

АНАЛИЗ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СОЗРЕВАНИИ РЖАНЫХ ЗАКВАСОК НА ОСНОВЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

С.П. Меренкова, merenkovasp@susu.ru

П.С. Петрушенко, petrushenkopolina15@gmail.com

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Пробиотические закваски для хлебопекарного производства влияют на биохимические процессы при созревании полуфабрикатов, обогащают хлеб ценными нутриентами, оказывают влияние на его вкус, аромат, пролонгируют срок хранения. Цель работы заключалась в исследовании биотехнологических свойств жидких ржанных заквасок с ведением пробиотических микроорганизмов рода *Bifidobacterium*. Объектами исследования служили образцы ржаной закваски с заваркой, приготовленной по Ленинградской схеме, и закваски из ржаной муки, приготовленной на основе концентрата бифидобактерий и дрожжей рода *S. Minor*, брожение закваски осуществляли при температурных режимах 37 и 42 °С. Изменяя температурные параметры брожения, можно интенсифицировать процессы накопления кислот и углекислого газа, сократить продолжительность созревания закваски. Закваска на основе концентрата бифидобактерий наиболее активно накапливает кислотность при 42 °С, достигает через 4 часа титруемой кислотности 10,8 °Н, аккумулирует до 85 мг/мл молочной кислоты, тогда как Ленинградская закваска наиболее активно выбраживается при 27 °С. Образцы Б-42 и Б-37 характеризовались лучшими значениями подъемной силы полуфабриката через 4 часа брожения, что свидетельствует об интенсивном накоплении CO₂. При температуре брожения 42 °С вязкость заквасок была наиболее высокой и достигла значений 165–170 Па·с. При микроскопии зрелых заквасок на основе БифидоПлюс были обнаружены скопления палочковидных изогнутых бифидобактерий, различных по форме. В ленинградских заквасочных культурах наблюдались как палочковидные лактококки, так и стрептококки, кластеры дрожжевых клеток. Результаты исследований доказали, что изменяя состав микроорганизмов в закваске и температуру ферментации, можно эффективно управлять скоростью созревания закваски, интенсифицировать накопление органических кислот и углекислого газа. Качество ржаной закваски на основе бифидобактерий по технологическим показателям сопоставимо с качеством традиционной закваски на основе культур молочнокислых бактерий.

Ключевые слова: ржанные закваски, пробиотические микроорганизмы, созревание заквасок, титруемая кислотность, молочная кислота, подъемная сила полуфабриката

Для цитирования: Меренкова С.П., Петрушенко П.С. Анализ биотехнологических процессов при созревании ржанных заквасок на основе пробиотических микроорганизмов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2025. Т. 13, № 2. С. 103–111. DOI: 10.14529/food250211

Original article
DOI: 10.14529/food250211

ANALYSIS OF BIOTECHNOLOGICAL PROCESSES DURING THE MATURATION OF RYE SOURDOUGH BASED ON PROBIOTIC MICROORGANISMS

S.P. Merenkova, merenkovasp@susu.ru

P.S. Petrushenko, petrushenkopolina15@gmail.com

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Probiotic sourdough starters for bakery production influence biochemical processes during the ripening of semi-finished products, enrich bread with valuable nutrients, influence its taste, flavor, prolong shelf life. The aim of the work was to investigate the biotechnological properties of liquid rye sourdough starter with probiotic microorganisms of the genus *Bifidobacterium*. The research objects were samples of rye sourdough starter prepared according to the Leningrad scheme and rye flour sourdough starter prepared on the basis of *Bifidobacterium* concentrate and yeast *S. Minor*. Fermentation of sourdough starter was carried out at temperature regimes – 37 and 42 °C. By changing the temperature parameters of fermentation, it is possible to intensify the processes of accumulation of acids and carbon dioxide, reduce the duration of sourdough maturation. *Bifidobacteria*-based sourdough, most actively accumulates acidity at 42 °C, reaches a titratable acidity of 10.8 °H after 4 hours, accumulates up to 85 mg/mL of lactic acid, while the Leningrad sourdough is most actively ripening at 27 °C. Sourdough samples B-42 and B-37 were characterized by the best values of the lifting power after 4 hours of fermentation. At fermentation temperature of 42 °C, the viscosity of sourdough starter was the highest and reached values of 165–170 Pa*s. Microscopy of mature sourdough starter based on *bifidobacteria* revealed clusters of bacilli-form curved bacteria variously shaped. In Leningrad sourdough cultures both bacilliform lactococci and streptococci, clusters of yeast cells were observed. The results proved that by changing the composition of microorganisms in sourdough and fermentation temperature, it is possible to effectively manage the rate of sourdough maturation, intensify the accumulation of organic acids and carbon dioxide. The quality of rye sourdough based on *bifidobacteria* is technologically comparable to the quality of traditional sourdough based on cultures of lactic acid bacteria.

Keywords: rye sourdough, probiotic microorganisms, sourdough maturation, titratable acidity, lactic acid, semifinished product lifting power

For citation: Merenkova S.P., Petrushenko P.S. Analysis of biotechnological processes during the maturation of rye sourdough based on probiotic microorganisms. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2025, vol. 13, no. 2, pp. 103–111. (In Russ.) DOI: 10.14529/food250211

Введение

В основе технологий хлеба из ржаной муки лежит использование заквасок с направленным культивированием молочнокислых бактерий и дрожжей, связанное с особенностями структуры и свойств белков и углеводов ржаной муки, обуславливающих ее хлебопекарные свойства [1, 2]. Вид закваски и состав консорциума микроорганизмов оказывают значительное влияние на характер и интенсивность биотехнологических процессов при созревании закваски, а также на потребительские характеристики готового хлеба. Для производства ржаных и ржано-пшеничных

сортów хлеба традиционно используют густые и жидкие закваски с заваркой или без заварки, выведенные на чистых культурах микроорганизмов по трёхфазной схеме разводочного цикла и непрерывно поддерживаемые путём периодического освежения [3, 4].

Современные технологии использования заквасок связаны с использованием новых видов сырьевых компонентов, варьированием параметров выведения и созревания закваски, исследованием биотехнологических свойств различных таксономических групп микроорганизмов [5–7].

Хлеб как один из главных продуктов пи-

тания требует особого внимания при производстве, а применение новых технологий и ингредиентов становится все более актуальным [8, 9]. Применение пробиотических заквасок может изменить состав микрофлоры теста, активировать или ингибировать определенные ферменты, что способствует улучшению текстуры хлеба, повышению его питательной ценности и формированию уникальных органолептических свойств [10–12]. Пробиотические закваски для хлебопекарного производства могут существенно изменять биохимические процессы, происходящие при созревании полуфабрикатов, они обогащают хлеб ценными нутриентами, оказывают влияние на его вкус, аромат, текстуру и пористость, а также пролонгируют срок хранения [13, 14].

Использование пробиотических микроорганизмов в хлебопекарном производстве оправдано с точки зрения накопления физиологически ценных метаболитов в период брожения – органических кислот, короткоцепочечных жирных кислот, пептидов и аминокислот, экзполисахаридов, ферментов, бактериоцинов. Бактериальные лизаты и продукты метаболизма пробиотических микроорганизмов, относящиеся к постбиотикам, сохраняют полезные свойства даже после температурной обработки и способны проявлять широкий перечень положительных физиологических эффектов – стимулировать иммунную систему, нивелировать стрессовое состояние и воспалительные процессы, и прежде всего, нормализовать работу пищеварительного тракта [15, 16].

В традиционной технологии для выведения хлебных заквасок используют лиофилизированный лактобактерин, содержащий биомассу штаммов молочнокислых бактерий (*L. plantarum* 30, *L. casei* 26, *L. brevis* 1, *L. fermentum* 34), которые составляют основную микрофлору закваски. В первую фазу разводочного цикла вводят регидратированный лактобактерин и водную суспензию дрожжей *S. minor* штамма Чернореченский [3, 17].

Рекомендуемые для хлебопечения закваски, содержащие пробиотические микроорганизмы, к которым относят ацидофильную, пропионовую, комплексную закваску, обладают повышенной антибиотической активностью, благодаря биосинтезу низиноподобных компонентов, органических кислот, бактериоцинов, что способствует предупреждению развития бактериальной и плесневой порчи

хлеба. Стоит отметить ряд преимуществ использования нетрадиционных для хлебопечения бифидобактерий в составе ржаной закваски. Применение симбиотической закваски, содержащей бактерии рода *Bifidobacterium*, представляет собой инновационный подход к созданию функционального хлеба, так как гетероферментативные молочнокислые бактерии способны синтезировать широкий перечень органических кислот (молочная, уксусная, муравьиная и янтарная), а также летучих ди-, трикарбоновых кислот, формирующих специфический вкус и аромат хлеба. Бифидобактерии участвуют в разрыхлении теста в результате интенсивного образования углекислого газа. Кроме того, бактерии рода *Bifidobacterium* обладают витаминообразующей функцией и антибиотической активностью [18–20].

Закваска БифидоПлюс (производитель БакЗдрав), разработанная на основе штаммов *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium bidum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium longum* ssp. *longum*, *Bifidobacterium longum* subsp. *infantis*, *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*, представляет собой симбиотический консорциум микроорганизмов, обладающих доказанной физиологической полезностью [21].

Цель данной работы заключалась в исследовании изменений биотехнологических свойств жидких ржанных заквасок с ведением пробиотических микроорганизмов рода *Bifidobacterium* в процессе брожения

Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили образцы жидкой ржаной закваски с заваркой, приготовленной по Ленинградской схеме, и закваски из ржаной муки и заварки, приготовленной на основе концентрата бифидобактерий и дрожжей рода *S. Minor* [3].

В полуфабрикатах определяли органолептические и физико-химические показатели в течение 1-й фазы разводочного цикла. Свойства заквасок оценивали в динамике в течение 4-х часов брожения по титруемой кислотности, накоплению молочной кислоты (спектрофотометрическим методом) и подъемной силе закваски, для определения показателей использовали общепринятые методы исследования. Динамическую вязкость определяли при температуре 20 °C с использованием вибрационного вискозиметра A&D SV-10.

Микроскопию зрелых заквасок (состав микрофлоры заквасок и морфологические свойства), окрашенных по Грамму, проводили с применением светового микроскопа при увеличении $\times 400$.

Результаты исследования и обсуждение

Для исследований было приготовлено 4 образца ржаной закваски, два образца, – на сухих заквасочных культурах пробиотических бактерий; два образца, – традиционная Ленинградская закваска, брожение закваски осуществляли при двух температурных режимах. В таблице представлены рецептура и режимы приготовления ржаной закваски на заварке.

Через 4 ч брожения в заквасках наблюдались признаки бродильной активности. Биомасса заквасок имела губчатую структуру с вязкой и пористой консистенцией, запах был выраженный кислотный, слегка спиртовой – для Ленинградской закваски, выраженный кисломолочный – для закваски БифидоПлюс.

Анализ полученных результатов показал, что изменяя температурные параметры брожения закваски, можно интенсифицировать процессы накопления кислот и углекислого газа, сократить продолжительность созревания закваски (рис. 1). Закваска на основе концентрата бифидобактерий наиболее активно накапливает кислотность при $42\text{ }^{\circ}\text{C}$, достигает через 4 часа титруемой кислотности $10,8\text{ }^{\circ}\text{H}$, аккумулирует до 85 мг/мл молочной кислоты, тогда как Ленинградская закваска наиболее

активно выражается при $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (кислотность – $11,5\text{ }^{\circ}\text{H}$, концентрация молочной кислоты – 60 мг/мл) (рис. 1а и 1с).

Результаты аккумуляирования молочной кислоты коррелируют со значениями подъемной силы и характеризуют интенсивность накопления CO_2 . Закономерно, наиболее активно газообразование происходило в образцах с пробиотическими заквасками при температуре брожения $42\text{ }^{\circ}\text{C}$; а для заквасок на основе лактобактерий – при $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, образцы Б-42 и Б-37 характеризовались лучшими значениями подъемной силы полуфабриката через 4 часа брожения (рис. 1б).

Более высокая скорость кислотонакопления и лучшая подъемная сила в закваске, приготовленной на основе бифидобактерий при температуре $42\text{ }^{\circ}\text{C}$, связана с более активным накоплением биомассы бродильной микрофлоры в присутствии бифидогенных факторов (олигосахаридов, гликоолигосахаридов), содержащихся в питательной смеси закваски на основе ржаной муки при оптимальных условиях роста [21].

В процессе жизнедеятельности микроорганизмы синтезируют метаболиты – пептиды, экзополисахариды, которые влияют на структуру пищевой системы закваски. Изменяя состав микрофлоры закваски и температуру ферментации, можно изменить реологические свойства полуфабриката, такие как вязкость заквасочной культуры. На рис. 2 представлена динамика вязкости заквасок Ленинградской и

Рецептура и режим приготовления ржанных заквасок

Ингредиенты	Образец Б-37	Образец Б-42	Образец Л-37	Образец Л-42
Активированная закваска, г	100 БифидоПлюс	100 БифидоПлюс	100 Ленинградская закваска	100 Ленинградская закваска
Активированные дрожжи (1:3), г	5	5	5	5
Мука ржаная обдирная, г	50	50	50	50
Мука осахаренная, г	50	50	50	50
Вода, мл	100	100	100	100
Температура брожения, $^{\circ}\text{C}$	37	42	37	42
Конечная кислотность, град	10–12			
Продолжительность брожения, ч	4–5			

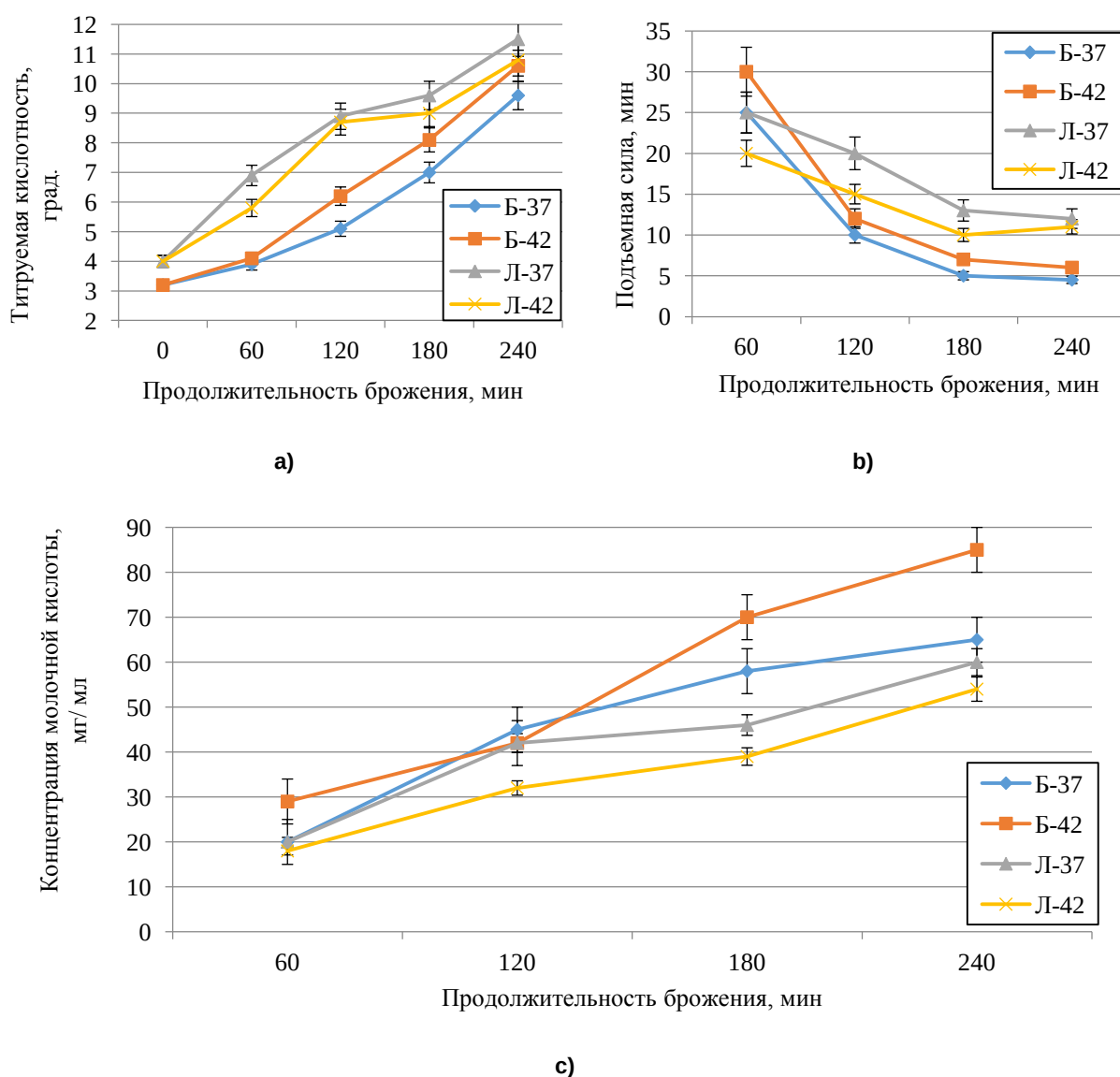


Рис. 1. Динамика биотехнологических показателей созревания ржаной закваски
а) титруемая кислотность; б) подъемная сила; в) концентрация молочной кислоты

БифидоПлюс в зависимости от температуры ферментации.

Установлено, что при значениях температуры 42 °С вязкость заквасок была наиболее высокой и достигла значений 165–170 Па·с через 4 часа брожения. При температуре 37 °С вязкость составила 132–135 Па·с через 240 минут ферментации. Максимального значения вязкость полуфабрикатов достигала у Ленинградской закваски через 240 минут брожения при температуре 42 °С.

Микроскопию зрелых заквасок, окрашенных по Грамму, проводили с применением светового микроскопа при увеличении $\times 400$. В заквасках на основе БифидоПлюс были обнаружены грамположительные стрептококки и скопления палочковидных изогнутых бактерий, различных по форме. В ленинградских заквасочных культурах наблюдались как палочковидные лактококки, так и стрептококки, обнаружены кластеры дрожжевых клеток (рис. 3).

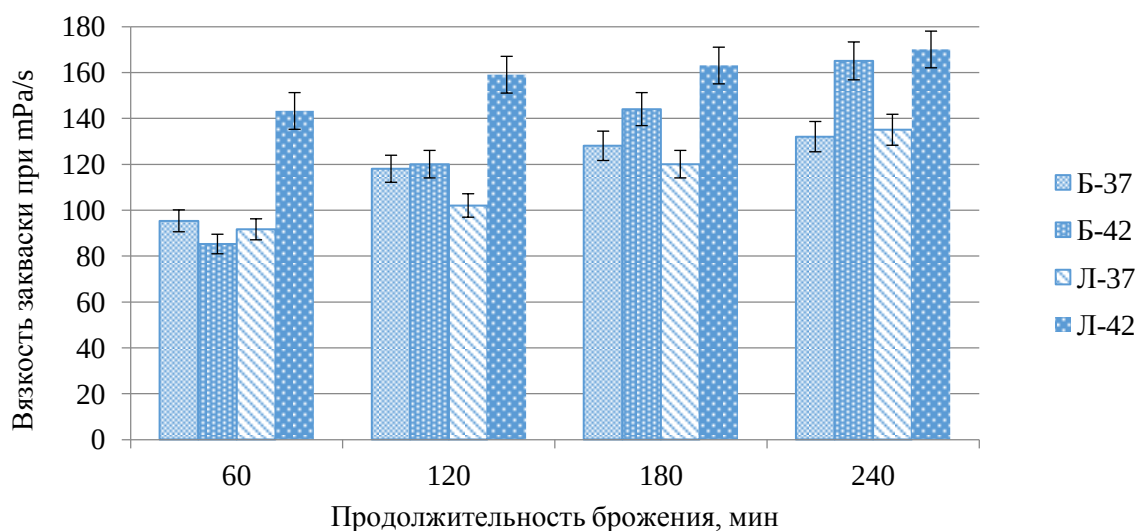


Рис. 2. Изменение вязкости заквасок в процессе брожения

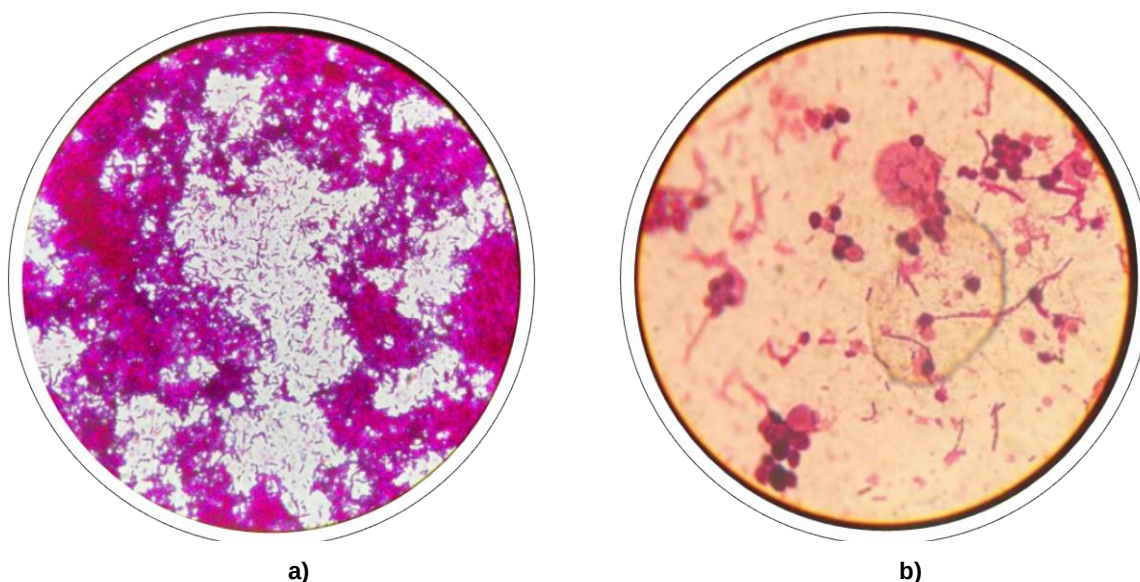


Рис. 3. Микроскопия зрелых ржанных заквасок
а) закваска на основе бифидобактерий; б) закваска «Ленинградская»

Заключение

Таким образом, результаты исследований доказали, что изменяя состав микроорганизмов в закваске и температуру ферментации, можно эффективно управлять скоростью созревания закваски, интенсифицировать накопление органических кислот и углекислого газа. Установлено, что качество ржаной закваски на основе бифидобактерий

по технологическим показателям сопоставимо с качеством традиционной закваски на основе культур молочнокислых бактерий. Введение пробиотической микрофлоры в состав микрофлоры закваски способствует изменению биотехнологических процессов созревания полуфабрикатов, а также влияет на формирование вкусовых качеств и структуры хлеба.

Список литературы

1. Современные технологии приготовления теста на хлебопекарных предприятиях: учебное пособие / Л.И. Кузнецова, О.А. Савкина, Г.В. Терновской, Е.С. Иванова. Кемерово: КемГУ, 2015. 270 с.
2. Микрофлора хлебных заквасок: видовое разнообразие и взаимодействие / М.Н. Локачук, О.А. Савкина, Е.Н. Павловская, Л.И. Кузнецова // Хлебопродукты. 2020. № 4 С. 52–55.
3. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий / Р.Д. Поландова [и др.]; под ред. А.П. Косована. – М.: ОАО «Московская типография № 2». 2008. 268 с.
4. De Vuyst L., Neysens P. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions // Trends in Food Science & Technology. 2005. No. 16. P. 43–56. DOI: 10.1016/j.tifs.2004.02.012
5. Изменение микробиоты густой ржаной закваски в процессе длительного ведения / М.Н. Локачук, В.К. Хлесткин, О.А. Савкина [и др.] // Хлебопродукты. 2020. № 11. С. 33–37.
6. Вершинина О.Л., Гончар В.В., Росляков Ю.Ф. Разработка ржаной симбиотической естественной закваски для хлебопечения // Хлебопродукты. 2016. № 2. С. 40–42.
7. Сравнительная оценка показателей ржаного хлеба на заквасках спонтанного брожения / З.А. Бочкарева [и др.]. // Ползуновский вестник. 2021. № 1. С. 23–30.
8. Меренкова С.П., Потороко И.Ю., Девяткин Д.И. Влияние растительных биоактивных добавок на технологические аспекты производства, пищевую ценность и потребительские характеристики хлеба из пшеничной обойной муки // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2022. № 6 (390). С. 34–40.
9. Меренкова С.П., Девяткин Д.И. Перспективы применения компонентов семян масличных культур в технологии хлеба // Ползуновский вестник. 2024. № 2, С. 46–52. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.006
10. O'Sullivan M.G., O'Brien N.M. Probiotics: A review of their role in health and disease // Nutrition Research Reviews. 2006. Vol. 19(2). P. 145–154. DOI: 10.1079/NRR2006123
11. Ghosh S., Das S. Role of probiotics in food preservation and health benefits: A review on recent advancements // Food Control. 2021. Vol. 126. 108041. DOI: 10.1016/j.foodcont.2021.108041
12. Хамагаева И.С. Исследование пробиотических свойств комбинированной закваски // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 1. С. 2–4.
13. Liu Y., Zhang Y. The impact of probiotics on the fermentation and quality of bread: A review // Journal of Food Science. 2020. Vol. 85(5). P. 1200–1210. DOI: 10.1111/1750-3841.15044
14. Khalil A., Abo El-Nour M. Impact of probiotic strains on the quality characteristics of bread: A systematic review and meta-analysis // Journal of Cereal Science. 2020. Vol. 95. P. 102–110. DOI: 10.1016/j.jcs.2020.102110
15. Biavati B., Mattarelli P. The Family Bifidobacteriaceae // The Prokaryotes. Third Edition: a handbook on the Biology of Bacteria: Synbiotic Association, Biotechnology, Applied Microbiology. Singapore: Springer Science, 2006. Vol. 3. P. 322–382. DOI: 10.1007/0-387-30743-5_17
16. Fellis G.E., Dellagio F. Taxonomy of Lactobacilli and Bifidobacteria // Curr. Issues Intest Microbiol. 2007. Vol. 8. P. 44–61.
17. Исследование качества ржаной обдирной муки и ее пенообразующей способности / Л.И. Кузнецова, М.С. Бурыкина, О.А. Савкина и др. // Хлебопечение России. 2021. № 1. С. 47–50.
18. Функ И.А., Иркитова А.Н. Биотехнологический потенциал бифидобактерий // Acta Biologica Sibirica. 2016. Vol. 2 (4). P. 67–79. DOI: 10.14258/abs.v2i4.1707
19. Меренкова С.П., Резанова М.А. Технологические аспекты получения ферментированных напитков антиоксидантной направленности на основе зернового сырья // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 1. С. 76–85. DOI: 10.14529/food220109
20. Биологические свойства и симбиотические взаимоотношения бифидобактерий человека / А.И. Хавкин, О.В. Бухарин, Н.Б. Перунова и др. // Вопросы практической педиатрии. 2023. Vol. 18(2). P. 54–64. DOI: 10.20953/1817-7646-2023-2-54-64
21. Захарова Ю.В., Леванова Л.А. Современные представления о таксономии, морфологических и функциональных свойствах бифидобактерий // Фундаментальная и клиническая медицина. 2018. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-predstavleniya-o-taksonomii-morfologicheskikh-i-funktsionalnyh-svoystvah-bifidobakteriy> (дата обращения: 21.05.2025).

References

1. Kuznetsova L.I., Savkina O.A., Ternovskoy G.V., Ivanova E.S. *Sovremennye tekhnologii prigotovleniya testa na khlebopekarnykh predpriyatiyakh* [Modern technologies of dough preparation at bakeries]. Kemerovo, 2015. 270 p.
2. Tkachuk M.N., Savkina O.A., Pavlovskaya E.N., Kuznetsova L.I. Microflora of bread sourdough: species diversity and interaction. *Bread products*, 2020, no. 4, pp. 52–55. (In Russ.)
3. Polandova R.D. et al. *Sbornik sovremennykh tekhnologiy khlebobulochnykh izdeliy* [Collection of modern technologies of bakery products]. Moscow, 2008, no. 2. 268 p.
4. De Vuyst L., Neysens P. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*, 2005, no. 16, pp. 43–56. DOI: 10.1016/j.tifs.2004.02.012
5. Lokaychuk M.N., Khlestkin V.K., Savkina O.A. et al. Changes in the microbiota of thick rye sourdough during long-term management. *Bread products*, 2020, no. 11, pp. 33–37. (In Russ.)
6. Vershinina O.L., Gonchar V.V., Roslyakov Yu.F. Development of a rye symbiotic natural sourdough for baking. *Bread products*, 2016, no. 2, pp. 40–42. (In Russ.)
7. Bochkareva Z.A. et al. Comparative evaluation of rye bread on starter cultures of spontaneous fermentation. *Polzunovsky bulletin*, 2021, no. 1, pp. 23–30. (In Russ.)
8. Merenkova S.P., Potoroko I.Yu., Devyatkin D.I. Influence of plant bioactive additives on technological aspects of production, nutritional value and consumer characteristics of bread made from wheat flour. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Food technology*, 2022, no. 6 (390), pp. 34–40. (In Russ.)
9. Merenkova S.P., Devyatkin D.I. Prospects for the use of oilseed components in bread technology. *Polzunovsky Bulletin*, 2024, no. 2, pp. 46–52. (In Russ.) DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.006
10. O'Sullivan M.G., O'Brien N.M. Probiotics: A review of their role in health and disease. *Nutrition Research Reviews*, 2006, vol. 19(2), pp. 145–154. DOI: 10.1079/NRR2006123
11. Ghosh S., Das S. Role of probiotics in food preservation and health benefits: A review on recent advancements. *Food Control*, 2021, vol. 126, 108041. DOI: 10.1016/j.foodcont.2021.108041
12. Khamagaeva I.S. Investigation of probiotic properties of combined starter culture. *Technique and technology of food production*, 2013, no. 1, pp. 2–4. (In Russ.)
13. Liu Y., Zhang Y. The impact of probiotics on the fermentation and quality of bread: A review. *Journal of Food Science*, 2020, vol. 85(5), pp. 1200–1210. DOI: 10.1111/1750-3841.15044
14. Khalil A., Abo El-Nour M. Impact of probiotic strains on the quality characteristics of bread: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Cereal Science*, 2020, vol. 95, pp. 102–110. DOI: 10.1016/j.jcs.2020.102110
15. Biavati B., Mattarelli P. The Family Bifidobacteriaceae. *The Prokaryotes. Third Edition: a handbook on the Biology of Bacteria: Synbiotic Association, Biotechnology, Applied Microbiology*. Singapore: Springer Science, 2006, vol. 3, pp. 322–382. DOI: 10.1007/0-387-30743-5_17
16. Fellis G.E., Dellagio F. Taxonomy of Lactobacilli and Bifidobacteria. *Curr. Issues Intest Microbiol.*, 2007, vol. 8, pp. 44–61.
17. Kuznetsova L.I., Burykina M.S., Savkina O.A., Nutchina M.A., Parakhina O.I. Investigation of the quality of rye flaked flour and its foaming ability. *Bakery of Russia*, 2021, no. 1, pp. 47–50. (In Russ.)
18. Funk I.A., Irkitova A.A. Biotechnological potential of bifidobacteria. *Acta Biologica Sibirica*, 2016, vol 2 (4), pp. 67–79. (In Russ.) DOI: 10.14258/abs.v2i4.1707
19. Merenkova S.P., Rezanova M.A. Technological aspects of producing fermented beverages with antioxidant properties based on grain raw materials. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 1, pp. 76–85. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220109
20. Khavkin A.I., Bukharin O.V., Perunova N.B., Ivanova E.V., Sitkin S.I. Biological properties and symbiotic relationships of human bifidobacteria. *Questions of practical pediatrics*, 2023, vol. 18(2), pp. 54–64. (In Russ.) DOI: 10.20953/1817-7646-2023-2-54-64
21. Zakharova Yu.V., Levanova L.A. Modern concepts of the taxonomy, morphological and functional properties of bifidobacteria. *Fundamental and Clinical Medicine*, 2018, no. 1. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-predstavleniya-o-taksonomii-morfologicheskikh-i-funktsionalnyh-svoystvah-bifidobakteriy> (date of request: 05/21/2025).

Информация об авторах

Меренкова Светлана Павловна, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; merenkovasp@susu.ru

Петрушенко Полина Сергеевна, студент магистратуры, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; petrushenkopolina15@gmail.com

Information about the authors

Svetlana P. Merenkova, candidate of Veterinary Sciences, associate Professor of Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; merenkovasp@susu.ru

Polina S. Petrushenko, Master's student Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; petrushenkopolina15@gmail.com

Статья поступила в редакцию 10.03.2025

The article was submitted 10.03.2025