

Научная статья

УДК 664.663

DOI: 10.17586/2310-1164-2024-17-4-12-17

Функционально-технологические свойства растительных и грибных бета-глюканов и их влияние на реологические и газообразующие свойства теста из муки тефф

Г.А. Йимер^{1*}, М. Фриуи², Н.В. Баракова^{1,2}, М.М. Шамцян², А.Л. Майтаков³, А.С. Басковцева¹, А.К. Дозорцева²¹Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург, *getnetddu7@gmail.com²Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

Россия, Санкт-Петербург

³Кемеровский государственный университет, Россия, Кемерово

Аннотация. Определяли функционально-технологические и реологические свойства β -глюканов растительного и грибного происхождения, оценивали их влияние на газообразующие свойства теста, приготовленного из муки тефф. Изучали муку, полученную из зерен тефф, выращенных в Эфиопии в 2023 г., а также овсяный и грибной β -глюканы. Сравнение водосвязывающей способности (ВСС) проводили по стандартному методу ААСС 88-04, влагоудерживающей способности (ВУС) – по методу Инглетта. Для анализа вязкости замеса использовали ротационный вискозиметр, измерение количества выделяющегося диоксида углерода в процессе брожения теста определяли на реоферментометре. Установлено, что повышенная ВСС грибного β -глюкана и способность образовывать более вязкие замесы с мукой тефф, чем овсяный β -глюкан, приводят к необходимости прикладывать больше усилий при приготовлении теста. Более высокое значение ВУС грибного β -глюкана позволяет сохранять свежесть готового мучного изделия. Анализ газообразующей способности теста, приготовленного из муки тефф с добавлением грибного и овсяного β -глюкана, показал, что процесс брожения в тесте с овсяным β -глюканом заканчивается через 17 мин от начала брожения, а в тесте с грибным β -глюканом – через 43 мин. Показано, что грибной β -глюкан необходимо добавлять в кондитерские изделия, а овсяный – в мучные, приготовленные с применением микроорганизмов, в данном случае дрожжей. Полученные результаты важны при разработке рецептур безглютеновых продуктов с добавлением β -глюканов растительного и грибного происхождения.

Ключевые слова: хлебопекарное производство; мука тефф; овсяный β -глюкан; грибной β -глюкан; водосвязывающая и влагоудерживающая способность; реология; газообразующая способность теста

Original article

The effect of plant and fungal beta-glucan on the rheology of teff dough and the quality of bakery products

Getnet A. Yimer^{1*}, Mohamed Frioui², Nadezhda V. Barakova^{1,2}, Mark M. Shamtsyan², Anatoly L. Maytakov³, Angelina S. Baskovtceva¹, Alexandra K. Dozortseva²¹ITMO University, St. Petersburg, Russia, *getnetddu7@gmail.com²Saint-Petersburg State Institute of Technology, St. Petersburg, Russia³Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Abstract. Functional and technological properties of teff flour, as well as plant-based and fungal β -glucans, were determined. The experiments used teff flour obtained from grains grown in Ethiopia (harvest of 2023); PromOat oat β -glucan produced by Lantmannen Oats in Sweden, with a β -glucan content of $32.0 \pm 0.2\%$ on a dry basis, and fungal β -glucan extracted from *Pleurotus ostreatus*, with a β -glucan content of $31.2 \pm 0.1\%$ on a dry basis. Water-binding capacity (WBC) was compared according to the standard method ААСС 88-04, water-holding capacity (WHC) – according to the Inglett method. A rotary viscometer was used to analyse the viscosity of the dough, the amount of carbon dioxide released during dough fermentation was measured on a rheofermentometer. It was found that the WBC of fungal β -glucan is 2.5 ± 0.06 g/g, while the WBC of oat β -glucan is 2.0 ± 0.06 g/g; the WHC of oat β -glucan is 1.5 ± 0.01 g/g, and the WHC of fungal β -glucan is 2.0 ± 0.01 g/g; the WBC of teff flour is 2.0 ± 0.01 g/g. It was also established that the coefficient of dynamic viscosity of doughs made from teff flour and fungal β -glucan is higher than that of doughs made from teff flour and oat β -glucan. Compared to oat β -glucan, the higher WBC of fungal β -glucan and its ability to form more viscous doughs with teff flour will require greater effort when preparing the dough. The higher WHC of fungal β -glucan will contribute to preserving freshness in baked products made with fungal β -glucan. The analysis of the gas-producing capacity of dough made from teff flour with the addition of fungal and oat β -glucans showed that the fermentation process in the dough with oat β -glucan ends 17 minutes after the start of fermentation. In contrast, the dough with fungal β -glucan ends after 43 minutes. Based on the results obtained during the experiments, it can be concluded that fungal β -glucans should be added to confectionery products, while oat β -glucans should be added to baked goods made with microorganisms, in this case, yeast. The results obtained are useful for developing gluten-free products by adding plant-based and fungal β -glucans.

Keywords: bakery production; teff flour; oat β -glucan; fungal β -glucan; rheology; water-holding capacity; dough hydration; shear rate stability

Введение

Тэфф (*Eragrostis tef*) — зерновая культура, произрастающая в Восточной Африке и являющаяся распространенным ингредиентом в кухне Эфиопии [1]. Размер ее зерен достаточно мал (0,61–1,17 мм), поэтому отделить от них оболочку затруднительно, и мука, полученная из зерна тэфф, относится к цельнозерновой муке. Ее химический состав отличается высоким содержанием крахмала, сахара, незаменимых аминокислот, железа, фосфора, кальция [2, 3]. Применение муки тэфф в различных пищевых производствах во всем мире начинает расширяться [4], поскольку она не содержит глютен и становится популярной среди людей с целиакией и тех, кто включает безглютеновые продукты в свой рацион, особенно мучные изделия [5, 6].

При приготовлении теста из безглютеновой муки возникают значительные трудности с точки зрения его обработки, текстуры и качества конечного продукта из-за отсутствия уникальных вискоэластичных свойств глютена [7]. Структурная роль глютена критически важна для удержания газа во время брожения и выпекания, что приводит к правильному расширению теста, формированию мякиша и общей текстуре конечного продукта. В связи с этим в последние годы научные исследования сосредоточены на создании безглютеновых мучных изделий, которые имеют такое же качество и текстуру, как и их аналоги с глютеном [8]. Предлагается вносить крахмалы из безглютеновой муки кукурузы, картофеля, фасоли, риса, тапиоки и маниоки или крахмал из пшеницы. Кроме того, в качестве ингредиентов применяют муку из псевдозерновых культур: амаранта, гречки, чиа, киноа, и такие структурообразователи, как камеди и белки с высоким содержанием альбуминовой фракции [9].

Для выполнения поставленных задач предлагается использовать различные методы, включая добавление некрахмалистых полисахаридов, таких как β -глюканы [10]. Растительные β -глюканы получают преимущественно из овса и ячменя [11], грибные β -глюканы обычно извлекают из дрожжей или грибов, благодаря их доступности и уникальным функциональным свойствам [12].

В работе [13] изучено воздействие грибного β -глюкана, а авторы [14] показывают роль овсяного β -глюкана на реологические свойства пшеничного теста. Однако исследований, посвященных влиянию β -глюкана на тесто из муки тэфф, ранее не проводилось, что делает эту тему актуальной, учитывая растущий интерес потребителей к изделиям из этой зерновой культуры.

Цель данного исследования – сравнить функционально-технологические и реологические свойства β -глюканов растительного и грибного происхождения и оценить их влияние на газообразующие параметры теста, приготовленного из муки тэфф.

Объекты и методы исследований

Изучали муку, полученную из зерен тэфф, выращенных в Эфиопии в 2023 г., которая содержала $7,0 \pm 0,1\%$ влаги и $55,7 \pm 0,4\%$ крахмала.

Для проведения экспериментов использовали овсяный β -глюкан PromOat (Lantmannen Oats, Швеция) в виде порошка кремового цвета с содержанием влаги $7,0 \pm 0,2\%$ и содержанием β -глюкана $32,0 \pm 0,2\%$ в пересчете на сухое вещество.

Также исследовали извлеченный из *Pleurotus ostreatus* (экстракт гриба) β -глюкан («БИОС», Россия), содержащий $31,2 \pm 0,1\%$ β -глюкана в пересчете на сухое вещество, $19 \pm 2\%$ водорастворимого белка и $76 \pm 3\%$ углеводов.

Водосвязывающую способность β -глюканов идентифицировали по стандартному методу АСС 88-04 (1983), первоначально разработанному Куинном и Патеном (1979) под внешним центробежным усилием. Для определения водосвязывающей способности (ВСС) использовался двухграммовый образец, к которому добавляли 25 см^3 воды. После центрифугирования при 2000 об/мин в течение 10 мин выявляли водосвязывающую способность [7].

Влагоудерживающая способность (ВСУ) образцов определялась согласно методу Инглетта и др. (2016). Каждый образец 2 г смешивали с 25 г дистиллированной водой в пробирке Falcon объемом 50 см^3 . Затем образцы интенсивно перемешивали в течение минуты до получения однородной суспензии

с помощью вихревого перемешивающего устройства (Vortex stirrer, Швейцария). После перемешивания они выдерживались в течение 2 ч и центрифугировались при 2000 об/мин в течение 10 мин с использованием центрифуги (ULAB, Пекин). Водоудерживающая способность рассчитывалась как отношение массы воды, связанной с навеской к исходной массе навески [6].

Для определения реологических характеристик β -глюканов готовился замес из 100 г муки тефф, 0,2 г овсяного или грибного β -глюканов и 100 см³ дистиллированной воды.

Для анализа вязкости замеса использовали ротационный вискозиметр Visco Basic Plus (Fungilab S.A., Испания), который измерял коэффициент динамической вязкости замеса. Измерение вязкости замеса проводили с двумя шпинделями – R2 и R3 с различной частотой вращения (RPM). Выбранные параметры отображались на ЖК-экране вискозиметра. Шпиндели погружали в образец замеса до отметки, указанной на шпинделе, после чего фиксировали показания вязкости.

Для анализа влияния β -глюканов растительного и грибного происхождения на газообразующие свойства теста из муки тефф было приготовлено два образца теста. Тесто готовили по следующей рецептуре: 100 г муки тефф, 2 г сухих пекарских дрожжей (предварительно активированных в небольшом количестве воды), 1,9 г соли, 5 г растительного масла, 60 см³ воды и 0,7 г овсяного или грибного β -глюкана. Измерение количества выделяющегося диоксида углерода в процессе брожения теста определяли на реоферментометре (Rheofermentometer Chopin F3, Франция) при 28°C. Для проведения статистического анализа использовали критерий Стьюдента (4,3). Все вычисления и статистические расчеты осуществляли с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Анализ ВСС муки тефф показал, что она равна $2,0 \pm 0,01$ г/г, и это согласуется с результатами, полученными в других исследованиях [15], и находится в сопоставимых значениях с ВСС муки из зерна без содержания глютена [16].

ВСС грибного β -глюкана составляет $2,5 \pm 0,06$ г/г, а овсяного β -глюкана – $2,0 \pm 0,06$ г/г; ВУС грибного β -глюкана – $2,0 \pm 0,01$ г/г, овсяного – $1,5 \pm 0,01$ г/г. Полученные результаты говорят о том, что и ВСС и ВУС грибного β -глюкана выше, чем эти же показатели у овсяного β -глюкана. Высокие ВСС и ВУС позволяют рассматривать грибной β -глюкан как влагоудерживающую добавку для пищевых систем.

Результаты измерения вязкости теста из теффа с добавлением овсяного и грибного β -глюканов при различных режимах измерения представлены в таблице.

Таблица. Коэффициент динамической вязкости теста из тефф с овсяным и грибным β -глюканом при различных шпинделях и разной скорости их вращения

Table. Dynamic viscosity coefficient of teff dough with oat and fungal β -glucan at different spindle types and rotation speeds

Скорость вращения шпинделя, об/мин	Коэффициент динамической вязкости, мПа·с			
	шпиндель R2		шпиндель R3	
	овсяный β -глюкан	грибной β -глюкан	овсяный β -глюкан	грибной β -глюкан
6	1294,4	1762,8	1112,2	3089,2
10	796,0	1291,1	566,3	1614,3
12	698,4	1372,2	426,0	838,5
20	459,8	388,4	278,4	704,0
30	294,3	308,0	198,3	546,3
50	168,3	319,0	755,3	428,4
60	110,9	295,0	1240,3	434,3
100	177,4	231,8	352,5	497,3

При анализе данных таблицы видно, что вязкость замесов, приготовленных из муки тефф с добавлением грибного β -глюкана, выше, чем у образцов с использованием овсяного β -глюкана. Если хлебобулочные изделия изготавливаются с добавлением β -глюканов, в технологию которых входит этап брожения, то более высокая вязкость теста может отрицательно сказаться на процессе гидролиза крахмала и белков под действием α -амилазы и протеазы муки и будет сопровождаться снижением скорости и качества процесса брожения теста [17].

На следующем этапе проведения экспериментов были приготовлены образцы теста из муки тефф с добавлением овсяного и грибного β -глюкана. Процесс брожения теста оценивали по количеству выделившегося диоксида углерода, который фиксировали на приборе реоферметометр. Результаты скорости выделения диоксида углерода представлены на рисунке.

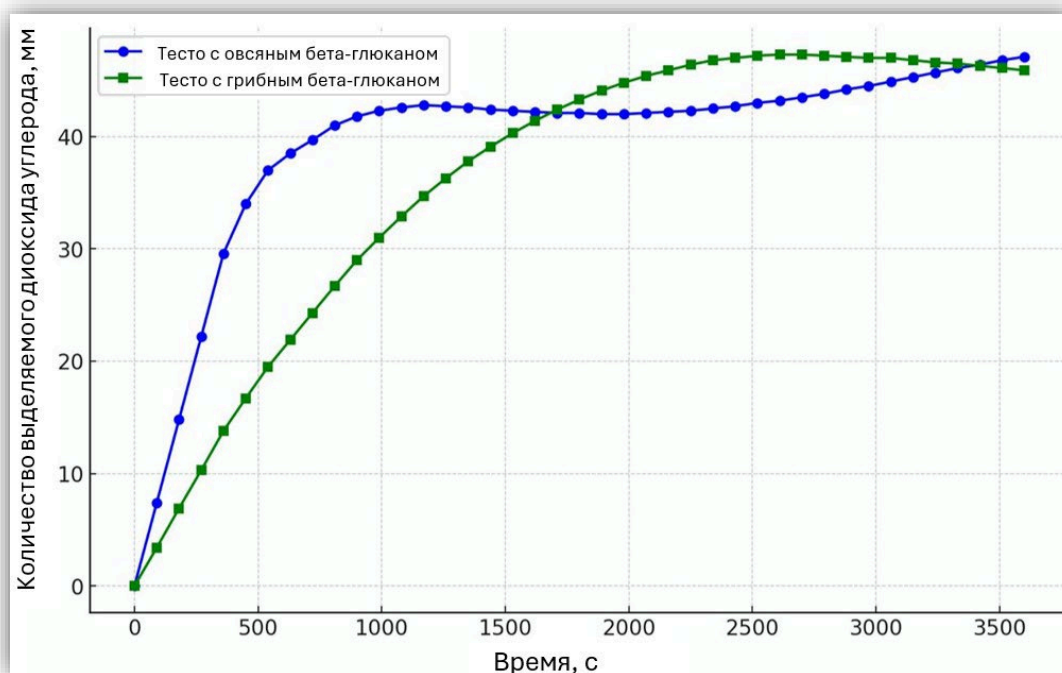


Рисунок – Динамика выделения CO_2 в процессе брожения теста из муки тефф с добавлением β -глюканов
Figure. Dynamics of carbon dioxide release during the fermentation of teff flour dough with the addition of β -glucans

Из анализа представленных графиков следует, что в тесте, приготовленном с добавлением овсяного β -глюкана, количество выделившегося диоксида углерода через 17 мин от начала брожения составило 43 см³, а через 60 мин – 45 см³. Прирост в количестве выделившегося CO_2 незначителен, поэтому окончание брожения для теста из муки тефф с добавлением овсяного β -глюкана можно считать 17 мин. Максимальный объем диоксида углерода в тесте из муки тефф с добавлением грибного β -глюкана в количестве 48 см³ зафиксирован на 42 мин от начала брожения, после чего он начал снижаться, поэтому 42 мин можно считать моментом окончания брожения в этом образце теста. Добавление в муку тефф овсяного β -глюкана на 60% сокращает время брожения теста в сравнении с временем брожения теста с добавлением грибного β -глюкана.

Заключение

Исследование показало, что тесто, содержащее грибной β -глюкан, обладает более высокой способностью удерживать и связывать воду в сравнении с овсяным β -глюканом, что благоприятствует лучшему удержанию влаги и эластичности. Реологический анализ замесов муки тефф с β -глюканами показал, что тесто на основе тефф с грибным β -глюканом демонстрирует более высокую вязкость, что может ухудшить процесс брожения теста и результаты по количеству выделенного газа в процессе брожения. Тесто из муки тефф с добавлением овсяного β -глюкана на 25 мин сокращает брожение теста в сравнении с брожением теста из муки с добавлением грибного β -глюкана.

Результаты, полученные в ходе экспериментов, дают основание рекомендовать грибной β -глюкан для приготовления из муки тефф мучных кондитерских изделий, а овсяный β -глюкан – для включения в рецептуры хлебобулочных изделий из муки тефф, технология которых предусматривает проведение процесса брожения.

Полученные данные целесообразно учитывать при разработке безглютеновых мучных изделий и из других видов зерновых или псевдозерновых культур.

Литература

1. Lee H. Teff, a rising global crop: current status of teff production and value chain. *The Open Agriculture Journal*. 2018, V. 12, no. 1, pp. 185–193. DOI: 10.2174/1874331501812010185
2. Bultosa G. Teff: Overview. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*. 2016, V. 1, pp. 209–220. DOI: 10.1016/B978-0-12-394437-5.00018-8
3. Янова М.А., Колесникова Н.А. Исследование зерна теффа в сравнении с традиционными безглютеновыми злаковыми культурами // Вестник ГрасГАУ. 2022. № 5. С. 241–248. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-241-248
4. Gebremariam M.M., Zarnkow M., Becker T. Teff (*Eragrostis tef*) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods and beverages: A review. *J Food Sci Technol*. 2014, V. 51, no. 11, pp. 2881–2895. DOI: 10.1007/s13197-012-0745-5
5. Резниченко И.Ю., Бородулин Д.М., Пикулина Н.С. Разработка рецептуры и оценка качества безглютенового мучного изделия // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С.82–86. DOI: 10.257127ASTU.2072-8921.2020.02.016
6. Inglett G., Chen D., Liu S. Physical properties of gluten free sugar cookies containing teff and functional oat products. *Journal of Food Research*. 2016, V. 5, no. 3, pp. 72–84. DOI: 10.5539/jfr.v5n3p72
7. Alaunyte I., Stojceska V., Plunkett A., Ainsworth P., Derbyshire E. Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. *Journal of Cereal Science*. 2012, V. 55, no. 1, pp. 22–30. DOI: 10.1016/j.jcs.2011.09.005
8. Hager A.-S., Arendt E.K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*. 2013, V. 32, no. 1, pp. 195–203. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.12.021
9. Быкова И.Д., Снетков А.С. Функции глютена, варианты замены глютена и обработка безглютеновых ингредиентов // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 23. С. 795–803.
10. Барсукова Н.В., Решетников Д.А., Красильников В.Н. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий // Процессы и аппараты пищевых производств. 2011. № 1. С. 51–60.
11. Lante A., Canazza E., Tessari P. B-glucans of cereals: functional and technological properties. *Nutrients*. 2023, V. 15, no. 9, article 2124. DOI: 10.3390/nu15092124
12. Murphy E.J., Rezoagli E., Collins C., Saha S.K., Major I., Murray P. Sustainable production and pharmaceutical applications of β -glucan from microbial sources. *Microbiological Research*. 2023, V. 274, article 127424. DOI: 10.1016/j.micres.2023.127424
13. Фрицу М., Гачеу Л., Опря О., Шамцял М.М. Влияние грибного экстракта, содержащего бета-глюканы, на реологические характеристики хлебного теста // Вестник Международной академии холода. 2018. № 3. С. 53–61. DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-3-53-61
14. Ямашев Т.А., Гематдинова В.М., Канарский А.В. Влияние изолята овсяного бета-глюкана на реологию теста из пшеничной муки высшего сорта и качество хлебобулочных изделий // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2020. № 2. С.62–75. DOI: 10.17586/2310-1164-2020-10-2-62-75
15. Voka A.L., Tolesa G.N., Abera S. Effects of variety and particles size on functional properties of Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) flour. *Cogent Food & Agriculture*. 2023, V. 9, no. 1, article 2242635. DOI: 10.1080/23311932.2023.2242635
16. Шабурова Г.В., Воронина П.К., Курочкин А.А., Фролов Д.И. Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4. С. 79–83.
17. Боташева Х.Ю., Лукина С.И., Пономарева Е.И., Магомедов М.Г., Рослякова К.Э. Влияние нетрадиционных видов сырья на технологические показатели теста и качество хлеба // Известия вузов. Пищевая технология. 2016. № 4. С. 21–24.

References

1. Lee H. Teff, a rising global crop: current status of teff production and value chain. *The Open Agriculture Journal*. 2018, V. 12, no. 1, pp. 185–193. DOI: 10.2174/1874331501812010185
2. Bultosa G. Teff: Overview. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*. 2016, V. 1, pp. 209–220. DOI: 10.1016/B978-0-12-394437-5.00018-8
3. Yanova M.A., Kolesnikova N.A. Studying teff grain in comparison with traditional gluten-free cereals. *Bulletin KrasSAU*. 2022, no. 5, pp. 241–248. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-241-248 (In Russian)
4. Gebremariam M.M., Zarnkow M., Becker T. Teff (*Eragrostis tef*) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods and beverages: a review. *J Food Sci Technol*. 2014, V. 51, no. 11, pp. 2881–2895. DOI: 10.1007/s13197-012-0745-5
5. Reznichenko I.Yu., Borodulin D.M., Pikulina N.S. Development of a recipe and quality assessment of a gluten-free flour product. *Polzunov Bulletin*. 2020, no. 2, pp. 82–86. DOI: 10.257127ASTU.2072-8921.2020.02.016 (In Russian)

6. Inglett G., Chen D., Liu S. Physical properties of gluten-free sugar cookies containing teff and functional oat products. *Journal of Food Research*. 2016, V. 5, no. 3, pp. 72–84. DOI: 10.5539/jfr.v5n3p72
7. Alaunyte I., Stojceska V., Plunkett A., Ainsworth P., Derbyshire E. Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. *Journal of Cereal Science*. 2012, V. 55, no. 1, pp. 22–30. DOI: 10.1016/j.jcs.2011.09.005
8. Hager A.-S., Arendt E. K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*. 2013, V. 32, no. 1, pp. 195–203. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.12.021
9. Bykova I.D., Snetkov A.S. Functions of gluten, gluten substitutes, and processing of gluten-free ingredients. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*. 2020, no. 23, pp. 795–803. (In Russian)
10. Barsukova N.V., Reshetnikov D.A., Krasilnikov V.N. Food engineering: technology of gluten-free baked products. *Processes and Food Production Equipment*. 2011, V. 1, no. 1, pp. 51–60. (In Russian)
11. Lante A., Canazza E., Tessari P. B-glucans of cereals: functional and technological properties. *Nutrients*. 2023, V. 15, no. 9, article 2124. DOI: 10.3390/nu15092124
12. Murphy E.J., Rezoagli E., Collins C., Saha S.K., Major I., Murray P. Sustainable production and pharmaceutical applications of β -glucan from microbial sources. *Microbiological Research*. 2023, V. 274, article 127424. DOI: 10.1016/j.micres.2023.127424
13. Frioui M., Gaceu L., Oprea O., Shamtsyan M. M. The influence of fungal extract containing beta β -glucans on the rheological characteristics of dough. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2018, no. 3, pp. 53–61. DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-3-53-61. (In Russian)
14. Yamashev T.A., Gematdinova V.M., Kanarsky A.V. The effect of oat β -glucan isolate on the rheology of dough from premium wheat flour and the quality of bakery products. *Processes and Food Production Equipment*. 2020, no. 2, pp. 62–75. DOI: 10.17586/2310-1164-2020-10-2-62-75. (In Russian)
15. Boka A.L., Tolesa G.N., Abera S. Effects of variety and particles size on functional properties of Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) flour. *Cogent Food & Agriculture*. 2023, V. 9, no. 1, article 2242635. DOI: 10.1080/23311932.2023.2242635
16. Shaburova G.V., Voronina P.K., Kurochkin A.A., Frolov D.I. Prospects for the extruded buckwheat use in brewing and bread baking. *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*. 2014, no. 4, pp. 79–83. (In Russian)
17. Botasheva Kh.Yu., Lukina S.I., Ponomareva E.I., Magomedov M.G., Roslyakova K.E. Influence of nontraditional raw materials on technological parameters of dough and bread quality. *Izvestiya vuzov. Food Technology*. 2016, no. 4, pp. 21–24. (In Russian)

Информация об авторах

Гетнет Авоке Йимер – аспирант факультета биотехнологии

Мохамед Фриуи – аспирант кафедры технологии микробиологического синтеза

Надежда Васильевна Баракова – канд. техн. наук, доцент, ведущий аналитик межфакультетской лаборатории «Трансляционные технологии в образовании»

Марк Маркович Шамцян – канд. техн. наук, доцент, декан факультета химической и биотехнологии

Анатолий Леонидович Майтаков – доктор техн. наук, доцент кафедры управления качеством

Ангелина Станиславна Басковцева – аспирант факультета биотехнологий

Александра Константиновна Дозорцева – аспирант кафедры технологии микробиологического синтеза

Information about the authors

Getnet A. Yimer, Postgraduate Student of the Faculty of Biotechnology

Mohamed Frioui, Postgraduate Student of the Department of Microbiological Synthesis Technology

Nadezhda V. Barakova, Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Leading analyst of the interfaculty laboratory "Translation Technologies in Education"

Mark M. Shamtsyan, Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Dean of the Faculty of Chemical and Biotechnology

Anatoly L. Maytakov, D. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Quality Management

Angelina S. Baskovtseva, Postgraduate Student of the Faculty of Biotechnology

Alexandra K. Dozortseva, Postgraduate Student of the Department of Technology of Microbiological Synthesis

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 30.10.2024

Одобрена после рецензирования 29.11.2024

Принята к публикации 02.12.2024

The article was submitted 30.10.2024

Approved after reviewing 29.11.2024

Accepted for publication 02.12.2024