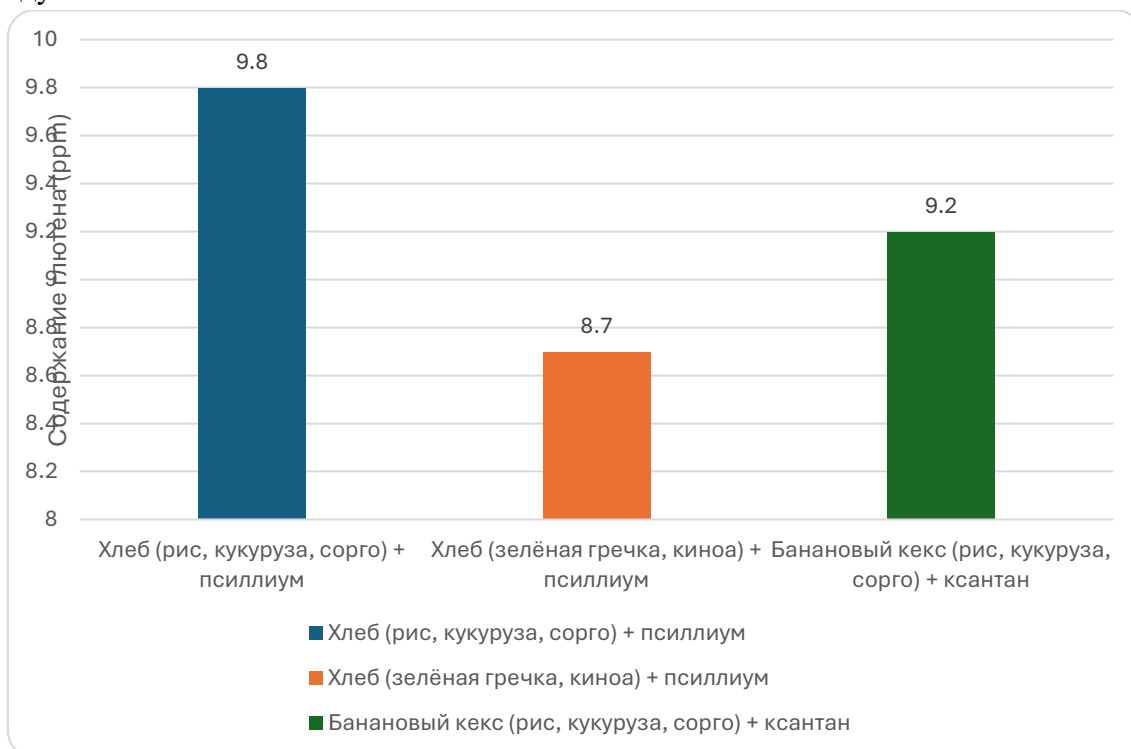


Рис. 1. Содержание глютена в продуктах

На рисунке представлена диаграмма, отражающая содержание глютена в разработанных безглютеновых изделиях в сравнении с предельно допустимым уровнем 20 ppm. Как видно из графика, фактическое содержание глютена во всех образцах существенно ниже нормативного порога, обозначенного пунктирной линией. В хлебе на основе риса, кукурузы и сорго с использованием псиллиума показатель составил около 9,9 ppm. В хлебе из зелёной гречки и киноа с псиллиумом содержание глютена было минимальным — около 8,7 ppm. В банановом кексе с ксантановой камедью данный показатель составил приблизительно 9,3 ppm. Различия между образцами незначительны и находятся в узком диапазоне 8,7–9,9 ppm, что свидетельствует о стабильности технологического процесса и отсутствии перекрёстной контаминации. Во всех случаях значения более чем в два раза ниже установленного международными нормативами предела (≤ 20 ppm), что подтверждает соответствие продукции категории «безглютеновая». Графическая интерпретация результатов наглядно демонстрирует высокий уровень безопасности разработанных изделий и воспроизводимость полученных показателей независимо от вида сырья и применяемого структурообразователя.

Заключение. Сравнительный анализ образцов по уровню остаточного глютена. Минимальное содержание глютена было зафиксировано в образце №2 (8,74 ppm),

изготовленном на основе зелёной гречки и киноа с использованием псиллиума. Данный результат может быть обусловлен как природной безглютеновостью используемого сырья, так и более низким риском перекрёстного загрязнения по сравнению с традиционными зерновыми культурами. В образце №1 уровень глютена составил 9,94 ppm, что также свидетельствует о высокой степени безопасности продукта. Применение смеси рисовой, кукурузной и сорговой муки позволило сформировать устойчивую рецептуру с контролируемым содержанием глютена. В образце №3 (банановый кекс) содержание глютена находилось на уровне 9,26 ppm. Несмотря на использование иного структурообразователя — ксантановой камеди, данный показатель оставался стабильным и значительно ниже нормативного значения, что подтверждает универсальность выбранного подхода к контролю глютена.

Результаты проведённого исследования свидетельствуют о том, что разработанные безглютеновые хлебобулочные изделия характеризуются стабильным содержанием остаточного глютена, значительно ниже предельно допустимого уровня. Это подтверждает эффективность применяемой схемы подбора сырья и многоступенчатого контроля глютена на всех этапах технологического процесса.

Список литературы

1. Gallagher E., Gormley T.R., Arendt E.K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products // *Trends in Food Science & Technology*. – 2004. – Vol. 15. – P. 143–152.
2. Alvarez-Jubete L., Arendt E.K., Gallagher E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients // *Food Chemistry*. – 2010. – Vol. 119. – P. 770–778.
3. Vici G., Belli L., Biondi M., Polzonetti V. Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review // *Clinical Nutrition*. – 2016. – Vol. 35. – P. 1236–1241.
4. Arendt E.K., Dal Bello F., O’Sullivan M.G. Advances in Gluten-Free Bread Technology. *Journal of Cereal Science*. 2014.
5. Codex Alimentarius Commission. Foods for special dietary use for persons intolerant to gluten. Codex Standard 118–1979 (revised 2008). – Rome: FAO/WHO.
6. Sabanis D., Tzia C. Effect of hydrocolloids on the structural characteristics of gluten-free dough systems // *Food Hydrocolloids*. – 2011. – Vol. 25. – P. 1633–1642.
7. Capriles V.D., Arêas J.A.G. Psyllium Fibre Inclusion in Gluten-Free Buckwheat Dough Improves Dough Structure and Lowers Glycaemic Index of the Resulting Bread. *Journal: Food Research International*. 2023.
8. Sasaki T., Yano H. Influence of Xanthan Gum and Gluten on In Vitro Digestibility and Textural Properties of Rice Bread. *International Journal of Food Science and Technology*. 2022.
9. Belorio M., Gómez M. Enhancing Gluten-Free Bread Production: Impact of Hydroxypropyl Methylcellulose, Psyllium Husk Fiber, and Xanthan Gum on Dough Characteristics and Bread Quality. *Foods*. 2024.
10. Awulachew M.T. A Review of Non-gluten Components in Gluten-Free Bread Characteristics, Dough Baking Quality and Viscoelastic Qualities. *International Journal of Food Science and Biotechnology*. 2021.

11. Nunes M.C., Rosell C.M. A Systematic Review on Gluten-Free Bread Formulations Using Specific Volume as a Quality Indicator. *Foods*. 2021;10(3):614.
12. Amougou A.S.N., et al. Development of Gluten-Free Bread Production Technology with Enhanced Nutritional Value. *Journal of Cereal Science*. 2025.
13. Capriles V.D., Arêas J.A.G. Effect of psyllium fibre addition on the structure and quality of gluten-free bread // *Food Research International*. – 2014. – Vol. 67. – P. 376–384.
14. Belorio M., Gómez M. Improving gluten-free bread production: Effect of hydrocolloids on dough rheology and bread quality // *Foods*. – 2024. – Vol. 13. – Article 412.
15. Arendt E.K., Dal Bello F. Advances in gluten-free bread technology // *Journal of Cereal Science*. – 2008. – Vol. 47. – P. 165–174.
16. Sabanis D., Tzia C. Effect of hydrocolloids on the structural characteristics of gluten-free dough systems // *Food Hydrocolloids*. – 2011. – Vol. 25. – P. 1633–1642.
17. Hager A.S., Arendt E.K. Influence of hydrocolloids on the quality of gluten-free bread // *European Food Research and Technology*. – 2013. – Vol. 237. – P. 195–205.
18. Matos M.E., Rosell C.M. Understanding the role of hydrocolloids in gluten-free dough and bread quality // *Food Hydrocolloids*. – 2015. – Vol. 45. – P. 386–395.
19. Sasaki T., Yano H. Influence of xanthan gum on textural properties and digestibility of rice bread // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2017. – Vol. 52. – P. 2254–2261.
20. Gallagher E., Gormley T.R., Arendt E.K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products // *Trends in Food Science & Technology*. – 2004. – Vol. 15. – P. 143–152.
21. Marco C., Rosell C.M. Breadmaking performance of protein enriched gluten-free breads // *Journal of Cereal Science*. – 2008. – Vol. 48. – P. 254–261.
22. Masure H.G., Fierens E., Delcour J.A. Current and forward-looking experimental approaches in gluten-free bread making research // *Trends in Food Science & Technology*. – 2016. – Vol. 52. – P. 113–126.
23. Schober T.J. Manufacture of gluten-free bread from sorghum // *Journal of Cereal Science*. – 2009. – Vol. 49. – P. 29–36.
24. Taylor J.R.N., Schober T.J., Bean S.R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets // *Journal of Cereal Science*. – 2006. – Vol. 44. – P. 252–271.
25. Gobbetti M., Rizzello C.G., Di Cagno R., De Angelis M. How the sourdough may affect the functional features of gluten-free bread // *Food Microbiology*. – 2014. – Vol. 37. – P. 30–40.
26. ГОСТ 21094-75. Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности. — М.: Стандартиформ.