

Особенности технологии безглютенового пива с использованием различных штаммов дрожжей

Даниил Р. Кулигин	¹	kuligin470@gmail.com	 0009-0007-3133-4467
Алла Е. Чусова	¹	hycovai@mail.ru	 0000-0003-1237-4870
Инна В. Новикова	¹	noviv@list.ru	 0000-0002-2360-5892
Елена А. Коротких	¹	dobruly@bk.ru	 0000-0002-5951-7085
Александр С. Муравьев	¹	hntrun@mail.ru	 0000-0002-5989-0752
Александр С. Левашов	¹		

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

Аннотация. Цель исследования заключается в разработке технологии безглютенового пива из солода киноа и анализе влияния применения различных штаммов дрожжей на физико-химические показатели готовой продукции. Для проведения исследования был использован комплекс методов, включающий изучение научной литературы, сбор и обработку данных, проведение анализа физико-химических показателей образцов напитков. Изучены технологические процессы производства безглютенового пива, анализ проводили по образцам готовой продукции, изготовленных с применением различных штаммов дрожжей. По показателям было выявлено, что все образцы соответствуют нормативным значениям стандартов, в образцах отсутствует глютен. Анализ результатов исследований показал, что производство пива из солода киноа имеет значительный потенциал, в том числе для расширения потребительского спроса на данную категорию напитка. В химическом составе киноа присутствует огромное количество макро- и микроэлементов, на 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. Напитки из киноа будут обладать рядом преимуществ, такими как высокая питательная ценность, отсутствие глютена. Исследуемые образцы пива имеют уникальный вкусовой профиль, соответствующий данному сырью. Эти характеристики сделают продукт из киноа привлекательным для широкой аудитории, включая людей с особыми пищевыми предпочтениями. Проведенные исследования показывают целесообразность производства данного продукта с целью расширения ассортимента в связи с возможным высоким спросом, для повышения конкурентоспособности продукции.

Ключевые слова: безглютеновое пиво, солод киноа, целиакия, дрожжи, бродительная промышленность.

Peculiarities of gluten-free beer technology using different yeast strains

Daniil R. Kuligin	¹	kuligin470@gmail.com	 0009-0007-3133-4467
Alla E. Chusova	¹	hycovai@mail.ru	 0000-0003-1237-4870
Inna V. Novikova	¹	noviv@list.ru	 0000-0002-2360-5892
Elena A. Korotkikh	¹	dobruly@bk.ru	 0000-0002-5951-7085
Alexander S. Muravyev	¹	hntrun@mail.ru	 0000-0002-5989-0752
Alexander S. Levashov	¹		

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

Abstract. The purpose of the study is to develop the technology of gluten-free beer from quinoa malt and analyze the effect of using different yeast strains on the physicochemical parameters of the finished product. A set of methods was used for the study, including the study of scientific literature, data collection and processing, analyzing the physico-chemical parameters of beverage samples. The technological processes of gluten-free beer production were studied, the analysis was carried out on samples of finished products made with the use of different yeast strains. According to the indicators it was revealed that all samples correspond to the normative values of standards, there is no gluten in the samples. Analysis of the research results showed that the production of beer from quinoa malt has significant potential, including for expanding consumer demand for this category of drink. The chemical composition of quinoa contains a huge number of macro- and microelements, per 100 g of grain: 102% of the daily value of manganese, 49% magnesium, 46% phosphorus, 30% copper, 25% iron, 21% zinc, 16% potassium, 12% selenium, 300 mg Omega 3, Omega 6, B vitamins, vitamin E, PP, A. Quinoa drinks will have a number of advantages, such as high nutritional value, no gluten. The studied beer samples have a unique taste profile corresponding to this raw material. These characteristics will make the quinoa product attractive to a wide audience, including people with special food preferences. The conducted research shows the expediency of production of this product in order to expand the range in connection with the possible high demand, to improve the competitiveness of products.

Keywords: gluten-free beer, quinoa malt, celiac disease, yeast, fermentation industry.

Для цитирования

Кулигин Д.Р., Чусова А.Е., Новикова И.В., Коротких Е.А., Муравьев А.С., Левашов А.С. Особенности технологии безглютенового пива с использованием различных штаммов дрожжей // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 3. С. 116–121. doi:10.20914/2310-1202-2024-3-116-121

For citation

Kuligin D.R., Chusova A.E., Novikova I.V., Korotkikh E.A., Muravyev A.S., Levashov A.S. Peculiarities of gluten-free beer technology using different yeast strains. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 3. pp. 116–121. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-3-116-121

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

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 разрабатываются новые сырьевые и продуктовые решения [5, 9]. В настоящее время наблюдается значительный рост количества потребителей с заболеванием «целиакия» или непереносимостью глютена. К данной категории относится и пиво, содержание глютена в котором равно или меньше 20 мг на кг продукта [10]. Для создания безглютенового пива предприятия применяют различные технологические приемы, в первую очередь – использование безглютенового сырья [14].

Для выполнения задач исследования применяли безглютеновое сырье – солод из киноа.

Эффективность производства безглютенового пива можно обеспечить за счет использования штаммов дрожжей, обладающих высокой осмоустойчивостью и спиртоустойчивостью, поскольку при сбраживании суслу дрожжи подвергаются воздействию высокой токсичности среды в результате образования этанола, в результате происходит изменение характера метаболизма дрожжевых клеток, возрастает количество мертвых клеток, происходит снижение качества готового пива.

Дрожжи, используемые в различных биотехнологических процессах, различаются между собой генетическими особенностями, такими, как репродуктивная и бродильная активность, спиртоустойчивость и осмоустойчивость, температурный оптимум и др., однако сравнительных данных о наиболее эффективном использовании дрожжей различных штаммов для сбраживания пивного суслу из солода киноа в литературных источниках нет.

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* обладают высокой способностью к ферментации, в результате целенаправленно получают напитки с необходимыми физико-химическими и органолептическими показателями. Однако не все штаммы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* подойдут для производства безглютенового пива, поэтому необходим подбор и научное обоснование применения отдельных штаммов.

Проведение исследования в данной области является актуальным, так как позволяет расширить ассортимент зерновых напитков из нетрадиционного сырья, привлечь определенную аудиторию потребителей за счет создания нового продукта.

Цель исследования заключается в разработке технологии безглютенового пива из солода киноа, исследование влияния применения различных штаммов дрожжей на интенсивность

сбраживания пивного суслу из солода киноа с анализом физико-химических показателей готового пива.

Материалы и методы

Для проведения исследования был использован комплекс методов, включающий анализ научной литературы, сбор и обработку статистических данных о потребительском спросе на пиво, изучение технологических процессов производства солода из киноа и безглютенового пива [16].

Объектом исследования являлись: солод из киноа, безглютеновое пиво, сброженное различными штаммами сухих пивных дрожжей: W-34/70 «АО Алгист Брюггеман», S-189 «АО Алгист Брюггеман», M-84 «ООО «Легарис Трейдинг».

Результаты

Анализ результатов исследований показал, что производство пива из солода киноа имеет значительный потенциал, в том числе для расширения потребительского спроса на данную категорию напитка [15]. В химическом составе киноа присутствует огромное количество макро- и микроэлементов, на 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. Напитки из киноа будут обладать рядом преимуществ, такими как высокая питательная ценность, отсутствие глютена. Исследуемые образцы пива имеют уникальный вкусовой профиль, соответствующий данному сырью [6–7]. Эти характеристики делают продукт из киноа привлекательным для широкой аудитории, включая людей с особыми пищевыми предпочтениями [1, 2, 9].

Таблица 1.
Содержание различных веществ в киноа

Table 1.
Contents of various substances in quinoa

Наименование Name	Массовая доля Mass fraction
Белки, г/100 г Protein, g/100 g	14,40
Жиры, г/100 г Fats, g/100 g	7,10
Крахмал, г/100 г Starch, g/100 g	64,90
Витамины, мг/100 г Vitamins, mg/100 g	
В ₁	0,36
В ₂	0,318
В ₃	1,52
В ₆	0,487
В ₉	184
С	6,8
Макро- и микроэлементы Macro- and micronutrients	
Калий, мг/100 г Potassium, mg/100 g	563
Кальций, мг/100 г Calcium, mg/100 g	47
Магний, мг/100 г Magnesium, mg/100 g	197
Медь, мкг/100 г Copper, µg/100 g	590
Натрий, мг/100 г Sodium, mg/100 g	5
Фосфор, мг/100 г Phosphorus, mg/100 g	457
Цинк, мг/100 г Zinc, mg/100 g	3,1
Селен, мкг/100 г Selenium, µg/100 g	8,5

Проводили получение солода из киноа по технологии, включающей этапы: первый этап – промывание зерна киноа проточной водой, второй этап – замачивание зерна в воде с температурой 4–8 °С в течение 24 часов; третий этап – проращивание, которое проводили при температуре – 4–8 °С в течение 72 ч, с периодическим ворошением слоя зерна, четвертый этап – сушку солода проводили при температуре около 60–70 °С до значения влажности 2–3%. Пятый этап – отлежка солода в течение двух недель [11, 17].

В полученном солоде контролировали ферментативную активность, выяснили, что значение данного показателя ниже, чем в ячменном светлом солоде (таблица 2).

Таблица 2.
Ферментативная способность солода
Table 2.
Fermentative capacity of malt

Солод Malt	Ферментативная активность, ед./г Enzymatic activity, units/g		
	АС	ОС	ПС
Киноа Quinoa	1,99	5,91	2,95
Ячменный Barley	92,3	20,3	45,8

Таким образом, выяснили, что приготовление сусла из солода киноа невозможно без дополнительного внесения ферментов при затирании.

Процесс приготовления пивного сусла начинали с дробления солода, размеры частиц составляли 0,2–0,4 мм. Готовили затор с гидромодулем 1:4. При приготовлении экспериментальных образцов добавляли комплексный ферментный препарат Церемикс Plus MG из расчета 0,4 кг/т зернопродуктов.

В процессе затирания выдерживали температурные паузы: белковую паузу при 50–52 °С в течение 15 минут, мальтозную паузу при температуре 60–65 °С в течение 30 минут и паузу осахаривания при температуре 70–72 °С в течение 30 минут [8]. Затем проверяли полноту осахаривания по йодной пробе, после чего проводили фильтрацию затора и промывание дробины водой. Получали сусло с массовой долей сухих веществ (СВ) – 11,0–11,5%, проводили кипячение сусла с хмелем в течение 90 мин, применяли два сорта хмеля: горький – Magnum (0,35 г/дм³) вносили в начале кипячения и ароматный – Citra (0,18 г / дм³) – за 10 минут до конца кипячения. Затем сусло охлаждали до температуры 5–10 °С, проводили отделение осадка.

Брожение – один из наиболее важных этапов в производстве пива, с систематическим контролем процесса на протяжении всего периода. Начальная концентрация сухих веществ оказывает влияние на процесс брожения сусла и качество пива, содержание в нем этилового спирта при выборе спирто- и осмоустойчивых дрожжей, на скорость сбраживания пивного сусла в определенных условиях. Содержание СВ в начальном сусле в образцах составило 11,5–12,0%.

Для исследования сбраживания пивного сусла разными штаммами дрожжей были взяты: 1 образец – W-34/70, 2 образец – S-189; 3 образец – M-84.

Для сбраживания сусла использовали засевные дрожжи в количестве от 1,0 до 2,6% от объема сусла.

На рисунке 1 показана зависимость продолжительности главного брожения пивного сусла от количества засеваемого материала (рисунок 1).

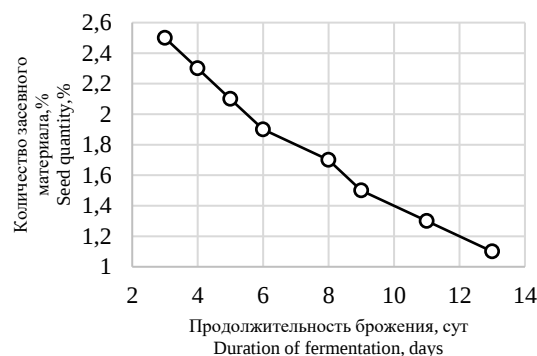


Рисунок 1. Влияние количества засеваемого материала на продолжительность брожения

Figure 1. Effect of the amount of beer material on fermentation duration

В дальнейших исследованиях принята величина засева, равная 1,9% объема сусла, что составляет около 50 млн клеток в 1 см³ сусла. В этом случае продолжительность брожения до достижения в сусле требуемого содержания сухих веществ 3,7–4,5% составляет 5 сут с использованием лагерных дрожжей.

Температуру главного брожения в образцах сусла выдерживали при определенных условиях: для первого и второго образца (низовое брожение) температура процесса составляла 6–8 °С, процесс проводили до значения содержания СВ 3,7–4,5%. Для третьего образца температура брожения составляла 8–10 °С, конечное содержание СВ 3,7–4,5% [18–20].

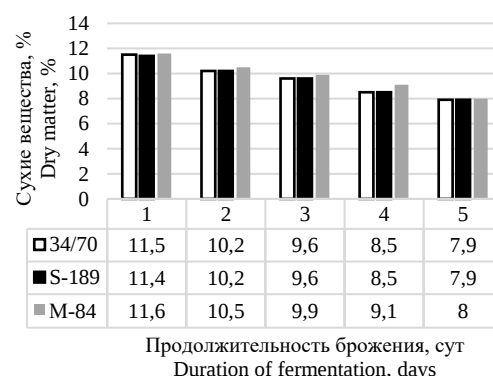


Рисунок 2. Изменение массовой доли сухих веществ при сбраживании пивного сусла различными штаммами пивных дрожжей

Figure 2. Change in the mass fraction of dry matter during beer wort digestion by different strains of brewer's yeast

Дображивание пива для всех образцов осуществляли при температуре 4–6 °С в течение 3–4 недель, после чего получали готовое нефiltroванное пиво [12, 13]. Физико-химические показатели образцов представлены в таблице 3.

Таблица 3.
Физико-химические показатели образцов пива

Table 3.
Physical and chemical indicators of beer

Показатели Indicators	Образец Sample		
	1	2	3
Экстрактивность начального сусла, % Extractivity of initial wort, %	12,2	12,2	12,2
Видимый экстракт, % Visible extract, %	4,19	4,19	4,19
Цвет, ед. ц. Color, u.s.c.	12,9	13	12,8
Кислотность, ед. к. Acidity, units.k	2,5	2,5	2,4
pH	4,8	4,8	4,7
Объемная доля спирта, % Volume fraction of alcohol, %	4,63	4,53	4,58

На основании анализа данных, приведенных в таблице 3, можно сделать вывод, что все полученные образцы пива соответствуют нормативным требованиям: объемная доля спирта не менее 4,5%, значение pH напитков не превышает 4,8, величина кислотности составляла не более 3,5 ед. к., цвет – не более 2,5 ед. ц. [4].

Дегустационная комиссия проводила контроль сенсорных характеристик образцов

по основным показателям: цвет, вкус, аромат. Результаты дегустации по шкале от 1 до 25 баллов показали практически одинаковые оценки, поэтому можно рекомендовать указанные штаммы дрожжей для применения в технологии безглютенового пива на основе солода киноа (таблица 4).

Таблица 4.
Сенсорные характеристики
безглютенового пива

Table 4.
Sensory characteristics of gluten-free beer

Показатели Indicators	Образец Sample		
	1	2	3
Цвет Color	24,5	24,4	24,5
Аромат Flavor	24,3	24,3	24,2
Вкус Flavor	25	24,6	24,7
Итого Total	73,8	73,3	73,4

Заключение

В результате исследований получены рекомендации по применению солода киноа (безглютеновое сырье) в технологии пива или пивных напитков для определенной категории потребителей. Рассмотрены и рекомендованы рациональные технологические режимы для получения и сбраживания сусла с применением различных штаммов пивных дрожжей. Получены образцы готового продукта – пива, которые соответствуют стандарту ГОСТ 31711–2012 [3].

Литература

- Абдулаев М.С., Надточий Л.А. Оценка пищевой ценности культуры киноа // Символ науки: международный научный журнал. 2016. С. 9-11.
- Бурак Л.Ч. Перспективы производства пива с функциональными свойствами // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. С. 79–88.
- ГОСТ 31711–2012 Пиво. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 15 с.
- ГОСТ 12787–81. Пиво. Методы определения спирта, действительного экстракта и расчет сухих веществ в начальном сусле. М: Стандартинформ. 2011. 11 с.
- Дядюра Е.П. Особенности развития пивоваренной отрасли в современных условиях // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. С. 47–51.
- Казаджам М.Д. Перспективы использования киноа на Российском рынке // Международная научная конференция молодых ученых и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук. Москва. 2022. С.132–135.
- Кокорева Л.А., Домрачева К.С. Целиакия как проблема современности // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании: материалы VI международной научно – практической конференции. Екатеринбург: Изд – во Урал. гос. экон. ун-та. 2019. С. 63–67.
- Кунце В. Технология солода и пива. СПб.: Профессия, 2009. 1064 с.
- Меркулова Н.Ю., Наливайко Д.С., Тохириён Б. Исследование химического состава семян киноа в связи с функциональным назначением // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании: материалы Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к юбилею заслуженного деятеля науки РФ В.М. Позняковского. 2017. С. 150–154.
- Криваносов И.Н., Новикова И.В., Муравьев А.С. Обзор: Непрерывное брожение пива // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 1(99). С. 126–130.
- Чусова А.Е., Новикова И.В., Левашов А.С., Коротких Н.В. Особенности технологии производства солода из киноа // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: сборник докладов X Международной научно-практической конференции ВГУИТ. Воронеж, 2023. С. 384–385.
- Рогожникова О.В., Ансфандьярова И.В. Инновации в сфере пивоварения и оценка качества пива // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. Том 3. Санкт – Петербург, 2018. С. 66–68.

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 международной научно – практической конференции. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2023. С. 34–39.

Хоконова М.Б. Технология безглютенового пива // Безопасность и качества товара: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции. Саратов: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, 2019. С. 277–280.

Omary M.B., Fong C., Rothschild J., Finney P. Effects of germination on the nutritional profile of gluten-free cereals and pseudocereals: a review // *Cereal Chem.* 2012. V. 89. P. 1–14. doi: 10.1094/CCHEM-01-11-0008

Hager A.S., Makinem O.E., Arende E.K. Amylolytic activities and starch reserve mobilization during the germination of quinoa // *Eur Food Res Technol.* 2014.V. 239. P. 621–627. doi: 10.1007/s00217-014-2258-0

Jancurova M. Quinoa-a review // *Czech Journal of Food Science.* 2009. V.27. № 2. P. 71–79.

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.

Valková V., Ďuranová H., Havrlentová M., Ivanišová E. et al. Selected physico-chemical, nutritional, antioxidant and sensory properties of wheat bread supplemented with apple pomace powder as a by-product from juice production // *Plants.* 2022.

Deng Y., Lim, J., Lee G.H., Nguyen T.T.H. et al. Brewing Rutin-Enriched Lager Beer with Buckwheat Malt as Adjuncts // *J. Microbiol. Biotechnol.* 2019. V. 29. P. 877–886.

References

Abdullayev M.S., Nadtochiy L.A. Assessment of the nutritional value of quinoa culture. *Symbol of Science: International Scientific Journal.* 2016. pp. 9-11. (in Russian).

Burak L.Ch. Prospects for the production of beer with functional properties. *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products.* 2021. pp. 79-88. (in Russian).

GOST 31711-2012 Beer. General specifications. Moscow, Standartinform, 2013. 15 p. (in Russian).

GOST 12787-81. Beer. Methods for determining alcohol, actual extract and calculating dry matter in the initial wort. Moscow, Standartinform, 2011. 11 p. (in Russian).

Dyadyura E.P. Features of the development of the brewing industry in modern conditions. *Modern trends in the development of science and technology.* 2016. pp. 47–51. (in Russian).

Kazadjam 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).

Kokoreva L.A., Domracheva K.S. Celiac Disease as a Modern Problem. *Innovative Technologies in the Food Industry and Catering: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference.* Ekaterinburg, Publishing House of the Ural. State Economic University. 2019. pp. 63–67. (in Russian).

Kuntse V. *Technology of Malt and Beer.* St. Petersburg, Profession, 2009. 1064 p. (in Russian).

Merkulova N.Yu., Nalivaiko D.S., Tokhiriyon B. Study of the chemical composition of quinoa seeds in connection with their functional purpose. *Innovative technologies in the food industry and public catering: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the anniversary of the Honored Scientist of the Russian Federation V.M. Poznyakovsky.* 2017. pp. 150–154. (in Russian).

Krivanosov I.N., Novikova I.V., Muravyov A.S. Review: Continuous fermentation of beer. *Proceedings of VSUET.* 2024. vol. 86. no. 1(99). pp. 126–130. (in Russian).

Chusova A.E., Novikova I.V., Levashov A.S., Korotkikh N.V. Features of the technology of production of malt from quinoa. *Food security: scientific, personnel and information support: collection of reports of the X International scientific and practical conference of VSUET.* Voronezh, 2023. pp. 384–385. (in Russian).

Rogozhnikova O.V., Ansfondyarova I.V. Innovations in the field of brewing and beer quality assessment. *Science Week of SPbPU: materials of the scientific conference with international participation.* Institute of Industrial Management, Economics and Trade. vol. 3. St. Petersburg, 2018. pp. 66–68. (in Russian).

Fedosееva K.V., Agaselimova S.S. Use of alternative raw materials in beer production and its impact on the quality of finished products. *Actual issues of modern scientific research: collection of articles of the IV international scientific and practical conference.* Penza, MCNS "Science and Education", 2023. pp. 34–39. (in Russian).

Khokonova M.B. Gluten-free beer technology. Safety and quality of goods: collection of materials of the XIII International scientific and practical conference. *Saratov, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov,* 2019. pp. 277–280. (in Russian).

Omary M.B., Fong C., Rothschild J., Finney P. Effects of germination on the nutritional profile of gluten-free cereals and pseudocereals: a review. *Cereal Chem.* 2012. vol. 89. pp. 1–14. doi: 10.1094/CCHEM 01-11-0008

Hager A.S., Makinem O.E., Arende E.K. Amylolytic activities and starch reserve mobilization during the germination of quinoa. *Eur Food Res Technol.* 2014. vol. 239. pp. 621–627. doi: 10.1007/s00217-014-2258-0

Jancurova M. Quinoa-a review. *Czech Journal of Food Science.* 2009. vol. 27. no. 2. pp. 71–79.

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.

Valková V., Ďuranová H., Havrlentová M., Ivanišová E. et al. Selected physico-chemical, nutritional, antioxidant and sensory properties of wheat bread supplemented with apple pomace powder as a by-product from juice production. *Plants.* 2022.

Deng Y., Lim, J., Lee G.H., Nguyen T.T.H. et al. Brewing Rutin-Enriched Lager Beer with Buckwheat Malt as Adjuncts. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2019. vol. 29. pp. 877–886.

Сведения об авторах

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

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

Алла Е. Чусова к.т.н., профессор, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г Воронеж, 394036, Россия, hycovai@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

Инна В. Новикова д.т.н., профессор, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г Воронеж, 394036, Россия, noviv@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2360-5892>

Елена А. Коротких к.т.н., доцент, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г Воронеж, 394036, Россия, dobruly@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5951-7085>

Александр С. Муравьев к.т.н., доцент, кафедра машин и аппаратов 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>

Александр С. Левашов аспирант, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г Воронеж, 394036, Россия

Information about authors

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>

Alla E. Chusova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

Inna V. Novikova Dr. Sci. (Engin.), professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, noviv@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2360-5892>

Elena A. Korotkikh Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dobruly@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5951-7085>

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>

Alexander S. Levashov graduate student, food processing machines and apparatuses department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

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.

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 21/06/2024

После редакции 11/07/2024

Принята в печать 31/07/2024

Received 21/06/2024

Accepted in revised 11/07/2024

Accepted 31/07/2024