

**Пищевые системы и биотехнология продуктов питания  
и биологически активных веществ  
(Технические науки)**

**Food systems and biotechnology of food  
and bioactive substances  
(Food Engineering)**

Обзорная статья / Review article

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-10-25>  
УДК 664.681:633.31/37



**Зернобобовое сырьё в технологии безглютеновых продуктов**

**Н.А. Бугаец✉, Е.С. Чимкинова, Е.А. Суслова**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Кубанский государственный технологический университет»;  
г. Краснодар, Российская Федерация,  
✉kubanochka23@yandex.ru*

**Аннотация. Введение.** Безглютеновые продукты, производимые преимущественно на основе рисовой, кукурузной муки и крахмала, характеризуются пониженным содержанием белка, пищевых волокон, минеральных веществ и биологически активных соединений, а также недостаточно выраженными структурно-механическими свойствами. В связи с этим актуальным является использование зернобобового сырья, способного одновременно повышать пищевую ценность и улучшать функционально-технологические свойства специализированной продукции. **Цель исследования.** Провести сравнительный анализ гороха, нута и чечевицы как сырья для технологии безглютеновых продуктов, обобщить данные об их пищевой ценности и способах снижения антипитательных факторов. **Методы.** Объектами исследования являлись литературные данные о горохе, нуте и чечевице, а также о продуктах их переработки: муке, белковых продуктах, водных экстрактах, аквафабе, пророщенном зерне и экструдированных полуфабрикатах. Методическую основу работы составили анализ, сравнение, систематизация и обобщение отечественных и зарубежных научных публикаций за 2020-2025 гг. **Результаты.** Установлено, что горох, нут и чечевица содержат 23,1-28,4% белка и 3,6-7,0% пищевых волокон и могут использоваться для направленного нутритивного обогащения безглютеновых пищевых систем. Показано, что горох наиболее перспективен для белкового и функционального обогащения мучных изделий, нут – для хлебобулочных, макаронных, эмульсионных и вспененных продуктов, чечевица – для быстрорастворимых, экструдированных и хлебопекарных продуктов. Установлено, что эффективное использование зернобобового сырья требует учёта антипитательных факторов и применения предварительной обработки: замачивания, проращивания, ферментации, ферментативного воздействия, ультразвуковой обработки или экструзии. **Заключение.** Практическая значимость работы заключается в систематизации данных, необходимых для выбора вида зернобобового сырья, формы ингредиента, соотношения компонентов в рецептуре и способа обработки при разработке безглютеновых продуктов.

**Ключевые слова:** безглютеновые продукты, зернобобовое сырьё, горох, нут, чечевица, аквафаба, антипитательные факторы

**Для цитирования:** Бугаец Н.А., Чимкинова Е.С., Суслова Е.А. Зернобобовое сырьё в технологии безглютеновых продуктов. *Новые технологии / New technologies.* 2026; 22 (2):10-25. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-10-25>

## Grain legume raw materials in gluten-free product technology

N.A. Bugayets✉, E.S. Chimkinova, E.A. Suslova

*Kuban State Technological University;  
Krasnodar, the Russian Federation,  
✉kubanochka23@yandex.ru*

**Abstract. Introduction.** Gluten-free products made mainly from rice flour, corn flour and starches are often characterized by reduced contents of protein, dietary fiber, minerals and bioactive compounds, as well as insufficient structural and mechanical properties. Therefore, the use of legume raw materials capable of increasing nutritional value and improving the functional and technological characteristics of specialized products is of current interest. **The goal of the research** was to conduct a comparative analysis of pea, chickpea and lentil as raw materials for gluten-free product technology and to summarize data on their nutritional value, functional and technological properties, formulation potential and methods for reducing antinutritional factors. **The methods.** The objects of the research were literature data on pea, chickpea and lentil, as well as their processed products: flour, protein ingredients, aqueous extracts, aquafaba, sprouted grain and extruded semi-finished products. The methodological basis of the research included analysis, comparison, systematization and generalization of Russian and foreign scientific publications for 2020-2025. **The results.** It has been found that pea, chickpea and lentil contain 23.1-28.4% protein and 3.6-7.0% dietary fiber and can be used for targeted nutritional enrichment of gluten-free food systems. Pea is the most promising for protein and functional enrichment of flour systems; chickpea is promising for bakery, pasta, emulsion and foamed products; lentil is suitable for fast-cooking, extruded and certain bakery systems. It has been shown that the effective use of legume raw materials requires consideration of antinutritional factors and the application of pretreatment methods, including soaking, germination, fermentation, enzymatic treatment, ultrasound treatment or extrusion. **Discussion.** The practical significance of the research lies in the systematization of data necessary for selecting the type of legume raw material, ingredient form, formulation dosage and processing method in the development of gluten-free products.

**Keywords:** gluten-free products, legumes, peas, chickpeas, lentils, aquafaba, antinutritional factors

**For citation:** Bugayets N.A., Chimkinova E.S., Suslova E.A. Grain legume raw materials in gluten-free product technology. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (2):10-25. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-10-25>

**Введение.** Безглютеновые продукты остаются востребованной категорией специализированного питания. Развитие этого сегмента связано не только с необходимостью формирования безопасного рациона для больных целиакией и лиц с иными формами непереносимости глютена, но и с расширением потребительского интереса к альтернативным пищевым системам. Однако рост ассортимента безглютеновой продукции не сопровождается повышением пищевой ценности. Большинство традиционных безглютеновых изделий производят на основе рисовой, кукурузной муки и крахмалов, которые характеризуются сравнительно низким содержанием белка, пищевых волокон, минеральных веществ и биологически активных соединений. Современные исследования

подтверждают, что многие «gluten-free» продукты уступают традиционным аналогам по пищевой плотности, по содержанию белка и пищевых волокон, что требует поиска сырья для направленного обогащения [1-3].

Дополнительная технологическая проблема – это отсутствие клейковинного каркаса. Именно глютен в традиционных мучных системах обеспечивает вязкоупругие свойства теста, газоудерживающую способность, объём, пористость и эластичность мякиша. При его исключении ухудшается структура тестовых систем, возрастает риск получения изделий с пониженным объёмом, плотным мякишем, крошливостью и ускоренным черствением. В связи с этим разработка безглютеновых продуктов требует не только замены пшеничной муки, но и целена-

правленного подбора ингредиентов, способных одновременно повышать пищевую ценность и улучшать структурно-механические характеристики готовой продукции [3-6].

Одно из перспективных направлений – использование зернобобового сырья. Горох, нут и чечевица содержат значительные количества растительного белка, пищевых волокон, витаминов группы В, минеральных веществ и ряда биоактивных соединений. Включение бобовых компонентов в безглютеновые рецептуры рассматривается как способ повышения содержания белка, улучшения аминокислотного профиля и формирования сбалансированной пищевой матрицы [7-9]. В отличие от крахмалопродуктов, зернобобовые культуры могут выполнять не только пищевую, но и функционально-технологическую роль, что важно для специализированных пищевых систем.

Практический интерес к зернобобовым обусловлен их способностью влиять на свойства рецептурных смесей. Мука, белковые продукты, водные экстракты и аквафаба, полученные из гороха, нута и чечевицы, проявляют водосвязывающую, жиросвязывающую, эмульгирующую и пенообразующую способность. Эти свойства значимы при разработке хлебобулочных, макаронных, эмульсионных, вспененных и десертных продуктов [10-14]. Следовательно, зернобобовое сырьё в технологии безглютеновых продуктов следует рассматривать не как добавку к рисовой или кукурузной муке, а как группу ингредиентов, участвующих в формировании структуры, текстуры и потребительских свойств готового изделия.

Среди зернобобовых культур интерес представляют горох, нут и чечевица. Горох отличается высоким содержанием белка, антиоксидантной активностью и потенциалом биотехнологической модификации. Предварительная ферментация гороховой муки позволяет изменять её функционально-технологические свойства, повышать перевариваемость белка и расширять применения в мучных изделиях [15-16]. Нут характеризуется благоприятным сочетанием белка, липидов, минеральных веществ и структурообразующих свойств. Его используют в технологиях

безглютенового хлеба, макаронных изделий, эмульсионных и вспененных продуктов [6, 17-18]. Чечевица рассматривается как сырьё для быстрораствариваемых, экструдированных и вспененных продуктов, а также как компонент безглютеновых хлебобулочных изделий. Современные данные показывают, что чечевичная мука и пророщенные семена чечевицы могут повышать пищевую ценность и функциональность «gluten-free» хлеба, однако требуют учёта влияния на текстуру, ароматический профиль и сенсорную приемлемость продукта [19-22].

Отдельного внимания заслуживают водные экстракты зернобобовых и аквафаба. Аквафаба – водная фаза, образующаяся при варке или консервировании бобовых; содержит растворимые белки, углеводы, сапонины и другие компоненты, способные обеспечивать пенообразование, эмульгирование, структурообразование и стабилизацию пищевых систем. Эти свойства позволяют рассматривать аквафабу как альтернативу яичному белку в кондитерских, десертных, эмульсионных и безглютеновых продуктах [12-13, 23-24]. Для безглютеновых технологий это важно, поскольку аквафаба может одновременно выполнять структурообразующую и рецептурно-корректирующую функцию.

Наряду с выраженными преимуществами применение зернобобового сырья сопряжено с рядом ограничений: специфический бобовый вкус и аромат, возможное изменение цвета и плотности готовых изделий, а также наличие антипитательных факторов – фитатов, танинов, ингибиторов протеаз, лектинов и олигосахаридов раффинозного ряда. Эти соединения могут ограничивать биодоступность белка и минеральных веществ, ухудшать перевариваемость и снижать потребительскую приемлемость продуктов с высокой долей бобового сырья [9, 19, 22, 25]. Следовательно, использование гороха, нута и чечевицы в безглютеновых продуктах требует не только подбора дозировок, но и применения способов предварительной обработки.

Современные исследования показывают, что замачивание, проращивание, ферментация, ферментативная, ультразвуковая, гидро-

термическая и экструзионная обработка снижают содержание антипитательных веществ и одновременно изменяют функционально-технологические свойства зернобобовых ингредиентов. Для гороховой муки ферментация повышает перевариваемость белка и функциональные свойства; для нуттовых экстрактов – физико-ферментативная обработка, усиливающая пенообразующие свойства; для чечевицы – проращивание, экструзия и получение аквафабы, способствующие снижению содержания дубильных веществ и расширению технологических возможностей сырья [16, 19, 22, 25-26].

Несмотря на объём публикаций, современные данные о применении зернобобового сырья в безглютеновых продуктах остаются фрагментарными. В литературе подробно рассмотрены отдельные культуры или отдельные технологические направления: безглютеновый хлеб с нуттовой мукой, макаронные изделия с бобовыми компонентами, аквафаба в кондитерских системах, ферментация гороховой муки, снижение антипитательных факторов в чечевице [6, 12, 16, 18, 19, 21]. Однако количественные сведения о пищевой ценности, рецептурных дозировках, функционально-технологических свойствах, режимах обработки и степени снижения антипитательных факторов для гороха, нута и чечевицы редко сопоставляются в единой логике применительно к технологии безглютеновых продуктов.

**Цель исследования** – провести сравнительный анализ гороха, нута и чечевицы как зернобобового сырья для технологии безглютеновых продуктов, обобщить данные об их пищевой ценности, функционально-технологических свойствах, рецептурных возможностях и способах снижения антипитательных факторов.

**Объекты и методы исследований.** *Объекты исследования* – литературные данные о горохе, нуте и чечевице как зернобобовом сырье для безглютеновых продуктов, а также о продуктах их переработки: муке, белковых ингредиентах, водных экстрактах, аквафабе, пророщенном зерне и экструдированных полуфабрикатах.

*Предмет исследования* включал пищевую ценность указанных культур, их функционально-технологические свойства, особенно-

сти применения в составе безглютеновых пищевых систем, а также способы снижения антипитательных факторов, влияющих на биодоступность нутриентов, органолептические характеристики и технологическую пригодность сырья.

*Информационная база* – 30 публикаций российских и зарубежных авторов (2020–2025 гг.), посвящённых использованию зернобобовых культур и продуктов их переработки в технологии безглютеновых, специализированных и функциональных пищевых продуктов. В анализ включали работы, содержащие сведения о химическом составе гороха, нута и чечевицы, содержании белка и пищевых волокон, функционально-технологических свойствах зернобобовых ингредиентов, рецептурных дозировках, режимах предварительной обработки, показателях качества готовых продуктов и степени снижения антипитательных факторов [1-30].

*Методическая основа* – методы анализа, сравнения, систематизации, обобщения и научной интерпретации литературных данных. Анализ источников проводили по унифицированным критериям: содержание белка и пищевых волокон; наличие биоактивных и антипитательных веществ; водосвязывающие, жиросвязывающие, эмульгирующие, пенообразующие и структурообразующие свойства; форма введения ингредиента в рецептуру; технологически значимые дозировки; режимы предварительной обработки; влияние зернобобового сырья на качество безглютеновых продуктов.

При интерпретации данных учитывали, что показатели химического состава и функционально-технологических свойств зернобобового сырья могут варьировать в зависимости от сорта, условий выращивания, степени дисперсности муки, способа переработки, режима гидротермической, ферментативной или биотехнологической обработки, а также состава конкретной рецептурной системы. Поэтому при обобщении результатов основное внимание уделяли устойчиво повторяющимся закономерностям и количественным параметрам, имеющим прикладное значение для разработки безглютеновых продуктов.

**Результаты.** Сравнительный анализ литературных данных показал, что горох, нут и чечевица обладают потенциалом для использования в технологии безглютеновых продуктов. В отличие от традиционных безглютеновых ингредиентов на основе рисовой, кукурузной муки и крахмалов, зернобобовые культуры характеризуются высоким содержанием растительного белка, пищевых волокон, минеральных веществ и биоактивных соединений. Это важно, поскольку многие «gluten-free» продукты уступают традиционным аналогам по пищевой плотности, прежде по содержанию белка и пищевых волокон [1-3].

Включение зернобобовых культур в рецептуры безглютеновых продуктов рассматривается как один из способов повышения пищевой ценности, улучшения аминокислотного профиля и расширения функционально-технологических свойств пищевых систем [8-9]. По данным литературы, содержание белка составляет: для гороха – 24,1-28,4%, пищевых волокон – 5,4-7,0%; для нута – белка 23,4% (в нутовой муке – до 30,0 %), пищевых волокон – 6,1-6,8%; для чечевицы – белка 23,1-23,8%, пищевых волокон – 3,6-3,9% [8, 9, 15, 17, 19]. Эти показатели позволяют рассматривать все три культуры как сырьё для белково-волоконистого обогащения безглютеновых хлебобулочных, макаронных, десертных, эмульсионных и быстрорастворимых продуктов.

Горох отличается не только содержанием белка, но и антиоксидантной активностью. По данным исследований, антиоксидантная активность гороховой муки может достигать 108,9 мг/100 г, что превышает соответствующий показатель для чечевицы (42 мг/100 г) [15]. Это позволяет рассматривать горох как источник не только белка, но и биоактивных соединений, представляющих интерес для функциональных пищевых систем. Дополнительную ценность имеет способность гороховой муки к биотехнологической модификации. Таким образом, горох целесообразно использовать как технологический ингредиент для белкового и функционального обогащения безглютеновых мучных систем.

Нут отличается вариативностью технологических форм. Нутовая мука содержит 50-

61% углеводов, до 30 % белка, 4,2-13% жира и около 2,5% минеральных веществ, что делает компонентом безглютеновых хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [17]. Современные исследования подтверждают возможность применения нутовой муки в рисовых безглютеновых хлебных системах, а также в составе безглютеновых макаронных изделий, где она способствует повышению содержания белка и улучшению аминокислотного профиля [6, 18]. Технологический интерес представляют нутовые экстракты и аквафаба, обладающие пенообразующими и эмульгирующими свойствами. Эти данные подтверждают использование нута для хлебобулочных, макаронных, эмульсионных и вспененных продуктов.

Чечевица по уровню белка сопоставима с горохом и нут, однако её технологическая специфика связана с получением полуфабрикатов с пониженным содержанием антипитательных веществ, а также с влиянием на текстуру, ароматический профиль и сенсорную приемлемость готовых изделий. Современные исследования показывают, что чечевичная мука и пророщенные семена чечевицы могут повышать пищевую ценность и функциональность безглютенового хлеба, но требуют точного подбора дозировки и режима предварительной обработки [20-22]. И чечевица ценна как сырьё для быстрорастворимых, экструдированных и некоторых видов вспененных продуктов.

Сравнение рассмотренных культур показывает, что их функционально-технологическая роль в безглютеновых продуктах различается (табл. 1). Установлено, что горох, нут и чечевица различаются по технологической направленности.

Установлено, что горох, нут и чечевица различаются по технологической направленности. Горох наиболее целесообразно использовать как белковый и функционально модифицируемый компонент безглютеновых мучных систем. Нут отличается наибольшей универсальностью применения (хлебобулочные, макаронные, эмульсионные и вспененные продукты). Чечевица представляет интерес как сырьё для быстрорастворимых, экс-

трудированных и отдельных хлебопекарных систем, а также как источник функциональных водных экстрактов. Следовательно, выбор зернобобового сырья должен опреде-

ляться не только содержанием белка и пищевых волокон, но и целевой технологической функцией ингредиента в конкретной рецептурной системе.

**Таблица 1.** Количественные показатели пищевой ценности и функционально-технологических свойств гороха, нута и чечевицы как сырья для безглютеновых продуктов  
**Table 1.** Quantitative indicators of nutritional value and functional-technological properties of pea, chickpea and lentil as raw materials for gluten-free products

| Показатель                                | Горох                                                                                                                                        | Нут                                                                                                                     | Чечевица                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Содержание белка, %                       | 24,1-28,4 [8, 9, 15, 16]                                                                                                                     | 23,4; до 30,0 в нутовой муке [8, 9, 17]                                                                                 | 23,1-23,8 [19-21]                                                                                                                                          |
| Содержание пищевых волокон, %             | 5,4-7,0 [8, 9]                                                                                                                               | 6,1-6,8 [8, 17]                                                                                                         | 3,6-3,9 [19, 21]                                                                                                                                           |
| Антиоксидантная активность                | 108,9 мг/100 г [15]                                                                                                                          | Данные представлены как значимые за счёт наличия биоактивных соединений, пептидов и полифенолов [8, 9, 14]              | 42 мг/100 г [15]                                                                                                                                           |
| Технологически значимая форма ингредиента | Мука, ферментированная мука, белковые продукты [10, 11, 16]                                                                                  | Мука, водные экстракты, аквафаба [6, 14, 12, 17, 18, 26]                                                                | Мука, пророщенное зерно, экструдаты, аквафаба [19-22]                                                                                                      |
| Значимые режимы обработки                 | Лактоферментация 24-48 ч [16]                                                                                                                | Ультразвук 200 Вт, 30 мин + протеаза 1%, 55°C, 60 мин, pH 8,0–8,5 [26]                                                  | Экструзия 3 МПа, 10-15 с, $120 \pm 1$ °C / $158 \pm 1$ °C; проращивание 8 суток; получение аквафабы при соотношении сырья и воды 1:5 в течение 40 мин [19] |
| Количественный эффект обработки           | Пенообразующая способность увеличивается в 2,15-2,22 раза; жиросвязывающая – в 2,87-3,43 раза; перевариваемость белка – на 10,78-11,66% [16] | Экстракт содержит $4,25 \pm 0,07$ мг/мл белка; кратность пены – $5,87 \pm 0,12$ ; устойчивость пены – $83 \pm 2$ % [26] | Содержание танинов снижается: при проращивании – в 3,4-4,1 раза; при экструзии – в 1,68-2,52 раза; при получении аквафабы – в 1,5-1,93 раза [19]           |
| Наиболее перспективное применение         | Белковое и функциональное обогащение безглютеновых мучных систем [9-11, 16]                                                                  | Хлебобулочные, макаронные, эмульсионные и вспененные продукты [6, 12, 14, 17, 18]                                       | Быстрорастворяемые, экструдированные и отдельные хлебопекарные системы; аквафаба [19-22]                                                                   |

Источник: составлено авторами

Использование зернобобового сырья в технологии безглютеновых продуктов целесообразно рассматривать не как замену части рисовой или кукурузной муки, а как инструмент направленного изменения пищевой ценности и функционально-технологических свойств рецептурной системы. Введение гороха, нута и чечевицы позволяет компенсировать дефицит белка и пищевых волокон, улучшить аминокислотный профиль, скорректировать структурно-механические характеристики теста, эмульсий и вспененных систем, а также расширить ассортимент специализированной продукции [8-9]. Практическая эффективность такого подхода определяется видом культуры, формой введения ин-

гредиента, его массовой долей и режимом предварительной обработки.

*Хлебобулочные изделия.* Для этой группы продуктов отсутствие клейковинного каркаса осложняет формирование объёма, пористости, эластичности мякиша и устойчивой структуры теста. Поэтому бобовые ингредиенты рассматриваются не только как источник белка, но и как технологически активная часть композиционной смеси [3, 5-6].

Гороховая мука (особенно ферментированная) представляет интерес для белкового и функционального обогащения мучных систем. Лактоферментация повышает перевариваемость белка, водосвязывающую, жиросвязывающую и пенообразующую способ-

ность ингредиента [16]. Однако при увеличении доли горохового компонента необходимо учитывать риск изменения влажности, плотности, цвета и органолептических характеристик готового изделия.

Для нута более характерно применение в составе многокомпонентных хлебопекарных смесей на основе рисовой и кукурузной муки. Нутовая мука отличается повышенным содержанием белка, липидов и минеральных веществ, что делает её перспективным компонентом хлебобулочных и мучных кондитерских изделий функциональной направленности [17]. Выраженный бобовый привкус нута требует подбора рациональной дозировки и сочетания с другими компонентами, обеспечивающими приемлемый сенсорный профиль.

Чечевичная мука в хлебопекарных системах требует более точного дозирования и технологической оптимизации. Увеличение её доли может сопровождаться изменением цвета, аромата, плотности и текстуры изделия. Эти ограничения особенно значимы для безглютеновых хлебобулочных продуктов, которые изначально склонны к формированию плотного мякиша. Следовательно, чечевичная мука наиболее оправдана в комбинированных рецептурах либо в продуктах, где допустимо формирование более плотной пищевой матрицы.

*Макаронные изделия.* Зернобобовое сырьё представляет значительный интерес и для этой группы продуктов. Важны не только повышение содержания белка, но и улучшение аминокислотной полноценности рецептурной смеси, формоустойчивость, прочность изделий и сохранение удовлетворительных варочных свойств. Наиболее перспективным компонентом является нутовая мука – источник белка и незаменимых аминокислот, прежде всего лизина. Комбинирование рисовой, сорговой или другой безглютеновой основы с нутовой мукой позволяет повысить биологическую ценность макаронных изделий и уменьшить нутритивные ограничения традиционных «gluten-free» рецептур [18, 27]. Данные о разработке высокобелковых безглютеновых макаронных систем также подтверждают перспективность бобовых компонентов [28].

*Аквафаба и водные экстракты.* Наиболее известным сырьём для получения аквафабы является нут, однако технологический потенциал проявляют также отвары чечевицы и гороха [14, 23]. Аквафаба содержит растворимые белки, полисахариды и другие компоненты, способные обеспечивать пенообразование, эмульгирование, структурообразование и стабилизацию пищевых систем [12-14]. Благодаря этому она может использоваться в десертных, кондитерских, эмульсионных и вспененных продуктах, где требуется частичная или полная замена яичного белка. Для безглютеновых технологий аквафаба имеет особое значение, так как позволяет одновременно решать задачи структурообразования, стабилизации пены или эмульсии и расширения ассортимента продуктов для потребителей со специальными пищевыми ограничениями. Исследования подтверждают возможность применения аквафабы в безъяичных и безглютеновых кондитерских системах, где она участвует в формировании пористой структуры и может частично заменять яичный белок [24]. Вместе с тем аквафабу нельзя рассматривать как универсальный заменитель животного белка: её эффективность зависит от вида бобового сырья, концентрации сухих веществ, способа получения и состава конкретной рецептурной системы [12-14].

*Быстрорастворяемые, экструдированные и концентрированные продукты.* Чечевица и горох представляют интерес для этой группы. Для чечевицы направление особенно перспективно благодаря возможности получения полуфабрикатов с пониженным содержанием танинов после проращивания, экструзии или получения водных экстрактов [19]. Такие свойства делают чечевицу сырьём для сухих смесей, супов, каш, концентратов и экструдированных «gluten-free» продуктов. Горох в подобных системах может использоваться для увеличения содержания белка или в форме предварительно ферментированной муки, обладающей улучшенными функционально-технологическими характеристиками [9, 16]. Таким образом, использование зернобобового сырья в безглютеновых продуктах должно строиться на дифференцированном выборе культуры и формы ингредиента (табл. 2).

**Таблица 2.** Основные направления использования зернобобового сырья  
в технологии безглютеновых продуктов

**Table 2.** Main directions for the use of legume raw materials in gluten-free product technology

| Группа безглютеновых продуктов            | Наиболее перспективное сырьё          | Форма введения                                                             | Технологическая задача                                                                                |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Хлебобулочные изделия                     | Горох, нут, чечевица                  | Мука, ферментированная мука из пророщенного зерно, композиционные смеси    | Повышение белковой ценности, улучшение структуры теста и мякиша, повышение пищевой плотности          |
| Макаронные изделия                        | Нут, зернобобовые белковые компоненты | Нутовая мука в составе рисовых, сорговых и других безглютеновых композиций | Повышение содержания белка, улучшение аминокислотного профиля, формоустойчивости и пищевой ценности   |
| Мучные кондитерские изделия               | Нут, горох, чечевица                  | Мука, аквафаба, водные экстракты                                           | Коррекция структуры, частичная замена яичного белка, повышение функциональности рецептуры             |
| Вспененные десертные продукты             | Нут, чечевица, горох                  | Аквафаба, водные экстракты                                                 | Формирование и стабилизация пены, замена или частичная замена яичного белка                           |
| Эмульсионные продукты                     | Нут, горох                            | Аквафаба, белковые и водные экстракты                                      | Стабилизация эмульсии, повышение поверхностной активности белковых компонентов                        |
| Быстрорастворяемые продукты и концентраты | Чечевица, горох                       | Пророщенное зерно, экструдаты, мука                                        | Сокращение времени приготовления, повышение пищевой ценности, снижение антипитательной нагрузки       |
| Экструдированные продукты                 | Чечевица, нут, горох                  | Экструдированные полуфабрикаты, экструдированная мука                      | Формирование стабильной структуры, повышение технологичности сырья, снижение антипитательных факторов |

Источник: составлено авторами

Применение гороха, нута и чечевицы в технологии безглютеновых продуктов требует обязательного учёта антипитательных факторов, поскольку именно они во многих случаях ограничивают реализацию высокого белкового и минерального потенциала зернобобового сырья.

К числу наиболее значимых относятся фитаты, танины, ингибиторы протеаз, лектины и олигосахариды раффинозного ряда. Их негативное действие проявляется по-разному: фитаты связывают кальций, железо, цинк и магний, снижая биодоступность минеральных веществ; танины образуют комплексы с белками и ухудшают их перевариваемость; ингибиторы протеаз и лектины могут снижать пищевую безопасность и усвояемость компонентов сырья; олигосахариды раффинозного ряда ухудшают пищеварительную переносимость продукта [9, 22, 25].

Для безглютеновых продуктов проблема антипитательных факторов имеет особое значение. Такие изделия нередко характеризуются ограниченной минеральной плотностью и пониженным содержанием белка по сравнению с традиционными продуктами из пше-

ничной муки [1-3]. Поэтому включение зернобобового сырья без предварительной обработки может не полностью решить задачу нутритивного обогащения, если содержащиеся в нём белки и минеральные вещества остаются недостаточно доступными. Следовательно, повышение биодоступности нутриентов гороха, нута и чечевицы следует рассматривать как обязательный этап технологического проектирования специализированных безглютеновых продуктов.

Наиболее распространённые способы снижения антипитательных факторов: замачивание, проращивание, гидротермическая обработка, ферментация, ферментативная обработка, ультразвуковое воздействие и экструзия [22, 25]. Их эффективность зависит от природы антипитательного соединения, вида культуры, продолжительности обработки, температуры, pH среды и формы последующего использования ингредиента.

Технологическая ценность этих методов заключается не только в снижении содержания нежелательных компонентов, но и в изменении функционально-технологических

свойств сырья: растворимости белков, водосвязывающей, жиросвязывающей, эмульгирующей и пенообразующей способности (табл. 3) [10, 11, 14, 16, 26].

Для гороха в литературе приведены данные об эффективности как простых, так и биотехнологических способов обработки. Установлено, что эффективность обработки зернобобового сырья зависит от вида культуры и целевого технологического результата (табл. 4).

После замачивания в течение 6-18 ч содержание лектинов снижается на 38-50%, танинов – на 13-25%, ингибиторов протеаз – на 28-30%. После 12-часового замачивания содержание фитатов может уменьшаться до 9% от исходного уровня.

Кипячение гороха в течение 80 мин обеспечивает снижение ингибиторов протеаз на 70%, лектинов – на 79%, танинов – на 69% [25]. Наибольший технологический интерес представляет лактоферментация гороховой муки, поскольку она позволяет одновременно повысить перевариваемость белка и изменить функционально-технологические

свойства ингредиента. При ферментации в течение 24-48 ч общая перевариваемость белка возрастала с  $(83,13 \pm 0,14)$  до  $(92,82 \pm 0,11)$ – $(92,09 \pm 0,13)\%$ , а биологическая ценность белка – с 73,15 до 81,68-81,96 [16].

Для нута значимы методы, направленные как на снижение антипитательных веществ, так и на повышение функциональной активности белковых экстрактов. Замачивание семян нута снижает содержание танинов, а проращивание и ферментация способствуют деградации фитатов, ингибиторов протеаз и раффинозы [22, 25]. Особое значение имеет комбинированная физико-ферментативная обработка нуттовых экстрактов. При использовании ультразвука мощностью 200 Вт в течение 30 мин с последующим гидролизом протеазой в дозировке 1% при 55°C в течение 60 мин и pH 8,0-8,5 получен экстракт с содержанием белка  $(4,25 \pm 0,07)$  мг/мл, кратностью пены  $(5,87 \pm 0,12)$  и устойчивостью пены  $(83 \pm 2)\%$  [26]. Это подтверждает возможность получения из нута функционального ингредиента для вспененных и эмульсионных систем.

**Таблица 3.** Основные антипитательные факторы зернобобового сырья и их технологическое значение для безглютеновых продуктов

**Table 3.** Main antinutritional factors of legume raw materials and their technological significance for gluten-free products

| Антипитательный фактор                               | Основное негативное действие                                                                         | Технологически значимые последствия для безглютеновых продуктов                                                       | Способы снижения                                                                              |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Фитаты                                               | Связывают Fe, Zn, Ca, Mg; снижают биодоступность минеральных веществ                                 | Ограничивают нутритивную ценность продукта, особенно при дефиците минеральных веществ в базовой безглютеновой матрице | Замачивание, проращивание, ферментация, обработка фитазами [9, 22, 25]                        |
| Танины                                               | Образуют комплексы с белками; снижают перевариваемость белка; могут придавать вяжущий вкус           | Ухудшают белковую доступность, могут вызывать потемнение мякиша и изменение органолептических характеристик           | Проращивание, экструзия, гидротермическая обработка, получение водных экстрактов [19, 22, 25] |
| Ингибиторы протеаз                                   | Подавляют активность пищеварительных ферментов                                                       | Снижают перевариваемость белка и биологическую ценность продукта                                                      | Проращивание, ферментация, ферментативная и тепловая обработка [9, 22, 25]                    |
| Лектины                                              | Обладают антипищевым действием; могут снижать усвояемость компонентов сырья                          | Ограничивают пищевую безопасность и технологическую пригодность недостаточно обработанного сырья                      | Замачивание с последующей варкой, тепловая и комбинированная обработка [22, 25]               |
| Олигосахариды раффинозного ряда                      | Могут вызывать нежелательные эффекты со стороны желудочно-кишечного тракта                           | Снижают потребительскую приемлемость продуктов с повышенной долей зернобобового сырья                                 | Замачивание, проращивание, ферментация, обработка $\alpha$ -галактозидазами [9, 22, 25]       |
| Белково-полисахаридные и минерал-связанные комплексы | Ограничивают доступность белков и минеральных веществ; снижают функциональную активность ингредиента | Ухудшают растворимость, пенообразование, эмульгирование и структурообразование                                        | Ферментация, ферментативная, ультразвуковая и комбинированная обработка [9-11, 16, 26]        |

Источник: составлено авторами

**Таблица 4.** Режимы обработки зернобобового сырья и количественный эффект снижения антипитательных факторов

**Table 4.** Processing conditions for legume raw materials and quantitative effect of reducing antinutritional factors

| Сырьё / объект                     | Метод обработки                           | Режим обработки                                                                                     | Снижаемые антипитательные факторы                                                                | Количественный эффект                                                                                                                                                                    | Практически значимый результат                                                                 |
|------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Горох                              | Замачивание                               | 6-18 ч                                                                                              | Лектины, танины, ингибиторы протеаз                                                              | Снижение лектинов на 38-50%, танинов на 13-25%, ингибиторов протеаз на 28-30% [25]                                                                                                       | Частичное снижение антипитательной нагрузки; подготовка сырья к дальнейшей переработке         |
|                                    |                                           | 12 ч                                                                                                | Фитаты                                                                                           | Снижение до 9 % от исходного уровня [25]                                                                                                                                                 | Повышение потенциальной биодоступности минеральных веществ                                     |
|                                    | Кипячение                                 | 80 мин                                                                                              | Лектины, танины, ингибиторы протеаз                                                              | Снижение лектинов на 79 %, танинов на 69 %, ингибиторов протеаз на 70 % [25]                                                                                                             | Существенное снижение антипитательного действия при гидротермической обработке                 |
| Гороховая мука                     | Лактоферментация                          | 24-48 ч                                                                                             | Белково-связанные комплексы и факторы, ограничивающие перевариваемость белка                     | Общая перевариваемость белка возрастает с $83,13 \pm 0,14$ до $92,82 \pm 0,11$ % через 24 ч и до $92,09 \pm 0,13$ % через 48 ч; биологическая ценность – с $73,15$ до $81,68-81,96$ [16] | Одновременное повышение усвояемости белка и функционально-технологических свойств муки         |
| Нут                                | Замачивание                               | По данным источников                                                                                | Танины и водорастворимые антипитательные вещества                                                | Снижение содержания танинов; частичное удаление водорастворимых компонентов [25]                                                                                                         | Ослабление фенольной нагрузки сырья и подготовка к дальнейшей обработке                        |
| Нут и другие зернобобовые культуры | Проращивание                              | По данным обзорных источников                                                                       | Фитаты, ингибиторы протеаз, лектины                                                              | Снижение фитатов на 37–81 %; уменьшение содержания ряда антипитательных компонентов [22, 25]                                                                                             | Повышение биодоступности минеральных веществ и белков                                          |
| Нутовый экстракт                   | Ультразвуковая и ферментативная обработка | Ультразвук 200 Вт, 30 мин; протеаза 1%; 55°C; 60 мин; pH 8,0-8,5                                    | Белково-полисахаридные комплексы, ограничивающие растворимость и поверхностную активность белков | Белок – $4,25 \pm 0,07$ мг/мл; кратность пены – $5,87 \pm 0,12$ ; устойчивость пены – $83 \pm 2\%$ [26]                                                                                  | Получение экстракта, пригодного для замены яичного белка во вспененных и эмульсионных системах |
| Чечевица                           | Экструзия                                 | 3 МПа; 10-15 с; $120 \pm 1^\circ\text{C}$ в предматричной зоне; $158 \pm 1^\circ\text{C}$ на выходе | Танины                                                                                           | КДЦ «Кермит»: $0,58 \pm 0,003 \rightarrow 0,23 \pm 0,002\%$ ; «Орловская краснозерная»: $0,37 \pm 0,002 \rightarrow 0,22 \pm 0,002\%$ ; снижение в 1,68-2,52 раза [19]                   | Снижение содержания дубильных веществ при сохранении технологичности полуфабриката             |
|                                    | Проращивание                              | 8 суток                                                                                             |                                                                                                  | КДЦ «Кермит»: $0,58 \pm 0,003 \rightarrow 0,14 \pm 0,001\%$ ; «Орловская краснозерная»: $0,37 \pm 0,002 \rightarrow 0,11 \pm 0,001\%$ ; снижение в 3,4-4,1 раза [19]                     | Наиболее выраженное снижение содержания танинов                                                |
|                                    | Получение аквафабы                        | Уваривание в воде при соотношении 1:5 в течение 40 мин                                              |                                                                                                  | КДЦ «Кермит»: $0,023 \pm 0,001\%$ ; «Орловская краснозерная»: $0,019 \pm 0,001\%$ ; в пересчёте на сухое вещество снижение в 1,5-1,93 раза [19]                                          | Получение функционального водного экстракта с пониженным содержанием дубильных веществ         |

Для чечевицы наиболее подробно представлены данные о снижении содержания танинов. В исследовании сортов «КДЦ Кермит» и «Орловская краснозерная» исходное содержание танинов составляло  $(0,58 \pm 0,003)\%$  и  $(0,37 \pm 0,002)\%$  соответственно. После экструзии при давлении 3 МПа, продолжительности 10-15 с, температуре  $(120 \pm 1)^\circ\text{C}$  в предматричной зоне и  $(158 \pm 1)^\circ\text{C}$  на выходе содержание танинов снижалось до  $(0,23 \pm 0,002)\%$  и  $(0,22 \pm 0,002)\%$  (в 2,52 и 1,68 раза). После проращивания в течение 8 суток содержание танинов уменьшалось до  $(0,14 \pm 0,001)\%$  и  $(0,11 \pm 0,001)\%$  (снижение в 4,1 и 3,4 раза). При получении чечевичной аквафабы путём уваривания в воде при соотношении 1:5 в течение 40 мин содержание танинов в суспензии составляло  $(0,023 \pm 0,001)\%$  и  $(0,019 \pm 0,001)\%$ ; в пересчёте на сухое вещество это соответствовало снижению в 1,5-1,93 раза по сравнению с нативным сырьём [19].

**Заключение.** Горох, нут и чечевица представляют собой перспективную группу зернобобового сырья для технологии безглютеновых продуктов, позволяющую решить ключевую проблему традиционных «gluten-free» рецептов – недостаточную пищевую плотность (дефицит белка, пищевых волокон и микронутриентов).

Рассматриваемые культуры обладают не одинаковой, а взаимодополняющей технологической направленностью. Горох наиболее целесообразен для белкового и функционального обогащения мучных систем (особенно в ферментированном виде). Нут представляет интерес для хлебобулочных, макаронных, эмульсионных и вспененных продуктов. Чечевица перспективна для быстрорастворимых, экструдированных и отдельных хлебопекарных систем, а также для получения водных экстрактов и аквафабы.

Эффективность применения зернобобового сырья определяется не только видом культуры, но и формой введения ингредиента (мука, ферментированные полуфабри-

каты, экструдаты, пророщенное зерно, аквафаба и др.). Их использование следует рассматривать как инструмент направленного проектирования пищевой системы с заданными нутритивными и структурно-механическими характеристиками.

Обязательным условием является снижение антипитательной нагрузки (фитаты, танины, ингибиторы протеаз, лектины, олигосахариды), так как эти факторы ограничивают биодоступность белка и минеральных веществ. Предварительная обработка (замачивание, проращивание, ферментация, ультразвук, экструзия и др.) – необходимый элемент технологии безглютеновых продуктов.

*Научная новизна* работы заключается в сравнительной систематизации данных о пищевой ценности, функционально-технологических свойствах, рецептурных возможностях и способах снижения антипитательных факторов гороха, нута и чечевицы применительно к технологии безглютеновых продуктов, что позволяет рассматривать их не разрозненно, а как группу взаимодополняющих ингредиентов.

*Практическая значимость* состоит в возможности использования обобщённых данных при разработке рецептов безглютеновых хлебобулочных, макаронных, эмульсионных, десертных, вспененных, экструдированных и быстрорастворимых продуктов – для обоснованного выбора вида сырья, формы ингредиента, дозировки и способа предварительной обработки.

*Перспективы дальнейших исследований* – экспериментальная проверка комбинированных безглютеновых систем с модифицированными ингредиентами из гороха, нута и чечевицы, включая оценку пищевой ценности, аминокислотного состава, перевариваемости белка, биодоступности минеральных веществ, текстурных характеристик, органолептической приемлемости и стабильности качества при хранении.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

## CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Gažarová M., Lenártová P., Struharňanská L. Nutritional value of gluten-free products using the front-of-pack labeling Nutri-Score // *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. 2023. Vol. 74, No. 4. P. 363-371. DOI: 10.32394/rpzh.2023.0277. EDN: ICAEEK.
2. Determination and Comparison of Fat and Fibre Contents in Gluten-Free and Gluten-Containing Flours and Breads: Nutritional Implications / González M.P. [et al.] // *Foods*. 2025. Vol. 14, No. 5, Art. 894. DOI: 10.3390/foods14050894. EDN: TQHQB.
3. Modernising gluten-free bread: functional fortification strategies and the pivotal role of sourdough in quality enhancement / Plessas S. [et al.] // *Translational Food Sciences*. 2025. Article vxaf020. DOI: 10.1093/trfood/vxaf020. EDN: OSGWEF.
4. Орлова Т.В., Кудинов П.И. Разработка рецептуры и технологии производства хлеба на основе безглютеновых мучных смесей // *Ползуновский вестник*. 2020. № 2. С. 50-57. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.010. EDN: PRESHG.
5. An integrated instrumental and sensory techniques for assessing liking, softness and emotional related of gluten-free bread based on blended rice and bean flour / Aguiar E.V. [et al.] // *Food Research International*. 2022. Vol. 154. Art. 110999. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.110999. EDN: JEHRPJ.
6. Impact of Sourdough from a Commercial Starter Culture on Quality Characteristics and Shelf Life of Gluten-Free Rice Breads Supplemented with Chickpea Flour / Keramari S. [et al.] // *Foods*. 2024. Vol. 13, No. 14, Art. 2300. DOI: 10.3390/foods13142300. EDN: AXKNTS.
7. Бобовые культуры – перспективное сырьё для пищевой промышленности / Божко С.Д. [и др.] // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2020. № 2. С. 59-64. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10043. EDN: JLCJTW.
8. Application of legumes in the formulation of gluten-free foods: functional, nutritional and nutraceutical importance / Imam Y.T. [et al.] // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2024. Vol. 8. Article 1251760. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1251760. EDN: GNVESW.
9. Aghababaei F., McClements D.J., Hadidi M. Strategies to overcome nutritional and technological limitations of pulse proteins // *Future Foods*. 2025. Vol. 11, Art. 100624. DOI: 10.1016/j.fufo.2025.100624. EDN: OMGDQB.
10. Куликов Д.С., Аксенова Л.М., Самойлова А.М. Функционально-технологические свойства белковых продуктов из зернобобовых культур и их модификация под влиянием различных факторов. Ч. 1 // *Пищевая промышленность*. 2024. № 3. С. 20-25. DOI: 10.52653/PPI.2024.3.3.004. EDN: PDLFCY.
11. Куликов Д.С., Королев А.А. Функционально-технологические свойства белковых продуктов из зернобобовых культур и их модификация под влиянием различных факторов. Ч. 2 // *Пищевая промышленность*. 2024. № 8. С. 35-44. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.007. EDN: VJNLUC.
12. Tufaro D., Capra C. Chickpea cooking water (Aqua faba): Technological properties and application in a model confectionery product // *Food Hydrocolloids*. 2023. Vol. 136, Art. 108231. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2022.108231. EDN: JRHANW.
13. The Potential of Aqua faba as a Structure-Shaping Additive in Plant-Derived Food Technology / Stasiak J. [et al.] // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, No. 7. Article 4122. DOI: 10.3390/app13074122. EDN: SLRTPV.
14. Chickpea aquafaba: a systematic review of the different processes for obtaining and their nutritional and technological characteristics / de Barros Miranda B. [et al.] // *Journal of Food Science and Technology*. 2024. Vol. 61. P. 1439-1456. DOI: 10.1007/s13197-023-05920-y. EDN: JWWTZD.
15. Перфилова О.В., Родина З.Ю. Гороховая мука с позиции антиоксидантной ценности // *Наука и образование*. 2023. Т. 6, № 4. EDN: MPAWAY.
16. Модификация белков гороховой муки с использованием нового штамма молочнокислых бактерий / Куликов Д.С. [и др.] // *Ползуновский вестник*. 2025. № 3. С. 72-78. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.03.012. EDN: DZQNIP.

17. Исследование качественных показателей муки из нута, кукурузы и риса / Арютюнова Г.Ю. [и др.] // Новые технологии. 2024. Т. 20, № 1. С. 14-25. DOI: 10.47370/2072-0920-2024-20-1-14-25. EDN: FPMAFU.
18. Innovative Gluten-Free Fusilli Noodle Formulation: Leveraging Extruded Japanese Rice and Chickpea Flours / Fernandes S.S. [et al.] // Foods. 2025. Vol. 14, No. 14, Art. 2524. DOI: 10.3390/foods14142524. EDN: OKUJWI.
19. Антипитательные факторы зернобобовых культур: качественный и количественный анализ танинов в чечевице и продуктах ее переработки / Плотников В.Е. [и др.] // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87, № 3. С. 141-152. DOI: 10.20914/2310-1202-2025-3-141-152. EDN: ZCLVTS.
20. Flaxseed and sprouted lentil seeds as functional ingredients in the development of nutritionally fortified «clean-label» gluten-free breads / Papagianni E. [et al.] // Food Hydrocolloids for Health. 2023. Vol. 4, Art. 100165. DOI: 10.1016/j.fhfh.2023.100165. EDN: WFXNQQ.
21. Öncel B., Özer M.S. Elucidation of technological, functional, sensory properties and aroma profiles of gluten-free breads enriched with lentil flour // Journal of Food Measurement and Characterization. 2025. Vol. 19. P. 1969-1980. DOI: 10.1007/s11694-024-03088-3. EDN: PVKYGW.
22. The Effect of Germination on Antinutritional Components, In Vitro Starch and Protein Digestibility, Content, and Bioaccessibility of Phenolics and Antioxidants of Some Pulses / Tuncel N.Y. [et al.] // Food Science & Nutrition. 2025. Vol. 13, No. 5, Art. e70103. DOI: 10.1002/fsn3.70103. EDN: LUCPWR.
23. Анализ содержания сухих веществ, белка и титруемой кислотности в отварах бобовых / Макарова Н.В. [и др.] // Индустрия питания = Food Industry. 2021. Т. 6, № 3. С. 51-57. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-6. EDN: GUMPET.
24. Investigating the potential of using aquafaba in eggless gluten-free cake production by multicriteria decision-making approach / Yazıcı G.N. [et al.] // Journal of Food Measurement and Characterization. 2023. Vol. 17. P. 5759-5776. DOI: 10.1007/s11694-023-02077-2. EDN: BVLFFV.
25. Cheng S., Langrish T.A.G. A Review of the Treatments to Reduce Anti-Nutritional Factors and Fluidized Bed Drying of Pulses // Foods. 2025. Vol. 14, No. 4, Art. 681. DOI: 10.3390/foods14040681. EDN: SHLNSS.
26. Клименко А.А., Барсукова Н.В. Оценка методов модификации пенообразующих свойств экстрактов нута // Процессы и аппараты пищевых производств. 2025. Т. 18, № 4. С. 26-35. DOI: 10.17586/2310-1164-2025-18-4-26-35. EDN: URQSRH.
27. Абуова А.Б., Муслимов Н.Ж., Кабылда А.И. Показатели качества и безопасности нетрадиционных видов муки для производства безглютеновых макаронных изделий // Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 3. С. 40-55. DOI: 10.36107/spfp.2022.345. EDN: KYBMKK.
28. Development and quality evaluation of high-protein gluten-free pasta formulations / Mostafa S. [et al.] // Scientific Reports. 2025. Vol. 1, Art. 12336. DOI: 10.1038/s41598-025-12336-5. EDN: XSICPF.
29. Иванова Д.А., Тарабанова Е.В. Разработка рецептур функциональных мучных кондитерских изделий с использованием альтернативных белковых компонентов // Вестник МГТУ. 2025. Т. 28, № 2. С. 164-174. DOI: 10.21443/1560-9278-2025-28-2-164-174. EDN: TBLCQY.
30. Резниченко И.Ю., Мирошина Т.А. Современные виды безглютенового сырья: перспективы применения в технологии мучных кондитерских изделий // Вестник КрасГАУ. 2024. № 6. С. 212-219. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-212-219. EDN: YZCTZV.

## REFERENCES

1. Gažarová M., Lenártová P., Struharňanská L. Nutritional value of gluten-free products using the front-of-pack labeling Nutri-Score // Roczniki Państwowego Zakładu Higieny. 2023. Vol. 74, No. 4. P. 363-371. DOI: 10.32394/rpzh.2023.0277. EDN: ICAEEK.
2. Determination and Comparison of Fat and Fibre Contents in Gluten-Free and Gluten-Containing Flours and Breads: Nutritional Implications / González M.P. [et al.] // Foods. 2025. Vol. 14, No. 5, Art. 894. DOI: 10.3390/foods14050894. EDN: TQHQBE.
3. Modernising gluten-free bread: functional fortification strategies and the pivotal role of sourdough in quality enhancement / Plessas S. [et al.] // Translational Food Sciences. 2025. Article vxaf020. DOI: 10.1093/trfood/vxaf020. EDN: OSGWEF.

4. Orlova T.V., Kudinov P.I. Development of a recipe and technology for the production of bread based on gluten-free flour mixtures // *Polzunovsky Bulletin*. 2020. No. 2. P. 50-57. Doi: 10.25712/astu.2072-8921.2020.02.010. EDN: PRESHG. [In Russ.]
5. An integrated instrumental and sensory techniques for assessing liking, softness and emotional related of gluten-free bread based on blended rice and bean flour / Aguiar E.V. [et al.] // *Food Research International*. 2022. Vol. 154, Art. 110999. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.110999. EDN: JEHRPJ.
6. Impact of Sourdough from a Commercial Starter Culture on Quality Characteristics and Shelf Life of Gluten-Free Rice Breads Supplemented with Chickpea Flour / Keramari S. [et al.] // *Foods*. 2024. Vol. 13, No. 14, Art. 2300. DOI: 10.3390/foods13142300. EDN: AXKNTS.
7. Legumes – promising raw materials for the food industry / Bozhko S.D. [et al.] // *Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products*. 2020. NO. 2. P. 59-64. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10043. EDN: JLCJTW. [In Russ.]
8. Application of legumes in the formulation of gluten-free foods: functional, nutritional and nutraceutical importance / Imam Y.T. [et al.] // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2024. Vol. 8, Art. 1251760. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1251760. EDN: GNVESW.
9. Aghababaei F., McClements D.J., Hadidi M. Strategies to overcome nutritional and technological limitations of pulse proteins // *Future Foods*. 2025. Vol. 11, Art. 100624. DOI: 10.1016/j.fufo.2025.100624. EDN: OMGDQB.
10. Kulikov D.S., Aksenova L.M., Samoylova A.M. Functional and technological properties of protein products from leguminous crops and their modification under the influence of various factors. Part 1 // *Food industry*. 2024. No. 3. P. 20-25. DOI: 10.52653/PPI.2024.3.3.004. EDN: PDLFCY. [In Russ.]
11. Kulikov D.S., Korolev A.A. Functional and technological properties of protein products from leguminous crops and their modification under the influence of various factors. Part 2 // *Food industry*. 2024. No. 8. P. 35-44. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.007. EDN: VJNLUC. [In Russ.]
12. Tufaro D., Cappa C. Chickpea cooking water (Aquafaba): Technological properties and application in a model confectionery product // *Food Hydrocolloids*. 2023. Vol. 136, Art. 108231. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2022.108231. EDN: JRHAHW.
13. The Potential of Aquafaba as a Structure-Shaping Additive in Plant-Derived Food Technology / Stasiak J. [et al.] // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, No. 7, Art. 4122. DOI: 10.3390/app13074122. EDN: SLRTPV.
14. Chickpea aquafaba: a systematic review of the different processes for obtaining and their nutritional and technological characteristics / de Barros Miranda B. [et al.] // *Journal of Food Science and Technology*. 2024. Vol. 61. P. 1439-1456. DOI: 10.1007/s13197-023-05920-y. EDN: JWWTZD.
15. Perfilova O.V., Rodina Z.Yu. Pea flour from the standpoint of antioxidant value // *Science and education*. 2023. Vol. 6, No. 4. EDN: MPAWAY. [In Russ.]
16. Modification of pea flour proteins using a new strain of lactic acid bacteria / Kulikov D.S. [et al.] // *Polzunovsky Vestnik*. 2025. No. 3. P. 72-78. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.03.012. EDN: DZQNIP. [In Russ.]
17. Study of quality indicators of chickpea, corn and rice flour / Arutyunova G.Yu. [et al.] // *New technologies*. 2024. Vol. 20, No. 1. P. 14-25. DOI: 10.47370/2072-0920-2024-20-1-14-25. EDN: FPMAFU. [In Russ.]
18. Innovative Gluten-Free Fusilli Noodle Formulation: Leveraging Extruded Japanese Rice and Chickpea Flours / Fernandes S.S. [et al.] // *Foods*. 2025. Vol. 14, No. 14, Art. 2524. DOI: 10.3390/foods14142524. EDN: OKUJWI.
19. Anti-nutritional factors of grain legumes: qualitative and quantitative analysis of tannins in lentils and their processed products / Plotnikov V.E. [et al.] // *Vestnik VSUET*. 2025. Vol. 87, No. 3. P. 141-152. DOI: 10.20914/2310-1202-2025-3-141-152. EDN: ZCLVTS. [In Russ.]
20. Flaxseed and sprouted lentil seeds as functional ingredients in the development of nutritionally fortified «clean-label» gluten-free breads / Papagianni E. [et al.] // *Food Hydrocolloids for Health*. 2023. Vol. 4, Art. 100165. DOI: 10.1016/j.fhfh.2023.100165. EDN: WFXNQQ.
21. Öncel B., Özer M.S. Elucidation of technological, functional, sensory properties and aroma profiles of gluten-free breads enriched with lentil flour // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2025. Vol. 19. P. 1969-1980. DOI: 10.1007/s11694-024-03088-3. EDN: PVKYGW.

22. The Effect of Germination on Antinutritional Components, In Vitro Starch and Protein Digestibility, Content, and Bioaccessibility of Phenolics and Antioxidants of Some Pulses / Tuncel N.Y. [et al.] // Food Science & Nutrition. 2025. Vol. 13, No. 5, Art. 70103. DOI: 10.1002/fsn3.70103. EDN: LUCPWR.
23. Analysis of dry matter, protein, and titratable acidity content in legume decoctions / Makarova N.V. [et al.] // Food Industry. 2021. Vol. 6, No. 3. P. 51-57. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-6. EDN: GUMPET. [In Russ.]
24. Investigating the potential of using aquafaba in eggless, gluten-free cake production by multicriteria decision-making approach / Yazıcı G.N. [et al.] // Journal of Food Measurement and Characterization. 2023. Vol. 17. P. 5759-5776. DOI: 10.1007/s11694-023-02077-2. EDN: BVLFFV.
25. Cheng S., Langrish T.A.G. A Review of the Treatments to Reduce Anti-Nutritional Factors and Fluidized Bed Drying of Pulses // Foods. 2025. Vol. 14, No. 4, Art. 681. DOI: 10.3390/foods14040681. EDN: SHLNSS.
26. Klimenko A.A., Barsukova N.V. Evaluation of methods for modifying the foaming properties of chickpea extracts // Processes and equipment for food production. 2025. Vol. 18, No. 4. P. 26-35. DOI: 10.17586/2310-1164-2025-18-4-26-35. EDN: URQSRH. [In Russ.]
27. Abuova A.B., Muslimov N.Zh., Kabylda A.I. Quality and safety indicators of non-traditional types of flour for the production of gluten-free pasta // Storage and processing of agricultural raw materials. 2022. No. 3. P. 40-55. DOI: 10.36107/spfp.2022.345. EDN: KYBMKK. [In Russ.]
28. Development and quality evaluation of high-protein gluten-free pasta formulations / Mostafa S. [et al.] // Scientific Reports. 2025. Vol. 15, Art. 12336. DOI: 10.1038/s41598-025-12336-5. EDN: XSICPF.
29. Ivanova D.A., Tarabanova E.V. Development of recipes for functional flour confectionery products using alternative protein components // Bulletin of Moscow State Technical University. 2025. Vol. 28, No. 2. P. 164-174. DOI: 10.21443/1560-9278-2025-28-2-164-174. EDN: TBLCQY. [In Russ.]
30. Reznichenko I.Yu., Miroshina T.A. Modern types of gluten-free raw materials: prospects for the use in flour confectionery technology // Bulletin of KrasSAU. 2024. No. 6. P. 212-219. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-212-219. EDN: YZCTZV. [In Russ.]

### ***Информация об авторах / Information about the authors***

**Бугаец Наталья Алексеевна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общественного питания и сервиса факультета биотехнологии и пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, Российская Федерация г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, kubanochka23@yandex.ru

**Чимкинова Елена Саналовна**, студентка 3 курса группа 23-ПБ-ТО1 направления подготовки бакалавров 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания», кафедра общественного питания и сервиса факультета биотехнологии и пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, Российская Федерация г. Краснодар, ул. Московская, д. 2

**Суслова Екатерина Александровна**, студентка 3 курса группы 23-ПБ-ТО1 направления подготовки бакалавров 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания», кафедра общественного питания и сервиса факультета биотехнологии и пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, Российская Федерация г. Краснодар, ул. Московская, д. 2

**Natalya A. Bugaets**, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Public Catering and Service, Faculty of Biotechnology and Food Production, Kuban State Technological University; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Moskovskaya St.

**Elena S. Chimkinova**, 3rd-year student, group 23-PB-TO1, Bachelor's degree program 19.03.04 "Product Technology and Organization of Public Catering", the Department of Public Catering and Service, Faculty of Biotechnology and Food Production, Kuban State Technological University; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Moskovskaya St.

**Ekaterina A. Suslova**, 3rd-year student, group 23-PB-TO1, Bachelor's degree program 19.03.04 «Product Technology and Organization of Public Catering», the Department of Public Catering and Service, Faculty of Biotechnology and Food Production, Kuban State Technological University; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Moskovskaya St.

#### **Заявленный вклад авторов**

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

#### **Claimed contribution of the authors**

All authors of the research were directly involved in the planning, execution, and analysis of the research. All authors of the article have reviewed and approved the final version.

Поступила в редакцию 10.04.2026

Поступила после рецензирования 25.05.2026

Принята к публикации 28.05.2026

Received 10.04.2026

Revised 25.05.2026

Accepted 28.05.2026