

Перспективы применения комплексной добавки для улучшения биотехнологических характеристик дрожжей *Saccharomyces Cerevisiae*

Александр В. Маслов	¹	maslov-aleksandr95@mail.ru	 0000-0001-5841-0705
Замира Ш. Мингалеева	¹	mingaleeva06@mail.ru	 0000-0003-3076-9104
Оксана В. Старовойтова	¹	starovoitova-oks@mail.ru	 0000-0003-0790-4582
Лилия И. Агзамова	¹	liliya.sch@mail.ru	 0000-0002-6558-0312
Ольга А. Решетник	¹	roa.olga@mail.ru	 0000-0001-5322-0769

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет, К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия

Аннотация. Одними из основных факторов, влияющими на качество хлеба, являются микробиологические и биохимические процессы, протекающие в тестовых полуфабрикатах в результате жизнедеятельности дрожжей. Данными процессами возможно управлять путем регулирования биотехнологических характеристик дрожжей, что позволяет интенсифицировать технологические операции хлебопекарного производства. Хлебопекарные дрожжи должны иметь высокую ферментативную активность, способность выделять углекислый газ в анаэробных условиях и быстро адаптироваться к изменению состава питательной среды. Данные свойства дрожжей могут быть улучшены с помощью проведения предварительной активации в питательных средах, которые содержат компоненты, интенсифицирующие синтез бродильных ферментов в дрожжевых клетках. Цель работы состояла в исследовании влияния предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в питательной среде с пищевой комплексной добавкой на их биотехнологические характеристики: подъемную силу и ферментативную активность (зимазная, мальтазная). Подъемную силу дрожжей определяли ускоренным способом. Зимазную и мальтазную активности определяли методом измерения времени, за которое выделяется 10 см³ диоксида углерода при сбраживании дрожжами растворов глюкозы и мальтозы, соответственно. Новизна работы заключается в установлении параметров предварительной активации хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* с использованием пищевой комплексной добавки. Показано, что оптимальная продолжительность предварительной активации дрожжей составляет 20 мин. Предварительная активация прессованных дрожжей способствовала повышению их биотехнологических характеристик: подъемная сила дрожжей возросла на 46,9 %, зимазная активность – на 37,7 %, мальтазная активность – на 13,4 %. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения предварительной активации дрожжей в питательной среде с пищевой комплексной добавкой при производстве хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: дрожжи, мальтазная активность, зимазная активность, подъемная сила, пищевая добавка.

Prospects for the use of complex additive to improve biotechnological characteristics of yeast *Saccharomyces Cerevisiae*

Alexandr V. Maslov	¹	maslov-aleksandr95@mail.ru	 0000-0001-5841-0705
Zamira Sh. Mingaleeva	¹	mingaleeva06@mail.ru	 0000-0003-3076-9104
Oksana V. Starovoitova	¹	starovoitova-oks@mail.ru	 0000-0003-0790-4582
Lilia I. Agzamova	¹	liliya.sch@mail.ru	 0000-0002-6558-0312
Olga A. Reshetnik	¹	roa.olga@mail.ru	 0000-0001-5322-0769

¹ Kazan National Research Technological University, K. Marksa, 68, Kazan, 420015, Russia

Abstract. One of the main factors affecting the quality of bread are microbiological and biochemical processes occurring in dough semi-finished products as a result of yeast activity. These processes can be controlled by regulating the biotechnological characteristics of yeast, which allows to intensify technological operations of baking production. Baking yeast should have high enzymatic activity, the ability to release carbon dioxide in anaerobic conditions and quickly adapt to changes in the composition of the nutrient medium. These properties of yeast can be improved by pre-activation in nutrient media containing components that intensify the synthesis of fermentation enzymes in yeast cells. The aim of the work was to study the effect of pre-activation of pressed baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* in nutrient media with food complex additive on their biotechnological characteristics: lifting force and enzymatic activity (zymase, maltase). Yeast lifting force was determined by accelerated method. Zymase and maltase activities were determined by measuring the time for which 10 cm³ of carbon dioxide is released during digestion of glucose and maltose solutions by yeast, respectively. The novelty of the work consists in the establishment of parameters of preliminary activation of baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* with the use of food complex additive. It is shown that the optimal duration of yeast pre-activation is 20 min. Pre-activation of pressed yeast contributed to the increase of their biotechnological characteristics: yeast lifting force increased by 46.9 %, zymase activity - by 37.7 %, maltase activity - by 13.4 %. The obtained results indicate the promising application of yeast pre-activation in nutrient medium with food complex additive in the production of bakery products.

Keywords: yeast, maltase activity, zymase activity, lifting power, food additive.

Для цитирования

Маслов А.В., Мингалеева З.Ш., Старовойтова О.В., Агзамова Л.И., Решетник О.А. Перспективы применения комплексной добавки для улучшения биотехнологических характеристик дрожжей *Saccharomyces Cerevisiae* // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 3. С. 96–101. doi:10.20914/2310-1202-2024-3-96-101

For citation

Maslov A.V., Mingaleeva Z.Sh., Starovoitova O.V., Agzamova L.I., Reshetnik O.A. Prospects for the use of complex additive to improve biotechnological characteristics of yeast *Saccharomyces Cerevisiae*. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 3. pp. 96–101. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-3-96-101

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

Введение

Энергетический обмен в клетках дрожжей *S. cerevisiae* происходит путем потребления углеводов, которые метаболизируются по пути гликолиза до этанола и диоксида углерода. При использовании дрожжей в хлебопекарном производстве выделяющийся диоксид углерода разрыхляет тесто. Предпочтительным источником углерода для дрожжей *S. cerevisiae* являются глюкоза и фруктоза, а также сахароза после гидролиза до глюкозы [8, 10]. В пшеничном тесте моно- и дисахариды присутствуют в небольшом количестве. Основным углеводом пшеничного теста является крахмал, который под действием амилолитических ферментов гидролизует до мальтозы [6]. В пшеничном тесте, приготовленном без добавления сахарозы, ранее существовавшие свободные сахара полностью ферментируются в течение первого часа, и в тесте остается только мальтоза, полученная из крахмала. Поэтому дрожжи, используемые при приготовлении теста, должны обладать высокой способностью усваивать не только глюкозу, фруктозу, но и мальтозу [4].

Активность ферментов дрожжевых клеток, участвующих при усвоении углеводов, зависит от наличия в питательной среде соответствующих сахаридов. В частности, известно, что индукция и подавление генов, задействованных при метаболизме глюкозы, зависит от присутствия или отсутствия глюкозы в среде для культивирования дрожжей [3].

Другие исследования показывают, что дрожжи *S. cerevisiae* способны реагировать на присутствие широкого спектра питательных веществ в окружающей среде с помощью сенсорных и сигнальных путей, которые идентифицируют питательные вещества, определяют их приблизительные концентрации, а также объединяют информацию из этих нескольких сигналов для регулирования экспрессии генов, роста, размножения и морфологии клеток [9, 11].

Описанные свойства дрожжевых клеток применяются в технологиях хлебопекарного производства в виде предварительной активации, которая проводится с целью улучшения биотехнологических свойств дрожжей [7]. Предварительная активация заключается в выдержке дрожжей в питательной среде, содержащей компоненты, которые способны ускорить синтез ферментов, задействованных в усвоении дрожжевыми клетками углеводов. Предварительная активация приводит к уменьшению себестоимости хлебопекарной продукции за счет сокращения длительности технологического процесса производства [2].

В последние годы наблюдается тенденция увеличения интереса к обогащенным пищевым продуктам. Проводятся исследования для создания хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности с применением растительного сырья [1]. Обзор литературы показал, что недостаточно широко представлены способы предварительной активации дрожжей с применением пищевых комплексных добавок, предназначенных для повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий.

Цель работы – исследование влияния предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в питательной среде с пищевой комплексной добавкой на их биотехнологические характеристики: подъемную силу и ферментативную активность (зимазная, мальтазная).

Пищевая комплексная добавка включает в себя источники биологически активных веществ природного происхождения: пророщенная спельта, мука пшеничная обойная, порошки семян тыквы, грибов вёшенки и ягод крыжовника.

Материалы и методы

Биотехнологические характеристики дрожжей оценивали путем определения подъемной силы и ферментативной активности (зимазная, мальтазная). Подъемную силу дрожжей определяли по методу всплывания шарика теста. Зимазную и мальтазную активность дрожжей оценивали газометрическим методом [7].

Предварительную активацию дрожжей проводили следующим образом. Готовили питательную среду влажностью 70% путем смешивания пищевой комплексной добавки и водопроводной воды температурой 32 °С. В готовую питательную среду вносили прессованные дрожжи и выдерживали при температуре 32 °С в течение 20, 30 и 40 мин. В качестве контрольных значений использовали результаты измерения подъемной силы и ферментативной активности дрожжей без выдерживания дрожжей в питательной смеси и без внесения пищевой комплексной добавки (Контроль 1), а также без выдерживания дрожжей в питательной смеси, но с внесением пищевой комплексной добавки (Контроль 2).

Результат представляли в виде среднего значения со стандартным отклонением.

Результаты

Исследовано влияние продолжительности предварительной активации дрожжей *S. cerevisiae* в питательной среде с пищевой комплексной добавкой на подъемную силу. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Влияние продолжительности предварительной активации дрожжей *S. cerevisiae* в питательной среде с пищевой комплексной добавкой на подъемную силу

Table 1.
Effect of duration of pre-activation of *S. cerevisiae* yeast in nutrient medium with food complex additive on lifting force

Продолжительность предварительной активации Pre-activation duration	Подъемная сила, мин Lift force, min
0 мин (Контроль 1) 0 min (Control 1)	14,13 ± 1,03
0 мин (Контроль 2) 0 min (Control 2)	11,18 ± 0,12
20 мин 20 min	5,94 ± 0,31
30 мин 30 min	6,98 ± 0,47
40 мин 40 min	9,23 ± 0,14

Составлено авторами | Compiled by the authors

Увеличение времени выдерживания дрожжей в питательной среде приводило к увеличению подъемной силы дрожжей. Оптимальная продолжительность предварительной активации дрожжей составляла 20 минут.

В дальнейшем определение влияния предварительной активации дрожжей *S. cerevisiae* на ферментативную активность проводили при оптимальной продолжительности предварительной активации. Результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2.
Влияние предварительной активации дрожжей *S. cerevisiae* в питательной среде с комплексной добавкой на ферментативную активность

Table 2.
Effect of pre-activation of *S. cerevisiae* yeast in nutrient medium with complex additive on enzymatic activity

Продолжительность предварительной активации, мин Pre-activation duration, min	Ферментативная активность, мин Enzyme activity, min	
	Зимазная Zimaznaya	Мальтазная Maltaznaya
0 мин (Контроль 1) 0 min (Control 1)	57,76 ± 1,36	149,52 ± 1,43
0 мин (Контроль 2) 0 min (Control 2)	24,64 ± 0,42	32,23 ± 0,24
20 мин 20 min	15,36 ± 0,73	27,92 ± 0,32

Составлено авторами | Compiled by the authors

Обсуждение

Исследования показали, что применение пищевой комплексной добавки способствует увеличению подъемной силы прессованных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Как видно из таблицы 1, внесение пищевой комплексной добавки способствует увеличению подъемной

силы дрожжей даже без выдерживания дрожжей в питательной среде (Контроль 2). Показатель подъемной силы для данного образца был на 20,8% выше по сравнению с образцом без добавления пищевой комплексной добавки и без выдерживания в питательной среде (Контроль 1). Полученные результаты свидетельствуют о том, что пищевая комплексная добавка содержит компоненты, которые легко усваиваются дрожжами. Максимальный показатель подъемной силы наблюдался при выдержке дрожжей в питательной среде в течение 20 мин. При этом подъемная сила дрожжей возрастала на 46,9% по сравнению с Контролем 2. Дальнейшее увеличение времени выдержки вело к снижению подъемной силы. Вероятно, это обусловлено многокомпонентным составной пищевой комплексной добавки, которая содержит не только сахара, содержащиеся в муке (например, глюкозу), а также другие моно- и дисахариды. В результате предварительной активации ферментный комплекс дрожжевых клеток приспособился к составу питательной среды. В первую очередь увеличивалась активность ферментов, субстратом для которых выступали основные компоненты питательной среды. Затем, когда основные источники энергии для дрожжей закончились, интенсифицировалась активность ферментов, отвечающих за усвоение остальных компонентов питательной среды. Сходные данные, демонстрирующие избирательность в усвоении углеводов дрожжами, приведены в исследовании [10].

Показатель подъемной силы является обобщенным показателем. В хлебопекарном производстве используются более специфичные показатели, характеризующие способность дрожжей усваивать конкретные сахара. Например, зимазная и мальтазная активности [5, 7].

Результаты исследования демонстрируют положительное влияние предварительной активации дрожжей *S. cerevisiae* на зимазную и мальтазную активности (таблица 2). Зимазная активность образца дрожжей с пищевой комплексной добавкой и без активации (Контроль 2) на 57,3% выше по сравнению с образцом дрожжей без добавки и без предварительной активации (Контроль 1). При этом зимазная активность дрожжей *S. cerevisiae*, прошедших предварительную активацию, на 73,4 и 37,7% выше по сравнению с (Контролем 1) и (Контролем 2), соответственно. Сопоставимые данные получены относительно мальтазной активности. Так, мальтазная активность Контроля 2 на 78,4% выше по сравнению с (Контролем 1). Мальтазная активность предварительно активированных дрожжей *S. cerevisiae* на 81,3 и 13,4% выше по сравнению с

(Контролем 1) и (Контролем 2), соответственно. Полученные данные подтверждают данные о положительном влиянии предварительной активации прессованных дрожжей на их биотехнологические показатели, полученные в исследованиях авторов [5, 7].

Заключение

Исследовано влияние предварительной активации хлебопекарных дрожжей *S. cerevisiae* на подъемную силу, зимазную и мальтазную активности. Установлено, что оптимальная продолжительность предварительной активации составляет 20 минут. Показано, что предварительная активация дрожжей увеличивает подъемную силу, зимазную и мальтазную активности.

Практическая значимость исследования заключается в оптимизации процесса предварительной активации прессованных хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* с использованием пищевой комплексной добавки. Применение предварительной активации дрожжей на хлебопекарных предприятиях будет способствовать сокращению технологического цикла производства продукции, за счет чего увеличится производительность и снизится себестоимость готовой продукции. Дальнейшие исследования следует направить на совершенствование технологии производства хлебобулочных изделий с использованием предварительной активации дрожжей в питательной среде, содержащей пищевую комплексную добавку.

Литература

- 1 Dubkova N.Z., Kharkov V.V., Vakhitov M.R. Using jerusalem artichoke powder in functional food production // *Foods and Raw Materials*. 2021. V. 9. № 1. P. 69–78. doi:10.21603/2308–4057–2021–1–69–78
- 2 Gélinas P. Inventions on baker's yeast storage and activation at the bakery plant // *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*. 2010. V. 2. № 1. P. 1–11. doi:10.2174/2212798411002010001
- 3 Hauf J., Zimmermann F.K., Müller S. Simultaneous genomic overexpression of seven glycolytic enzymes in the yeast *saccharomyces cerevisiae* // *Enzyme and Microbial Technology*. 2000. V. 26. № 9–10. P. 688–698. doi:10.1016/S0141–0229(00)00160–5
- 4 Naumov G.I., Naumoff D.G. Molecular genetic differentiation of yeast α -glucosidases: Maltase and isomaltase // *Microbiology*. 2012. V. 81. № 3. P. 276–280. doi:10.1134/S0026261712030101
- 5 Nazimova E.V., Markov A.S., Sergeeva I.Y., Romanov A.S. Changes in the biochemical properties of yeast during oxygen saturation of semi-finished bakery products // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 640. № 2. doi:10.1088/1755–1315/640/2/022005
- 6 Rebholz G.F., Sebald K., Dirndorfer S., Dawid C. et al. Impact of exogenous maltogenic α -amylase and maltotetraogenic amylase on sugar release in wheat bread // *European Food Research and Technology*. 2021. V. 247. № 6. P. 1425–1436. doi:10.1007/s00217–021–03721–1
- 7 Savelyeva E.V., Zinurova E.E., Mingaleeva Z.S., Maslov A.V. et al. The study of the possibility of using the additive of plant origin for improvement the quality of yeast and wheat bread // *Journal of Environmental Treatment Techniques*. 2019. № 7. P. 1036–1040.
- 8 Struyf N., Verspreet J., Verstrepen K.J., Courtin C.M. Investigating the impact of α -amylase, α -glucosidase and glucoamylase action on yeast-mediated bread dough fermentation and bread sugar levels // *Journal of Cereal Science*. 2017. V. 75. P. 35–44. doi:10.1016/j.jcs.2017.03.013
- 9 Wang X., Bali M., Medintz I., Michels C.A. Intracellular maltose is sufficient to induce MAL gene expression in *saccharomyces cerevisiae* // *Eukaryotic Cell*. 2002. V. 1. № 5. P. 696–703. doi:10.1128/EC.1.5.696–703.2002
- 10 Yoon S., Mukerjee R., Robyt J.F. Specificity of yeast (*saccharomyces cerevisiae*) in removing carbohydrates by fermentation // *Carbohydrate Research*. 2003. V. 338. № 10. P. 1127–1132. doi:10.1016/S0008–6215(03)00097–1
- 11 Zhang C., Song H., Lin X., Bai X. et al. Expression, purification and characterization of maltase from “quick” baker's yeast // *Advances in Applied Biotechnology: Proceedings of the 2nd International Conference on Applied Biotechnology (ICAB 2014)-Volume II*. Springer Berlin Heidelberg, 2015. P. 265-275. doi:10.1007/978–3–662–46318–5_29
- 12 Nandy S.K., Srivastava R.K. A review on sustainable yeast biotechnological processes and applications // *Microbiological research*. 2018. V. 207. P. 83-90.
- 13 Jofre F.M., Queiroz S.D.S., Sanchez D.A., Arruda P.V. et al. Biotechnological potential of yeast cell wall: An overview // *Biotechnology Progress*. 2024. P. e3491.
- 14 Padilla B., Gil J.V., Manzanares P. Past and future of non-Saccharomyces yeasts: From spoilage microorganisms to biotechnological tools for improving wine aroma complexity // *Frontiers in microbiology*. 2016. V. 7. P. 411.
- 15 Palma M.L., Zamith-Miranda D., Martins F.S., Bozza F.A. et al. Probiotic *Saccharomyces cerevisiae* strains as biotherapeutic tools: is there room for improvement? // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2015. V. 99. P. 6563-6570.
- 16 Rai A.K., Pandey A., Sahoo D. Biotechnological potential of yeasts in functional food industry // *Trends in Food Science & Technology*. 2019. V. 83. P. 129-137.
- 17 Parapouli M., Vasileiadis A., Afendra A.S., Hatziloukas E. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications // *AIMS microbiology*. 2020. V. 6. №. 1. P. 1.
- 18 Fernandez-Pacheco P., Arévalo-Villena M., Bevilacqua A., Corbo M.R. et al. Probiotic characteristics in *Saccharomyces cerevisiae* strains: Properties for application in food industries // *Lwt*. 2018. V. 97. P. 332-340.
- 19 Zakhartsev M., Reuss M. Cell size and morphological properties of yeast *Saccharomyces cerevisiae* in relation to growth temperature // *FEMS yeast research*. 2018. V. 18. №. 6. P. foy052.
- 20 Heitmann M., Zannini E., Arendt E. Impact of *Saccharomyces cerevisiae* metabolites produced during fermentation on bread quality parameters: A review // *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. V. 58. №. 7. P. 1152-1164.

References

- 1 Dubkova N.Z., Kharkov V.V., Vakhitov M.R. Using jerusalem artichoke powder in functional food production. *Foods and Raw Materials*. 2021. vol. 9. no. 1. pp. 69–78. doi:10.21603/2308-4057-2021-1-69-78
- 2 Gélinas P. Inventions on baker's yeast storage and activation at the bakery plant. *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*. 2010. vol. 2. no. 1. pp. 1–11. doi:10.2174/2212798411002010001
- 3 Hauf J., Zimmermann F.K., Müller S. Simultaneous genomic overexpression of seven glycolytic enzymes in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme and Microbial Technology*. 2000. vol. 26. no. 9–10. pp. 688–698. doi:10.1016/S0141-0229(00)00160-5
- 4 Naumov G.I., Naumoff D.G. Molecular genetic differentiation of yeast α -glucosidases: Maltase and isomaltase. *Microbiology*. 2012. vol. 81. no. 3. pp. 276–280. doi:10.1134/S0026261712030101
- 5 Nazimova E.V., Markov A.S., Sergeeva I.Y., Romanov A.S. Changes in the biochemical properties of yeast during oxygen saturation of semi-finished bakery products. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. vol. 640. no. 2. doi:10.1088/1755-1315/640/2/022005
- 6 Rebholz G.F., Sebald K., Dirndorfer S., Dawid C. et al. Impact of exogenous maltogenic α -amylase and maltotetraogenic amylase on sugar release in wheat bread. *European Food Research and Technology*. 2021. vol. 247. no. 6. pp. 1425–1436. doi:10.1007/s00217-021-03721-1
- 7 Savelyeva E.V., Zinurova E.E., Mingaleeva Z.S., Maslov A.V. et al. The study of the possibility of using the additive of plant origin for improvement the quality of yeast and wheat bread. *Journal of Environmental Treatment Techniques*. 2019. no.7. pp. 1036–1040.
- 8 Struyf N., Verspreet J., Verstrepen K.J., Courtin C.M. Investigating the impact of α -amylase, α -glucosidase and glucoamylase action on yeast-mediated bread dough fermentation and bread sugar levels. *Journal of Cereal Science*. 2017. vol. 75. pp. 35–44. doi:10.1016/j.jcs.2017.03.013
- 9 Wang X., Bali M., Medintz I., Michels C.A. Intracellular maltose is sufficient to induce MAL gene expression in *Saccharomyces cerevisiae*. *Eukaryotic Cell*. 2002. vol. 1. no. 5. pp. 696–703. doi:10.1128/EC.1.5.696-703.2002
- 10 Yoon S., Mukerjee R., Robyt J.F. Specificity of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in removing carbohydrates by fermentation. *Carbohydrate Research*. 2003. vol. 338. no. 10. pp. 1127–1132. doi:10.1016/S0008-6215(03)00097-1
- 11 Zhang C., Song H., Lin X., Bai X. et al. Expression, purification and characterization of maltase from “quick” baker’s yeast. *Advances in Applied Biotechnology: Proceedings of the 2nd International Conference on Applied Biotechnology (ICAB 2014)-Volume II*. Springer Berlin Heidelberg, 2015. pp. 265-275. doi:10.1007/978-3-662-46318-5_29
- 12 Nandy S.K., Srivastava R.K. A review on sustainable yeast biotechnological processes and applications. *Microbiological research*. 2018. vol. 207. pp. 83-90.
- 13 Jofre F.M., Queiroz S.D.S., Sanchez D.A., Arruda P.V. et al. Biotechnological potential of yeast cell wall: An overview. *Biotechnology Progress*. 2024. pp. e3491.
- 14 Padilla B., Gil J.V., Manzanares P. Past and future of non-Saccharomyces yeasts: From spoilage microorganisms to biotechnological tools for improving wine aroma complexity. *Frontiers in microbiology*. 2016. vol. 7. pp. 411.
- 15 Palma M.L., Zamith-Miranda D., Martins F.S., Bozza F.A. et al. Probiotic *Saccharomyces cerevisiae* strains as biotherapeutic tools: is there room for improvement? *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2015. vol. 99. pp. 6563-6570.
- 16 Rai A.K., Pandey A., Sahoo D. Biotechnological potential of yeasts in functional food industry. *Trends in Food Science & Technology*. 2019. vol. 83. pp. 129-137.
- 17 Parapouli M., Vasileiadis A., Afendra A.S., Hatziloukas E. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS microbiology*. 2020. vol. 6. no. 1. pp. 1.
- 18 Fernandez-Pacheco P., Arévalo-Villena M., Bevilacqua A., Corbo M.R. et al. Probiotic characteristics in *Saccharomyces cerevisiae* strains: Properties for application in food industries. *Lwt*. 2018. vol. 97. pp. 332-340.
- 19 Zakhartsev M., Reuss M. Cell size and morphological properties of yeast *Saccharomyces cerevisiae* in relation to growth temperature. *FEMS yeast research*. 2018. vol. 18. no. 6. pp. foy052.
- 20 Heitmann M., Zannini E., Arendt E. Impact of *Saccharomyces cerevisiae* metabolites produced during fermentation on bread quality parameters: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. vol. 58. no. 7. pp. 1152-1164.

Сведения об авторах

Александр В. Маслов к.т.н., старший преподаватель, кафедра технологии пищевых производств, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия, maslov-aleksandr95@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5841-0705>

Замира Ш. Мингалева д.т.н., заведующий кафедрой, кафедра технологии пищевых производств, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия, mingaleeva06@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3076-9104>

Оксана В. Старовойтова к.т.н., доцент, кафедра технологии пищевых производств, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия, starovoitova-oks@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0790-4582>

Information about authors

Alexandr V. Maslov Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, food production technology department, Kazan National Research Technological University, Karl Marx street, 68, Kazan, 420015, Russia, maslov-aleksandr95@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5841-0705>

Zamira Sh. Mingaleeva Dr. Sci. (Engin.), head of the department, food production technology department, Kazan National Research Technological University, Karl Marx street, 68, Kazan, 420015, Russia, mingaleeva06@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3076-9104>

Oksana V. Starovoitova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, food production technology department, Kazan National Research Technological University, Karl Marx street, 68, Kazan, 420015, Russia, starovoitova-oks@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0790-4582>

Лилия И. Агзамова к.т.н., доцент, кафедра общей химии и биотехнологии Нижнекамского химико-технологического института, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия, liliya.sch@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6558-0312>

Ольга А. Решетник д.т.н., профессор, кафедра технологии пищевых производств, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия, roa.olga@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5322-0769>

Вклад авторов

Александр В. Маслов обзор источников информации, проведение экспериментальных исследований, анализ экспериментальных данных и корректировка рукописи

Замира Ш. Мингалеева администрирование и разработка концепции исследования, анализ экспериментальных данных и корректировка рукописи

Оксана В. Старовойтова консультация в ходе исследования

Лилия И. Агзамова консультация в ходе исследования

Ольга А. Решетник консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Lilia I. Agzamova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, general chemistry and biotechnology department of Nizhnekamsk Chemical Technological Institute, Kazan National Research Technological University, Karl Marx street, 68, Kazan, 420015, Russia, liliya.sch@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6558-0312>

Olga A. Reshetnik Dr. Sci. (Engin.), professor, food production technology department, Kazan National Research Technological University, Karl Marx street, 68, Kazan, 420015, Russia, roa.olga@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5322-0769>

Contribution

Alexandr V. Maslov reviewed literature, conducted experimental studies and data analysis, and edited the manuscript

Zamira Sh. Mingaleeva developed the study concept, administered the research, analyzed experimental data, and edited the manuscript

Oksana V. Starovoitova consultation during the study

Lilia I. Agzamova consultation during the study

Olga A. Reshetnik consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 23/07/2024	После редакции 16/08/2024	Принята в печать 02/09/2024
Received 23/07/2024	Accepted in revised 16/08/2024	Accepted 02/09/2024