

УДК 664.642:664.654:579.674

Поступила в редакцию 13.02.2026

Received 13.02.2026

В. З. Зубель, И. Е. Сус, Н. С. Лаптенюк

Научно-производственное республиканское дочернее унитарное предприятие «Белтехнохлеб» Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА И BIOTECHNOLOGICAL ОЦЕНКА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ КОНСОРЦИУМОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ И ДРОЖЖЕЙ ДЛЯ ГУСТОЙ РЖАНОЙ ЗАКВАСКИ

Аннотация. Качественные характеристики и микробиологическая стабильность ржаных заквасок напрямую зависят от метаболической активности используемых штаммов микроорганизмов. В рамках реализации стратегии импортозамещения актуальным направлением является поиск и внедрение новых отечественных культур молочнокислых бактерий с высоким биотехнологическим потенциалом. В статье представлена комплексная оценка пяти консорциумов молочнокислых бактерий отечественной селекции в составе композиций с дрожжами для выведения густой ржаной закваски. Установлено, что разработанные композиции формируют стабильные ассоциации микроорганизмов и способствуют формированию гармоничного органолептического профиля.

Ключевые слова: густая ржаная закваска, молочнокислые бактерии, консорциум микроорганизмов, брожение, разводочный цикл, технология производства заквасок.

V. Z. Zubel, I. E. Sys, N. S. Laptsenak

Scientific–industrial republican subsidiary unitary enterprise «Beltekhnohleb» Republican unitary enterprise «Scientific and practical center for foodstuffs of National academy of sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus

DEVELOPMENT AND BIOTECHNOLOGICAL EVALUATION OF COMPOSITIONS BASED ON CONSORTIUMS OF LACTIC ACID BACTERIA AND YEAST FOR THICK RYE SOURDOUGH

Abstract. Quality characteristics and microbiological stability of rye sourdoughs are directly dependent on the metabolic activity of the microbial strains used. Within the framework of the import substitution strategy, the search for and implementation of new domestic lactic acid bacteria cultures with high biotechnological potential is a highly relevant direction. The article presents a comprehensive evaluation of five locally selected lactic acid bacteria consortia as part of compositions with yeast for the propagation of thick rye sourdough. It was established that the developed compositions form stable microbial associations and contribute to the formation of a harmonious organoleptic profile.

Keywords: thick rye sourdough, lactic acid bacteria, microbial consortium, fermentation, propagation cycle, sourdough production technology.

Введение. Производство ржаного и ржано-пшеничного хлеба является стратегически важным сектором пищевой промышленности Республики Беларусь, обеспечивающим население продуктами первой необходимости. Традиционные технологии производства таких изделий базируются на применении густой закваски, качество которой напрямую зависит от используемых чистых культур микроорганизмов. На сегодняшний день отечественная хлебопекарная отрасль использует заквасочные культуры зарубежной селекции. В связи с этим, разработка и внедрение конкурентоспособных отечественных консорциумов молочнокислых бактерий для выведения густых ржаных заквасок, является актуальной задачей. Это позволит не только реализовать программу импортозамещения, но и гарантировать стабильно высокое качество и микробиологическую безопасность хлебобулочных изделий при сохранении их традиционного вкусового профиля.

Ферментация заквасок представляет собой сложный биотехнологический процесс, в основе которого лежит специфическая метаболическая активность симбиотических сообществ молочнокислых бактерий и дрожжей, обеспечивающая комплексную модификацию компонентов муки [1]. Снижение рН ржаного теста за счет накопления органических кислот в процессе брожения является ключевым фактором ингибирования эндогенных α -амилаз, предотвращая избыточную липкость мякиша и обеспечивая стабильный объем готовых изделий. Параллельно кислая среда улучшает набухающие свойства ржаных пентозанов, что формирует эластичную структуру мякиша. Синергетическое действие синтезируемых органических кислот и экзополисахаридов в сочетании с активацией ферментативных систем муки улучшают реологические свойства и замедляют ретроградацию крахмала, существенно продлевая свежесть готовой продукции [2–4]. Сенсорный профиль хлеба на закваске определяется сложным метаболическим взаимодействием: протеолитическая активность молочнокислых бактерий, повышает концентрацию свободных аминокислот, которые в дальнейшем преобразуются дрожжами в летучие ароматические соединения. Присутствие обоих симбионтов позволяет синтезировать уникальные метаболиты (например, 2-ацетил-1-пирролин), недостижимые при монокультуривировании [4–7]. Кроме того, накопление таких метаболитов как уксусной, молочной кислот, бактериоцинов и др. эффективно подавляет рост плесневых грибов и спорообразующих бактерий рода *Bacillus* (возбудителей картофельной болезни), предотвращая порчу хлеба [8, 9].

Целью настоящего исследования является разработка и комплексная биотехнологическая оценка консорциумов молочнокислых бактерий отечественной селекции в составе композиций с дрожжами *Candida milleri* для выведения густой ржаной закваски, обеспечивающей стабильность качественных показателей и высокие органолептические свойства готовой продукции.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований являлись пять разработанных консорциумов молочнокислых бактерий, сформированных из штаммов коллекции Института микробиологии НАН Беларуси (виды *Levilactobacillus brevis*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactiplantibacillus paraplantarum*, *Limosilactobacillus fermentum* и бактерии *Weissella cibaria*-M58), а также комплексные микробные композиции на их основе, включающие чистую культуру дрожжей *Candida milleri* (устар. *S. minor*) «Чернореченский» из Коллекции СПбФ ФГАНУ НИИХП (далее – дрожжи *Candida milleri*). В качестве контрольного объекта использовали промышленный консорциум молочнокислых бактерий и дрожжей, применяемый в классической «Ленинградской» схеме выведения заквасок.

Методы культивирования чистых культур, наращивания биомассы и ведения разводочного цикла густой ржаной закваски исследовали в соответствии с технологическими инструкциями [10, 11]. Исследование кислотообразующей активности осуществляли путем определения общей титруемой кислотности (ГОСТ 5670-96) [12]. Морфологические характеристики микроорганизмов исследовали методом светопольной микроскопии фиксированных окрашенных препаратов в соответствии с ГОСТ 9225-84 [13]. Подъемную силу оценивали по методу «шарика» [14]. Приготовление густой закваски при дискретном режиме работы [15]. Оценка жизнеспособности и регенерационной способности микробиоты заквасок при низкотемпературном хранении [10].

Результаты исследования и их обсуждение. С целью получения полноценных заквасочных культур и изучения биотехнологических свойств комплексных композиций в условиях разводочного цикла, пять ранее сформированных бактериальных консорциумов были объединены с кислотоустойчивыми дрожжами *Candida milleri*:

- ♦ образец № 1: *Levilactobacillus brevis*-11, *Levilactobacillus brevis*-20, *Lactiplantibacillus plantarum*-M61 и дрожжи *Candida milleri*;
- ♦ образец № 2: *Levilactobacillus brevis*-14, *Lactiplantibacillus plantarum*-M53, *Weissella cibaria*-M58 и дрожжи *Candida milleri*;
- ♦ образец № 3: *Levilactobacillus brevis*-13, *Limosilactobacillus fermentum*-M56, *Lactiplantibacillus paraplantarum*-M62 и дрожжи *Candida milleri*;
- ♦ образец № 4: *Levilactobacillus brevis*-11, *Levilactobacillus brevis*-20, *Lactiplantibacillus plantarum*-M63 и дрожжи *Candida milleri*;
- ♦ образец № 5: *Levilactobacillus brevis*-14, *Weissella cibaria*-M58, *Lactiplantibacillus plantarum*-M63 и дрожжи *Candida milleri*.

В качестве контрольного образца использовали консорциум молочнокислых бактерий и дрожжи для приготовления густой закваски по Ленинградской схеме, который состоит из смеси штаммов:

- ♦ контрольный образец: *Lacticaseibacillus paracasei*-5 (ранее *L. brevis*), *Lacticaseibacillus paracasei/casei*-63 (ранее *L. plantarum*), *Lactiplantibacillus plantarum*-78 (ранее *L. brevis*) и дрожжи *Candida milleri*.

На первом этапе подготовки консорциумов чистые культуры молочнокислых бактерий последовательно наращивали на стерильном нефильтрованном солодовом сусле с массовой

долей сухих веществ 12 %. Показатели конечной титруемой кислотности жидких культур по завершении трех фаз разведения приведены в таблице 1.

Анализ микробиоты в процессе ферментации водно-мучной смеси путем микроскопирования препаратов подтвердил доминирование молочнокислых бактерий и дрожжей, начиная с первой фазы разводочного цикла. В динамике наблюдали увеличение кислотообразующей активности во всех опытных образцах. Титруемая кислотность по Нейману исследуемых композиций на III фазе варьировалась в пределах 12,4–13,8 °Н, в то время как контрольный образец – 11,0 °Н. Полученные данные, систематизированные в таблице 2, свидетельствуют о высоком биотехнологическом потенциале и метаболической активности разработанных консорциумов.

Т а б л и ц а 1. Конечная титруемая кислотность жидких культур молочнокислых бактерий
T a b l e 1. Final titratable acidity of lactic acid bacteria liquid cultures

Наименование и состав образцов консорциумов		Конечная кислотность, °Н
Контрольный образец	<i>L. paracasei-5</i>	8,6
	<i>L. paracasei/casei-63</i>	8,8
	<i>L. plantarum-78</i>	8,0
Образец № 1	<i>L. brevis-11</i>	10,6
	<i>L. brevis-20</i>	9,0
	<i>L. plantarum-M61</i>	9,8
Образец № 2	<i>L. brevis-14</i>	10,4
	<i>L. plantarum-M53</i>	9,0
	<i>Weissella sibiria-M58</i>	10,2
Образец № 3	<i>L. brevis-13</i>	9,0
	<i>L. fermentum-M56</i>	12,2
	<i>L. paraplantarum-M62</i>	9,8
Образец № 4	<i>L. brevis-11</i>	10,6
	<i>L. brevis-20</i>	9,0
	<i>L. plantarum-M63</i>	9,0
Образец № 5	<i>L. brevis-14</i>	10,4
	<i>Weissella sibiria-M58</i>	10,2
	<i>L. plantarum-M63</i>	9,0

Высокая кислотность на жидкой солодовой среде подтверждает хорошую адаптивность штаммов к углеводному составу сырья, что является необходимым условием для их успешного перехода в водно-мучную среду.

Подготовку дрожжевого компонента осуществляли путем накопления биомассы чистой культуры *Candida milleri* до объема 500 см³ посредством последовательных трехступенчатых пересеивов на солодовом сусле с массовой долей сухих веществ 8 %.

Приготовление опытных композиций проводили по трехфазной схеме, аналогичной классической технологии выведения густой ржаной закваски [10]. После накопления необходимого объема, заквасочные культуры в жидком виде вносили в водно-мучную смесь. На каждой фазе брожения осуществляли контроль титруемой кислотности и на III фазе определяли подъемную силу дрожжей по методу «шарика».

Т а б л и ц а 2. Морфологические особенности и показатели титруемой кислотности композиций, культивируемых в водно-мучной питательной смеси
T a b l e 2. Morphological characteristics and titratable acidity values of compositions cultivated in a flour-water nutrient mixture

Композиция	Морфология клеток	Титруемая кислотность, ° Н		
		I фаза	II фаза	III фаза
Контрольный образец молочнокислые бактерии: <i>L. paracasei-5</i> , <i>L. paracasei/casei-63</i> , <i>L. plantarum-78</i> , дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (1,2-2,2×0,6 мкм) и более короткие и (0,8-1,2×0,4 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,2-4,6×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	7,8	9,2	11,0
Образец № 1 молочнокислые бактерии: <i>L. brevis-11</i> , <i>L. brevis-20</i> , <i>L. plantarum-M61</i> , дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (2,0–2,2×0,7–1,0 мкм) и более короткие палочки (1,6×0,8 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,3–4,5×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	8,0	10,6	12,4

Окончание табл. 1

Композиция	Морфология клеток	Титруемая кислотность, °Н		
		I фаза	II фаза	III фаза
Образец № 2 молочнокислые бактерии: <i>L. brevis</i> -14, <i>L. plantarum</i> -M53, <i>Weissella sibirica</i> -M58, дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (2,0–2,2×0,9 мкм) и более короткие палочки (1,5×0,7 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,3–4,6×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	9,2	11,4	12,8
Образец № 3 молочнокислые бактерии: <i>L. brevis</i> -13, <i>L. fermentum</i> -M56, <i>L. paraplantarum</i> -M62, дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (2,0–2,2×0,9 мкм) и более короткие палочки (1,6×0,8 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,4–4,5×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	9,2	11,8	13,0
Образец № 4 молочнокислые бактерии: <i>L. brevis</i> -11, <i>L. brevis</i> -20, <i>L. plantarum</i> -M63, дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (2,0–2,2×0,7–1,0 мкм) и более короткие палочки (1,5×0,9 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,3–4,5×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	9,0	11,0	12,4
Образец № 5 молочнокислые бактерии: <i>L. brevis</i> -14, <i>Weissella sibirica</i> -M58, <i>L. plantarum</i> -M63, дрожжи: <i>Candida milleri</i>	Прямые палочки с закругленными концами (2,1–2,2×0,9 мкм) и более короткие палочки (1,6×0,9 мкм), располагаются преимущественно поодиночке, парами или короткими цепочками; более крупные клетки округлой и овальной формы (3,3–4,6×4,0 мкм), располагаются одиночно или парами	9,6	12,6	13,8

Продолжительность брожения I фазы разводочного цикла составила 10 часов при 28 °С, влажность водно-мучной питательной смеси составила 58–60 %. Переход ко II и III фазам осуществляли путем освежения выброженной массы питательной смесью из ржаной обдирной муки и воды до достижения влажности 48–50 % (густая консистенция) с дальнейшим брожением в течение 4 часов. В качестве основного сырья использовали муку ржаную обдирную (ГОСТ 7045-2017) производства ОАО «Лидахлебопродукт» и ОАО «Минский комбинат хлебопродуктов».

Визуальный контроль процесса ферментации показал, что все пять исследуемых композиций по динамике созревания были сопоставимы с контрольным образцом (рис. 1). Органолептическая оценка подтвердила соответствие опытных образцов характеристикам густой ржаной закваски: полуфабрикаты имели вязко-пластичную консистенцию и выраженный кисло-молочный аромат. При этом образцы № 2, 4 и 5 отличались более интенсивным ароматическим профилем и гармоничным вкусом. В процессе брожения зафиксировано увеличение объема образцов примерно в 2,5 раза, что свидетельствует о высокой газообразующей способности микробиоты. При микроскопировании препаратов во всех пробах обнаруживались типичные палочковидные формы молочнокислых бактерий с округлыми концами (одиночные, парные и в виде цепочек), а также почкующиеся клетки дрожжей округлой и овальной формы. Исследуемые образцы заквасок в динамике характеризовались интенсивным кислотонакоплением. Титруемая кислотность композиций превышала показатели контроля на 1,4–2,8 °Н. Показатели подъемной силы дрожжей в опытных образцах № 1, 2, 3, 4, 5 составила 20, 22, 24, 19, 20 мин соответственно, в то время как для контрольного образца – 22 мин.

Результаты апробации разработанных композиций в трехфазном разводочном цикле подтверждают их функциональную адекватность и стабильность. Сформированные микробные ассоциации обеспечивают получение полуфабрикатов, полностью соответствующих по морфологическим, биохимическим и органолептическим характеристикам зрелой густой ржаной закваске. Устойчивое доминирование целевой микробиоты в сочетании с нормативными показателями подтверждает формирование эффективного симбиоза между штаммами молочнокислых бактерий и дрожжей.

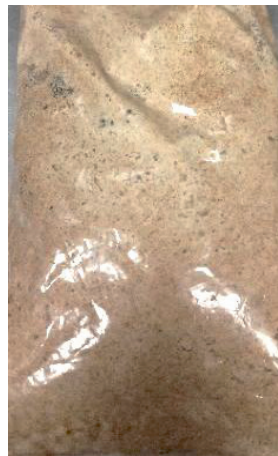
Для оценки адаптационной способности разработанных композиций в условиях дискретного производственного режима в соответствии с технологической инструкцией ведения густой ржаной закваски было проведено исследование их метаболической активности при пониженных положительных температурах путем освежения и консервации заквасок на 10 часов при температуре 20 °С и на 16 часов при температуре 18 °С в хладотермостате.

Установлено, что процесс ферментации в образцах, заквашенных исследуемыми композициями, протекал стабильно, обеспечивая органолептические показатели на уровне кон-

трольного образца. Установлено, что при температурах 20 °С и 18 °С значения титруемой кислотности исследуемых композиций превышали показатели контроля (9,0 °Н и 8,6 °Н) на 1,2–2,8 °Н и 0,4–1,2 °Н соответственно. Показатели подъемной силы составили 19–25 мин при 20 °С и 20–25 мин при 18 °С, что подтверждает сохранение высокой газообразующей активности микробиоты в условиях консервации, в то время как в контрольном образце данные значения составили 23 и 24 мин соответственно.



Контрольный образец
Молочнокислые бактерии:
L. paracasei-5,
L. paracasei/casei-63,
L. plantarum-78,
Дрожжи:
Candida milleri



Образец № 1
Молочнокислые бактерии:
L. brevis-11,
L. brevis-20,
L. plantarum-M61,
Дрожжи:
Candida milleri



Образец № 2
Молочнокислые бактерии:
L. brevis-14,
L. plantarum-M53,
Weissella sibirica-M58,
Дрожжи:
Candida milleri



Образец № 3
Молочнокислые бактерии:
L. brevis-13,
L. fermentum-M56,
L. paraplantarum-M62,
Дрожжи:
Candida milleri



Образец № 4
Молочнокислые бактерии:
L. brevis-11,
L. brevis-20,
L. plantarum-M63,
Дрожжи:
Candida milleri



Образец № 5
Молочнокислые бактерии:
L. brevis-14,
Weissella sibirica-M58,
L. plantarum-M63,
Дрожжи:
Candida milleri

Рис. 1. Внешний вид образцов густой ржаной закваски
Fig. 1. Visual appearance of thick rye sourdough samples

Высокая адаптационная способность всех исследуемых композиций к водно-мучной среде в условиях пониженных температур (18 °С и 20 °С) подтверждает их значительный биотехнологический потенциал. Установлено, что применение разработанных параметров освежения густой закваски в дискретном режиме гарантирует стабильность биохимических и технологических показателей, обеспечивая сохранность качественных характеристик закваски при производственных перерывах продолжительностью до 24 часов.

Важным аспектом биотехнологической оценки разработанных композиций является изучение их жизнеспособности при длительном хранении в замороженном состоянии. Для оценки воспроизводимости технологических свойств образцы заквасок подвергали криоконсервации при температуре $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ на сроки 1 и 6 месяцев. Процесс восстановления микробиоты включал стадию дефростации (24 ч при $4\text{ }^{\circ}\text{C}$) и последующее двухступенчатое освежение при $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ согласно установленному лабораторному циклу.

В результате установлено, что длительное хранение (6 месяцев) при температуре $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к необратимой потере жизнеспособности микробиоты во всех исследуемых композициях (образцы № 1, 2, 3, 4, 5). Органолептические показатели заквасок после дефростации не соответствовали нормативным требованиям: образцы приобретали темный цвет и нетипичный посторонний запах. Консистенция заквасок оставалась плотной, без признаков газообразования. Титруемая кислотность после II фазы освежения не превышала $3\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{H}$, у контрольного – $5,5\text{ }^{\circ}\text{H}$, а подъемная сила составила более 3 часов для всех образцов. Полученные данные свидетельствуют о том, что длительное замораживание ведет к разрушению симбиотической системы закваски.

В отличие от длительного хранения, кратковременная криоконсервация (1 месяц при $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) не оказала критического влияния на жизнеспособность консорциумов. Восстановление ферментативной активности образцов № 1, 2, 3, 4, 5 до нормативных значений достигалось после 2–3 циклов освежения. После II фазы освежения органолептические показатели всех опытных образцов полностью соответствовали характеристикам зрелой густой закваски. Титруемая кислотность варьировалась в пределах $6\text{--}8\text{ }^{\circ}\text{H}$ (контрольный образец – $7,6\text{ }^{\circ}\text{H}$), а подъемная сила составила 30–35 мин, что сопоставимо с показателями контрольного образца – 32 мин.

Заключение. На основании проведенных исследований по разработке и биотехнологической оценке композиций на основе консорциумов отечественных штаммов молочнокислых бактерий и дрожжей для выведения густой ржаной закваски можно сделать вывод об их высокой функциональной эффективности и перспективности для промышленного применения. Установлено, что сформированные на основе отечественных штаммов молочнокислых бактерий консорциумы обладают выраженной метаболической активностью, обеспечивая интенсивное кислотонакопление и стабильную газообразующую способность. Установленный в процессе ферментации устойчивый симбиоз между бактериальным и дрожжевым компонентами обеспечивает не только микробиологическую стабильность полуфабрикатов, но и формирование гармоничного органолептического профиля с выраженным ароматом, что критически важно для сохранения традиционных потребительских свойств ржаного хлеба. Высокая адаптационная способность разработанных композиций к условиям дискретного режима производства гарантирует сохранение качественных характеристик заквасок при технологических перерывах до 24 часов, обеспечивая гибкость технологического процесса без риска микробиологической порчи. В то же время изучение пределов криорезистентности композиций показало, что при температуре $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ их регенерационная способность сохраняется в течение одного месяца, тогда как более длительное замораживание ведет к деградации симбиотической системы, что определяет границы использования метода простого замораживания для хранения данных заквасок. Разработанные композиции по совокупности физико-химических, микробиологических и органолептических показателей являются полноценной и конкурентоспособной альтернативой импортным чистым культурам молочнокислых бактерий. Внедрение данных разработок в практику хлебопекарных предприятий Республики Беларусь позволит успешно реализовать стратегию импортозамещения, обеспечить стабильность технологического процесса и гарантировать высокие потребительские характеристики ржаного и ржано-пшеничного хлеба.

Список использованных источников

1. Banu, I. Quaity evaluation of the sourdough rye breads / I. Banu, I. Vasilean, I. Aprodu // The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology. – 2011. – Vol. 35. – №. 2. – P. 94-105. – URL: <https://www.gup.ugal.ro/ugaljournals/index.php/food/article/view/3524> (дата обращения: 26.01.2026).
2. Lactic acid bacteria exopolysaccharides in foods and beverages: Isolation, properties, characterization, and health benefits / K. M. Lynch, E. Zannini, A. Coffey, E. K. Arendt // Annual review of food science and technology. – 2018. – Vol. 9. – №. 1. – P. 155-176. – URL: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-food-030117-012537> (дата обращения: 26.01.2026).

3. Arendt, E. K. Impact of sourdough on the texture of bread / E. K. Arendt, L. A. M. Ryan, F. Dal Bello // Food microbiology. – 2007. – Vol. 24. – №. 2. – P. 165-174. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002006001614> (дата обращения: 26.01.2026).
4. Gänzle, M. Composition and function of sourdough microbiota: From ecological theory to bread quality / M. Gänzle, V. Ripari // International Journal of Food Microbiology. – 2016. – Vol. 239. – P. 19-25. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160516302148> (дата обращения: 26.01.2026).
5. Galle, S. Exopolysaccharides from sourdough lactic acid bacteria / S. Galle, E. K. Arendt // Critical reviews in food science and nutrition. – 2014. – Vol. 54. – №. 7. – P. 891-901. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160516302148> (дата обращения: 26.01.2026).
6. Overview of sourdough technology: From production to marketing / F. B. Siepmann, V. Ripari, N. Waszczynskij, M. R. Spier // Food and Bioprocess Technology. – 2018. – Vol. 11. – P. 242-270. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-017-1968-2> (дата обращения: 26.01.2026).
7. Карельская, С. Хлебные закваски / С. Карельская // Хлебопечение/ Кондитерская сфера. – 2015. – Т. 58. – № 1. – С. 36–37. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30281696> (дата обращения: 26.01.2026).
8. Bartkiene, E. Bread sourdough lactic acid bacteria-technological, antimicrobial, toxin-degrading, immune system-, and faecal microbiota-modelling biological agents for the preparation of food, nutraceuticals and feed / E. Bartkiene, F. Özogul, J. M. Rocha // Foods. – 2022. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8834576/> (date of access: 26.01.2026).
9. Sourdough/lactic acid bacteria / M. Gobetti, M. De Angelis, R. Di Cagno [et al.] // Gluten-free cereal products and beverages. – 2008. – P.267-288. – URL: <https://www.science direct.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9780123737397500149> (date of access: 26.01.2026).
10. Сборник технологических инструкций по производству хлебобулочных изделий: в 2 т. Т. 1 / Государственное предприятие «Белтехнохлеб»; разраб. Л. С. Колосовская, А. И. Базан, Л. И. Севастей [и др.]. – Минск: Бизнесофтсет, 2011. – 348 с.
11. Афанасьева, О. В. Каталог культур микроорганизмов *У* Молочнокислые бактерии и дрожжи для хлебопекарной промышленности из Коллекции Санкт-Петербургского филиала ГНУ ГОСНИИХП Россельхозакадемии / О. В. Афанасьева, Е. Н. Павловская, Л. И. Кузнецова. – М.: Россельхозакадемия, 2008. – 98 с.
12. ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Метод определения кислотности. – Взамен ГОСТ 5670-51, ГОСТ 7128-91; введ. РФ 01.08.1997. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, 2006. – II, 5 с.
13. ГОСТ 9225-84. Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа. – Взамен ГОСТ 9225-68; введ. 01.01.86. – Москва : Изд-во стандартов, 1984. – 15 с.
14. Справочник для работников лабораторий хлебопекарных предприятий / К. Н. Чинова, Т. И. Шкваркина, Н. П. Волкова, А. М. Чинчук – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 192 с.
15. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий / Под общ. ред. члена-корреспондента Российской академии сельскохозяйственных наук А. П. Косована. – М.: ГНУ ГосНИИ хлебопекарной промышленности, 2008. – 268 с.

Информация об авторах

Зубель Вероника Зеноновна, инженер-микробиолог испытательной лаборатории Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: weroniczub@gmail.com

Сыс Ирина Евгеньевна, ведущий инженер-микробиолог испытательной лаборатории Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: hleblab@mail.ru

Лаптенюк Наталья Сергеевна, кандидат технических наук, директор Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: laptenokn@mail.ru

Information about authors

Zubel Veronika Zenonovna, Microbiologist Engineer of the Testing Laboratory of the State Enterprise «Beltechnohleb», (30, Rakovskaya Str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: weroniczub@gmail.com

Sys Irina Evgenievna, Leading Microbiologist Engineer of the Testing Laboratory of the State Enterprise «Beltechnohleb», (30, Rakovskaya Str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: hleblab@mail.ru

Laptenok Natalia Sergeevna, Ph.D. (Technical), Director of the State Enterprise «Beltechnohleb», (30, Rakovskaya Str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: laptenokn@mail.ru