

Управление сырьевыми инновациями в бродительной промышленности в аспекте расширения потребительского спроса

Ирина П. Богомолова ¹	uopioe@yandex.ru	 0000-0001-5883-1294
Даниил Р. Кулигин ¹	kuligin470@gmail.com	 0009-0007-3133-4467
Александр С. Муравьев ¹	hntrun@mail.ru	 0000-0002-5989-0752

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

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы внедрения инновационных сырьевых решений в бродительной промышленности с целью расширения потребительского спроса. Авторы фокусируются на разработке технологии производства безглютенового пива на основе зерна киноа. Исследование подтверждает наличие устойчивого спроса на продукцию для людей с непереносимостью глютена и показывает, что отечественные пивоваренные предприятия обладают необходимым оборудованием для переработки нового сырья. Пивоварение с использованием киноа демонстрирует высокую социально-экономическую целесообразность, так как готовый продукт отличается высокой пищевой ценностью, уникальным вкусовым профилем и полным отсутствием глютена. Экспериментальная часть работы включает анализ технологического процесса производства пивного солода из киноа, где оптимизированы параметры замачивания, проращивания и сушки зерна. Для компенсации низкой ферментативной активности солода из киноа применяются внешние ферментные препараты. Проведённые физико-химические исследования двух образцов пива (смешанный и полностью безглютеновый вариант) продемонстрировали удовлетворительные органолептические показатели, а содержание глютена в конечном продукте составило менее 20 мг/кг, что соответствует международным стандартам. Анализ рынка выявил рост интереса к безглютеновым продуктам, что создаёт новые ниши для отечественных производителей. Экономические расчёты показали высокую рентабельность инновационного продукта (34%) и короткий срок окупаемости инвестиций (0,5 года). Внедрение этой технологии позволит предприятиям не только диверсифицировать ассортимент, но и повысить конкурентоспособность на внутреннем и международном рынке. Таким образом, использование киноа в пивоварении открывает стратегические перспективы для развития отрасли, отвечая современным трендам здорового питания и устойчивого производства.

Ключевые слова: киноа; инновационное сырьё; производство безглютенового пива; маркетинговое исследование; конкурентоспособность.

Management of raw material innovations in the fermentation industry in the aspect of expanding consumer demand

Irina P. Bogomolova ¹	uopioe@yandex.ru	 0000-0001-5883-1294
Daniil R. Kuligin ¹	kuligin470@gmail.com	 0009-0007-3133-4467
Alexander S. Muravyev ¹	hntrun@mail.ru	 0000-0002-5989-0752

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

Abstract. The article discusses the prospects for the introduction of innovative raw materials solutions in the fermentation industry in order to expand consumer demand. The authors focus on developing a technology for the production of gluten-free beer based on quinoa grains. The study confirms the steady demand for products for people with gluten intolerance and shows that domestic breweries have the necessary equipment for processing new raw materials. Brewing using quinoa demonstrates high socio-economic feasibility, as the finished product is characterized by high nutritional value, a unique flavor profile and a complete absence of gluten. The experimental part of the work includes an analysis of the technological process of beer malt production from quinoa, where the parameters of soaking, germination and drying of grain are optimized. External enzyme preparations are used to compensate for the low enzymatic activity of malt from quinoa. The physico-chemical studies of two beer samples (mixed and completely gluten-free version) demonstrated satisfactory organoleptic characteristics, and the gluten content in the final product was less than 20 mg/kg, which corresponds to international standards. Market analysis revealed a growing interest in gluten-free products, which creates new niches for domestic producers. Economic calculations have shown a high profitability of the innovative product (34%) and a short payback period (0.5 years). The introduction of this technology will allow enterprises not only to diversify their product range, but also to increase their competitiveness in the domestic and international markets. Thus, the use of quinoa in brewing opens up strategic prospects for the development of the industry, responding to modern trends in healthy nutrition and sustainable production.

Keywords: quinoa; innovative raw materials; production of gluten-free beer; marketing research; competitiveness.

Для цитирования

Богомолова И.П., Кулигин Д.Р., Муравьев А.С. Управление сырьевыми инновациями в бродительной промышленности в аспекте расширения потребительского спроса // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 1. С. 64–69. doi:10.20914/2310-1202-2025-1-64-69

For citation

Bogomolova I.P., Kuligin D.R., Muravev A.S. Management of raw material innovations in the fermentation industry in the aspect of expanding consumer demand. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 1. pp. 64–69. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-1-64-69

Введение

Бродильная промышленность сегодня является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей пищевой промышленности. Для удовлетворения постоянно растущего потребительского спроса на инновационные и здоровые продукты предприятия этой отрасли постоянно ищут новые сырьевые и продуктовые решения и технологии [1-2, 5-6]. В последнее время наблюдается значительный рост населения с целиакией или непереносимостью белковой фракции глютена [3]. К категории здоровых продуктов относится и пиво, содержание глютена в котором равно или меньше 20 мг на кг продукта. Для создания безглютенового пива используются различные методы, такие как химическая обработка сырья, фильтрация на фильтр-прессах, использование безглютенового сырья [7].

В процессе исследования применен метод использования безглютенового сырья – киноа. По мнению учёных и практиков, киноа, обладающая высоким содержанием белка, витаминов и минералов, представляет собой ценное растительное сырьё для производства пива. Проведение исследования в данной области является актуальным, так как позволяет расширить ассортимент продукции бродильной промышленности и привлечь новую аудиторию потребителей за счет создания уникального для здоровья продукта.

Цель работы – создание безглютенового пива и анализ стратегических перспектив отрасли для внедрения инновационных подходов в производство и диверсификации ассортимента продукции с целью повышения конкурентоспособности предприятий бродильной отрасли.

Материалы и методы

Для проведения исследования использован комплекс методов, включающий анализ научной литературы, сбор и обработку статистических данных о потребительском спросе на пиво. Изучение технологических процессов производства пива из киноа позволит установить основные тенденции в развитии данного сегмента рынка.

Результаты

Исследование показало, что производство пива из киноа имеет значительный потенциал с целью расширения потребительского спроса на этот вид напитка. В химическом составе киноа присутствует огромное количество макро- и микроэлементов: в 100 г. зерна – 102% дневной нормы марганца, 49% магния, 46% фосфора, 30% меди, 25% железа, 21% цинка, 16% калия,

12% селена, 300 мг Омега-3, Омега-6, витамины группы В, витамин Е, РР, А [1, 12–13]. Пиво из киноа обладает рядом преимуществ, таких как высокая питательная ценность, отсутствие глютена, что необходимо для людей, имеющих целиакию (численность людей на территории России от региона к региону варьируется от 3–6%), а также оно имеет уникальный вкусовой профиль, соответствующий данному сырью. Эти характеристики делают продукт привлекательным для широкой аудитории, включая людей с особыми пищевыми предпочтениями [8].

Технология производства солода из киноа состоит из следующих этапов: первый этап – промывание зерна киноа проточной водой для смывания с поверхности зерен слоя пыли и сапонитов. Второй этап – замачивание, происходит в воде температурой 4–8 °С в течение 24 часов. Третий этап – проращивание, которое ведется при температуре – 4–8 °С в течение 72 часов, периодически перемешивая зерна. Четвертый этап – сушка, проводится при температуре около 60–70 °С до влажности 2–3%. Пятый этап – сушка и отлежка [17–20].

После анализа полученного солода выяснилось, что его ферментативная способность в 40–45 раз меньше, чем в ячменном солоде. Таким образом, приготовление пива из солода из киноа невозможно без внесения ферментов извне.

Для исследования разными методами были приготовлены два образца пивного сусла. Первый образец – 75% солода из киноа и 25% ячменного солода; второй образец – 100% солода из киноа с добавлением ферментного препарата.

Процесс приготовления пивного сусла начинается с дробления исследуемого солода до размеров частиц 0,2–0,4 мм. После готовится затор при гидромодуле 1:4. При приготовлении второго образца добавлялся комплексный ферментный препарат Церемикс Plus MG по норме 0,4 кг/т зернопродуктов.

Далее выдерживаются температурные паузы: белковая пауза при 50–52 °С в течение 15 минут, мальтозная при температуре 60–65 °С в течение 30 минут и пауза осахаривания при температуре 70–72 °С в течение 30 минут. После их прохождения проверяется полнота осахаривания по йодной пробе. Затем производится фильтрация затора и промывание дробины водой. Получается сусло с массовой долей сухих веществ (СВ) – 11–11,5%. Кипятится сусло с хмелем в течение часа. Берутся два сорта хмеля: горький – Magnum (0,35 г/л), который добавляется в начале кипячения и ароматный – Citra (0,18 г/л) – за 10 минут до конца кипячения. Далее сусло охлаждается до температуры 5–10 °С и проводится фильтрация от выпавшего белка. Содержание СВ в сусле – 11,5–12%.

Следующий этап – брожение, для чего использовали пивоваренные лагерные дрожжи W-34/70. Расход дрожжей на 1 л сусла – 0,8 г. Брожение ведется при температуре 6–8 °С до содержания СВ 60% от начальных значений.

Дображивание осуществлялось при температуре 4 °С в течение 3–4 недель, после чего получали готовое нефильтованное пиво [4]. Физико-химические показатели образцов представлены в таблице 1 [16].

Таблица 1.

Физико-химические показатели пива

Table 1.

Physico-chemical parameters of beer

Показатели Indicators	Образец 1 Sample 1	Образец 2 Sample 2
Экстрактивность начального сусла % Extractivity of wort%	11,6	12,1
Видимый экстракт Visible extract	3,11	4,19
Цвет, ед. ц Color, units	11,6	13
Кислотность, ед. к Acidity, units.k	2,5	2,5
pH	4,8	4,8
Объемная доля спирта, % Volume fraction of alcohol, %	4,63	4,53
Содержание глютена, мг/кг Gluten content, mg/kg	270	<20

Примечание: Пиво соответствует ГОСТ 31711–2012 «Пиво. Общие технические условия».

При изучении процессов и разработке линии для производства пива из киноа было выявлено, что в стадии измельчения зерна классическая вальцовая дробилка не подходит из-за присущей ей степени измельчения.

При анализе оборудования для осуществления измельчения солода из растительного сырья было выявлено, что наибольшее распространение получили аппараты вальцовые и молотковые дробилки. Однако вальцовые дробилки имеют недостаток, связанный с размером измельчаемого солода, и поэтому для размера солода из киноа было предложено использовать молотковые дробилки, позволяющие более эффективно проводить процесс измельчения за счет использования молотков вместо вальцов и повысить качественный состав помола, необходимый для процесса затирания [14].

При изучении марок молотковых дробилок было выявлено, что лучшей по показателям состава помола является молотковая дробилка «Multimpact», которая обеспечивает повышение показателя пропускной способности для производства широкого спектра продуктов с эффективными характеристиками размола и гранулированием по размеру частиц – от грубого до мелкого. Большая площадь экрана, ударная пластина, прерыватели потока секционный ротор, кластерные молотки, воздушоструйная конструкция и оптимизированная скорость наконечника обеспечивают высокую производительность при низком выделении тепла.

Аппарат спроектирован для непрерывной работы с большой нагрузкой. Все быстроизнашивающиеся детали изготовлены из износостойкой стали (AR).

Поэтому для производства пива из инновационного сырья необходимо будет заменить или докупить дополнительную дробильную установку.

Исследуя внутренний рынок по продажам пива, можно сказать, что прирост продаж слабоалкогольных напитков в первом квартале 2024 г. составил 8,2% по сравнению с прошлым годом (рисунок 1).

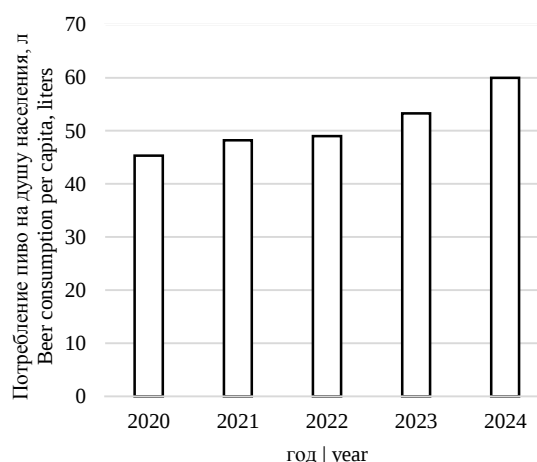


Рисунок 1. Динамика объема потребления пива в России на душу населения

Figure 1. Dynamics of beer consumption in Russia per capita

Данные рисунка свидетельствуют о том, что спрос на данную продукцию возрастает, и с каждым годом динамика увеличения потребления сохраняется.

Результат успешного маркетингового исследования употребления безглютенового пива в России графически представлен на рисунке 2. Оно подтверждает, что доля населения, готовая купить безглютеновое пиво, резко возросла, и на сегодняшний день составляет 23% [10–11].

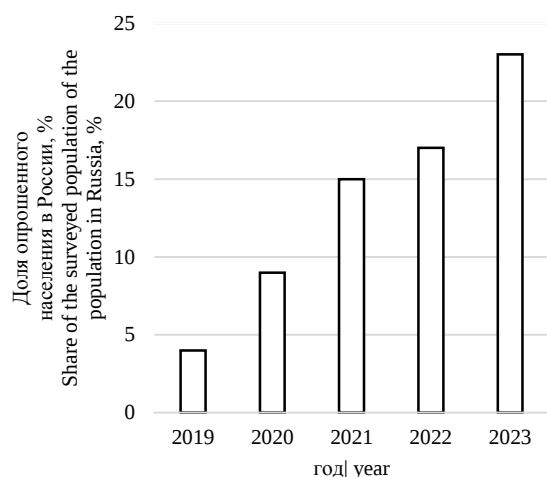


Рисунок 2. Динамика спроса на безглютеновое пиво в России

Figure 2. Dynamics of demand for gluten-free beer in Russia

Действительно, сегодня проблема заболевания целиакией является актуальной, так как растет количество людей, имеющих данное заболевание. Если в 2014 г. таких людей было 3,6%, то сегодня их доля увеличилась более чем в 10 раз [9].

Выполнение расчетной части данного исследования позволяет определить сумму полной себестоимости продукта в размере 290 р. за бутылку 0,5 дм³. Но если оценить стоимость продукта с похожими свойствами, то действительная цена будет значительно больше – 380 р. за бутылку 0,5 дм³. Сравнительный расчет рентабельности продукции показывает, что экономическая эффективность производства продукта с использованием инновационного сырья составляет 34% в сравнении с похожим продуктом конкурента, экономическая эффективность производства составляет 13%.

Таблица 2.

Экономические показатели

Table 2.

Economic indicators

Показатели	Исследуемый продукт «Безглютеновое пиво» Investigated product “Gluten-free beer”	Продукт конкурента с похожими свойствами Competitor's product with similar properties
Полная себестоимость продукта, руб. Total cost of the product, RUB	290	380
Рентабельность продукции, % Product profitability, %	34	13
Срок окупаемости капитальных вложений, годы Payback period of investments, years	0,5	-

Заключение

Проведенный анализ доказывает наличие спроса на продукцию с использованием киноа, необходимое сырье имеется в полном объеме, у пивоваренных предприятий есть необходимое оборудование, которое позволит перерабатывать новое сырье.

Проведенные сравнительные аналитические расчеты подтверждают социально – экономическую целесообразность, необходимость и возможность

внедрения инновационного мероприятия на региональных пивоваренных предприятиях.

Следовательно это открывает стратегические перспективы для отечественных предприятий отрасли, в том числе они могут не только внедрить инновационные подходы и дифференцировать ассортимент продукции, но и повысить свою конкурентоспособность не только на внутреннем, но и на внешнем мировом отраслевом рынке.

Литература

- 1 Абдулаев М.С., Надточий Л.А. Оценка пищевой ценности культуры киноа // Символ науки: международный научный журнал. 2016. №1-2. С. 9 – 11.
- 2 Богомолова И.П., Шатохина Н.М. Диверсификация как инструмент повышения эффективности деятельности предприятий агропродовольственного комплекса России // Островские чтения. 2015. №1. С. 172 – 176.
- 3 Бурак Л.Ч. Перспективы производства пива с функциональными свойствами // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 2. С. 79 – 88.
- 4 Kordialik-Bogacka E., Bogdan P., Pielech-Przybylska K., Michałowska D. Suitability of unmalted quinoa for beer production // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018. V. 98. №. 13. P. 5027-5036.
- 5 Кулигин Д.Р., Чусова А.Е., Новикова И.В., Коротких Е.А. Особенности технологии безглютенового пива с использованием различных штаммов дрожжей. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2024. Т. 86. № 3(101). С. 116-121. doi:10.20914/2310-1202-2024-3-116-121
- 6 Жукова Ю.С. Исторические аспекты развития пивоваренной промышленности в контексте современного состояния отрасли: региональный аспект // Вектор экономики. 2021. № 7. С.14.
- 7 Оводенко Д.В. Инновации в пищевой промышленности: риски и перспективы, развитие производственных компетенций // Естественно-гуманитарные исследования. 2020. №6 (44). С. 230-234.
- 8 Казаджам М.Д. Перспективы использования киноа на Российском рынке // Международная науч. конф. молодых ученых и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук. Москва. 2022. С. 132 – 135.

- 9 Кокорева Л.А., Домрачева К.С. Целиакия как проблема современности // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании: мат. VI междунаrodn. науч. – практ. конф. Екатеринбург, 2019. Изд. – во Урал. гос. экон. ун-та. 2019. С. 63 – 67.
- 10 Мизанбекова С.К., Богомолова И.П. Перспективы использования цифровых и инновационных технологий в управлении конкурентоспособностью предприятий // Техника и технологии пищевых производств. 2020. №2. С. 372 – 382.
- 11 Макаров В.А. Маркетинг и управление спроса на продукты броидильной промышленности // Сибирская научная книга. 2017. 280 с.
- 12 Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года. Министерство сельского хозяйства РФ. 2022. 40 с.
- 13 Antsiferova O. Y., Sutormina E. S., Kolupaev S. V., Petrova L. M. et al. Innovative development of the agro-industrial complex: trends and opportunities of improvement // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. 2022. V. 124. P. 166-174. doi: 10.15405/epsbs.2022.02.21
- 14 Рогожникова О.В., Ансфандьярова И.В. Инновации в сфере пивоварения и оценка качества пива // Неделя науки СПбПУ: Мат. науч. конф. с международным участием. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. 2018. Т. 3. С. 66 – 68.
- 15 Росстат: Продажа алкогольных напитков и пива: офиц. сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru>.
- 16 Федосеева К.В., Агаселимова С.С. Использование альтернативного сырья в производстве пива и его влияние на качество готовой продукции // Актуальные вопросы современных научных исследований: сборник статей IV междунаrodn. науч. – практ. конф. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2023. С. 34 – 39.
- 17 Maldonado-Alvarado P., Pavón-Vargas D. J., Abarca-Robles J., Valencia-Chamorro S. et al. Effect of germination on the nutritional properties, phytic acid content, and phytase activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) // Foods. 2023. V. 12. №. 2. P. 389.
- 18 Guardianelli L. M., Salinas M. V., Brites C., Puppo M. C. Germination of white and red quinoa seeds: improvement of nutritional and functional quality of flours // Foods. 2022. V. 11. №. 20. P. 3272.
- 19 Cela N., Condelli N., Perretti G., Di Cairano M. et al. Gluten reduction in beer: Effect of sorghum: quinoa ratio and protein rest time on brewing parameters and consumer acceptability // Journal of Cereal Science. 2023. V. 109. P. 103607.
- 20 Rapers R., Fisher S. The production of gluten – free beer: Degradation of hordiens during malting and brewing and the application of modern process technology focusing on endogenous malt peptidases // Trends in food science & technology. 2017. V. 67. P. 129–138.

References

- 1 Abdulaev M.S., Nadtochiy L.A. Evaluation of the nutritional value of quinoa culture // Symbol of Science: International Scientific Journal. 2016. pp. 9 -11. (in Russian).
- 2 Bogomolova, I.P., Shatokhina N. M. Diversification as a tool to improve the efficiency of enterprises of the agro-food complex of Russia // Ostrovskie readings. 2015. no. 1. pp. 172 – 176. (in Russian).
- 3 Burak L. Ch. Perspectives of beer production with functional properties // Technologies of food and processing industry AIC – products of healthy nutrition. 2021. no. 2. pp. 79 – 88. (in Russian).
- 4 Kordialik-Bogacka E., Bogdan P., Pielech-Przybylska K., Michałowska D. Suitability of unmalted quinoa for beer production // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018. vol. 98. no. 13. pp. 5027-5036.
- 5 Kuligin D.R., Chusova A.E., Novikova I.V., Korotkov E.A. Features of gluten-free beer technology using various yeast strains // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2024. vol. 86. no. 3(101). pp. 116-121. doi:10.20914/2310-1202-2024-3-116-1 (in Russian).
- 6 Zhukova Yu.S. Historical aspects of the development of the brewing industry in the context of the current state of the industry: a regional aspect // Vector of Economics. 2021. no. 7. pp. 14. (in Russian).
- 7 Ovodenko D.V. Innovations in the food industry: risks and prospects, development of production competencies. Natural sciences and humanities research. 2020. no. 6 (44). pp. 230-234. (in Russian).
- 8 Kazajam M.D. Prospects for the use of quinoa in the Russian market // International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences. Moscow. 2022. pp. 132 – 135. (in Russian).
- 9 Kokoreva L.A., Domracheva K.S. Celiac disease as a problem of our time // Innovative technologies in food industry and catering. Ekaterinburg. 2019. pp. 63 – 67. (in Russian).
- 10 Misanbekova S.K., Bogomolova I.P. Prospects for the use of digital and innovative technologies in the management of competitiveness of enterprises // Technics and technologies of food production. 2020. №2. pp.372 – 382. (in Russian).
- 11 Makarov V.A. Marketing and demand management for fermentation industry products. Siberian scientific book. 2017. 280 p. (in Russian).
- 12 Ministry of Agriculture of the Russian agro-industrial complex. Program of development of the agro-industrial complex of Russia. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. 2022. 40 p. (in Russian).
- 13 Antsiferova O. Y., Sutormina E. S., Kolupaev S. V., Petrova L. M. et al. Innovative development of the agro-industrial complex: trends and opportunities of improvement // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. 2022. vol. 124. pp. 166-174. doi:10.15405/epsbs.2022.02.21
- 14 Rogozhnikova O.V., Ansfondyaroova I.V. Innovation in brewing and beer quality assessment // Week of Science SPbPU: Proceedings of the scientific conference with international participation. St. Petersburg. 2018. vol. 3. pp. 66– 68. (in Russian).
- 15 Rosstat: Sale of alcoholic beverages and beer: official. URL: <https://rosstat.gov.ru> (in Russian).
- 16 Fedoseeva K.V., Agaselimova S.S. The use of alternative raw materials in the production of beer and its impact on the quality of finished products // Actual issues of modern scientific research. Penza. 2023. pp. 34 – 39. (in Russian).
- 17 Maldonado-Alvarado P., Pavón-Vargas D. J., Abarca-Robles J., Valencia-Chamorro S. et al. Effect of germination on the nutritional properties, phytic acid content, and phytase activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) // Foods. 2023. vol. 12. no. 2. pp. 389.

18 Guardianelli L. M., Salinas M. V., Brites C., Puppo M. C. Germination of white and red quinoa seeds: improvement of nutritional and functional quality of flours // Foods. 2022. vol. 11. no. 20. pp. 3272.

19 Cela N., Condelli N., Perretti G., Di Cairano M. et al. Gluten reduction in beer: Effect of sorghum: quinoa ratio and protein rest time on brewing parameters and consumer acceptability // Journal of Cereal Science. 2023. vol. 109. pp. 103607.

20 Rapers R., Fisher S. The production of gluten – free beer: Degradation of hordiens during malting and brewing and the application of modern process technology focusing on endogenous malt peptidases // Trends in food science & technology. 2017. vol. 67. pp. 129–138.

Сведения об авторах

Ирина П. Богомолова д.э.н., профессор, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, uopioe@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5883-1294>

Даниил Р. Кулигин студент, кафедра технологии броидильных и сахарист производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kuligin470@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0007-3133-4467>

Александр С. Муравьев к.т.н., доцент, кафедра машины и аппараты пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hntrun@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5989-0752>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Irina P. Bogomolova Cand. Sci. (Econ.), professor, management, production organization and sectoral economics department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, uopioe@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5883-1294>

Daniil R. Kuligin student, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kuligin470@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0007-3133-4467>

Alexander S. Muravyev Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, food processing machines and apparatuses department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hntrun@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5989-0752>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/02/2025	После редакции 24/02/2025	Принята в печать 06/03/2025
Received 04/02/2025	Accepted in revised 24/02/2025	Accepted 06/03/2025