

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

DOI: 10.31319/2519-2884.46.2025.22

УДК 664.64.0

Корнієнко І.М.¹, к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-3872-0957,
e-mail: irina.kornienko.1979@gmail.com

Гуляєв В.М.², д.т.н., професор, ORCID:0000-0002-4991-6250, e-mail: vgulyaev@dnepro.net

Крижова М.В.¹, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, 6915798@stud.kai.edu.ua

Анацький А.С.², к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0001-5689-7660, e-mail: asanatsky@ukr.net

Коваленко А.Л.², к.х.н., доцент, ORCID: 0000-0003-1496-6634,
e-mail: alla.kovalenko.1948@gmail.com

Філімоненко О.Ю.², старший викладач, ORCID: 0000-0001-9343-960X,
e-mail: olga.filimonenko82@gmail.com

¹Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ

²Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Korniienko Iryna, PhD in Engineering Sciences, Associate Professor of Biotechnology Department

Gulyaev Vitalii, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Chemical and Biological Technologies, rector

Kryzhova Mariya, master's degree student in «Biotechnologies and Bioengineering»

Anatskyi Andrii, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Chemical and Biological Technologies

Kovalenko Alla, Candidate of chemical sciences, Associate Professor of the Department of Chemical and Biological Technologies

Filimonenko Olha, Senior lecturer of the Department of Chemical and Biological Technologies

¹State University "Kyiv Aviation Institute", Kyiv

²Dniprovsky State Technical University, Kamianske

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРОЦЕСУ КРІОКОНСЕРВАЦІЇ НА ЯКІСТЬ ХЛІБНОЇ ЗАКВАСКИ В БІОТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО БЕЗДРІЖДЖОВОГО ХЛІБА

*Проведено фізико-хімічні та мікробіологічні дослідження хлібної закваски після кріоконсервації, експериментально доведено доцільність додавання пребіотичних компонентів в якості захисних середовищ. Розглянуто вплив різних концентрацій пребіотиків-кріопротекторів: лактулози, гідратованого насіння льону, розторопші, чіа та псиліуму на титр молочнокислих бактерій у складі хлібної закваски. Встановлено оптимальні концентрації пребіотичних компонентів у складі хлібопекарської закваски, які забезпечують відповідність хлібопродуктів нормам ДСТУ. Доведено можливість процесу заморожування хлібної закваски в технології хлібопечення, оскільки якість хлібопродуктів є кращою у виробках, виготовлених на заквасці після заморожування. В якості захисних середовищ під час заморожування і розморожування хлібної закваски рекомендовано використовувати *Silybum marianum* (5 %) та *Linum usitatissimum* (5 %). Запропоновані пребіотичні компоненти володіють захисними властивостями відносно збереження життєздатності клітин молочнокислих бактерій не тільки при заморожуванні хлібної закваски, але і під час випікання хліба.*

Ключові слова: функціональний хліб; хлібна закваска; молочнокислі бактерії; пребіотики; ферментація.

Physicochemical and microbiological studies of bread sourdough after cryopreservation were conducted, and the feasibility of adding prebiotic components as protective media was experimentally proven. The effect of different concentrations of prebiotics-cryoprotectors: lactulose, hydrated flax seeds, milk thistle, chia, and psyllium on the titer of lactic acid bacteria in the composition of bread sourdough was considered. Optimal concentrations of prebiotic components in the composition of

*bread sourdough were established, which ensure that bread products comply with the standards of the State Standard of Ukraine for the Production of Food and Drug Administration. The possibility of freezing bread sourdough in bread baking technology was proven, since the quality of bread products is better in products made on sourdough after freezing. It is recommended to use *Silybum marianum* (5 %) and *Linum usitatissimum* (5 %) as protective media during freezing and thawing of bread sourdough. The proposed prebiotic components have protective properties regarding the preservation of the viability of lactic acid bacteria cells not only when freezing bread starter, but also during baking bread.*

Keywords: functional bread; bread starter; lactic acid bacteria; prebiotics; fermentation.

Постановка проблеми

Ураховуючи, що хліб для українців є найуживанішим продуктом (посідає 2 місце), особливо у воєнний час, впровадження біотехнологічних підходів щодо розробки рецептур функціонального оздоровчого хліба на основі хлібної закваски (з можливістю її кріоконсервації), де у якості бродильної мікрофлори виступає симбіоз молочнокислих бактерій, а не хлібопекарські дріжджі, є актуальним та невирішеним питанням сьогодення, яке стосується поширення даного способу приготування оздоровчого хлібу із поглибленою ферментацією борошняної складової.

Одним з актуальних завдань сучасного ринку хлібобулочних виробів є впровадження прогресивних технологій хлібопечення, які б дозволили швидко реагувати на зміну смакових уподобань споживачів та забезпечувати їх свіжою і смачною продукцією. Одним зі шляхів вирішення цього завдання є виробництво хлібобулочних виробів на основі заморожених або частково випечених напівфабрикатів.

Якщо вироби плануються використовувати упродовж 2—4 годин після випічки, доцільно обрати спосіб заморожування виробів високого рівня готовності, оскільки після закінчення 3 годин відбувається інтенсивне черствіння продукції внаслідок повторної втрати вологи при допіканні. При цьому вироби випікаються до 80 % готовності, за винятком утворення інтенсивно забарвленої скоринки, і заморожуються в камері шокової заморозки при мінус 35—40 °C упродовж 30 хвилин. Після цього заморожені вироби упаковуються за мінімальною кількістю, яка допикатиметься за один прийом.

Для виробництва заморожених напівфабрикатів з тіста, або тістових заготовок з певними термінами зберігання, дуже важливим є правильний вибір штаму дріжджів, якщо це дріжджовий хліб, або симбіозу чистих культур молочнокислих бактерій (за умови випікання хліба на хлібній бездріжджовій заквасці) з розробкою оптимальних технологічних параметрів процесу виробництва хлібопродуктів.

Незважаючи на зручність використання процесу кріоконсервації у технології хлібопечення, існує певна кількість проблемних питань, які потрібно вирішувати — зниження активності і титру бродильної мікрофлори хлібної закваски або тіста за умови їх заморожування, погіршення реологічних властивостей тіста, невідповідність готових хлібопродуктів вимогам ДСТУ.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Використання закваски на основі молочнокислих бактерій (МКБ) в хлібопечінні є сучасним підходом в області здорового харчування. МКБ, які входять до складу закваски, під час ферментації борошняної складової призводять не тільки до підвищення якості хліба, але і сприяють пролонгації терміну реалізації готового продукту внаслідок накопичених бактеріоцинів.

Покращення загальноприйнятих оздоровчих властивостей цілнозернових, збагачених клітковиною хлібопродуктів, виготовлених на заквасці із внесенням чистих пробіотичних культур МКБ, зумовлюється уповільненням засвоюваності крохмалю організмом людини, що в свою чергу призводить до зниження глікемічного індексу внаслідок зміни рівня біодоступності біологічно-активних сполук [1—5].

Завдяки ферментації зернопродуктів консорціумом МКБ під впливом власних ферментних систем утворюються незасвоювані організмом людини полісахариди, або змінюється біодоступність волокон зерна для кишкової мікрофлори людини, яка в свою чергу виступає як пребіотик, котрий сприяє підвищенню титру МКБ в кишечнику людини. Тому хліб на заквасці рекомендовано до вживання хворим на целіакію, оскільки відбувається біодеградація глютену під впливом потужних ферментних систем МКБ [6—8].

Пробіотики віднесено до складу функціональних харчових інгредієнтів, які містять спеціально виділені штами корисних для людини (непатогенних і нетоксикогенних) живих мікроорганізмів, що сприятливо впливають на організм людини. Пробіотична концепція на сьогоднішній день є провідною при призначенні бактерійних препаратів для профілактики, діагностики та лікування інфекційних хвороб і порушень природної екології організму.

Як пробіотики, застосовуються штами мікроорганізмів різних типів, таких як бактерії, дріжджі і гриби, що різняться за багатьма фізіологічними, морфологічними та іншими ознаками. Найбільш поширені такі види бактерій-пробіотиків: р. *Lactobacillus*: *acidophilus*, *sporogenes*, *plantarum*, *rhamnosus*, *delbruecki*, *reuteri*, *fermentum*, *lactis*, *cellobiosus*, *brevis*, *casei*, *farctiminis*, *paracasei*, *gasseri*, *crispatus*; р. *Bifidobacterium*: *bifidum*, *infantis*, *adolescentis*, *longum*, *thermophilum*, *breve*, *lactis*, *animalis*; р. *Streptococcus*: *lactis*, *cremoris*, *alivarius*, *intermedius*, *thermophilis*, *diacetylactis*; *Leuconostoc mesenteroides*; р. *Pediococcus*; р. *Propionibacterium*; р. *Bacillus*; р. *Enterococcus*; *Enterococcus faecium*.

Основним позитивним ефектом є синтез різних біологічно активних сполук, наприклад, здатність біфідобактерій продукувати молочну та оцтову кислоту, а також бактеріоцини, які сприяють антагоністичній активності проти патогенної мікрофлори. Також, біфідо- і лактобактерії виконують вітаміноутворюючу функцію, синтезують ряд незамінних амінокислот, покращують показники білкового, ліпідного і мінерального обміну [7—10].

Для вирішення поставленого питання — покращення якості хлібної закваски і готових хлібопродуктів за умови використання підходів кріоконсервації, багатьма науковцями рекомендовано до використання деякі рецептурні (функціональні) компоненти для поліпшення якості хлібних виробів та реологічних властивостей тіста, а саме — використання жирових продуктів (різні масла і гліцерол), цукрів (диметилсульфоксид, сахароза, трегалоза, глюкоза, фруктоза, галактоза, лактоза, лактулоза, сорбіт) [11—15], які також володіють кріопротекторною дією. В якості поліпшувачів часто використовують на практиці модифіковані крохмалі, одержувані різними фізичними і хімічними методами. Їх застосування підвищує гідрофільні властивості борошна і посилює процес зміни білків клейковини у тісті, що забезпечує покращення структурно-механічних властивостей тіста та якості хліба [16—18].

Згідно літературних джерел [11—18] виявлено, що перед заморожуванням хлібної закваски, задля захисту біологічних агентів необхідно додавати різні компоненти, щоб пом'якшити шкідливу дію процесу заморожування і розширити діапазон оптимальних умов кріоконсервації.

Враховуючи актуальність поставленого питання, нами проведено дослідження, спрямовані на виявлення кращих функціональних компонентів для хлібної закваски, виготовленої на основі чистих культур МКБ, які в свою чергу, проявляють кріопротекторну дію і при цьому підвищують харчову цінність бездріжджових хлібопродуктів.

Формування мети дослідження

Мета роботи — дослідження впливу різних концентрацій пребіотиків — функціональних компонентів: лактулози (*Lactulose* 5 % відносно борошняної суміші), гідратованого насіння льону (*Linum usitatissimum* 5 %), розторопші (*Silybum marianum* 5 %), чіа (*Salvia Hispanica* 5 %) та псиліуму (*Psyllium husk fiber* 5 %) на кількість молочнокислих бактерій в хлібній заквасці до заморожування і після розморожування; органолептична оцінка функціонального хліба із визначенням кількості життєздатних клітин МКБ.

Завдання дослідження — оцінка якісних показників хлібної закваски в залежності від доданих функціональних компонентів, визначення впливу пребіотиків (кріопротекторів) на рівень біохімічної активності бродильної мікрофлори, піднімальної сили за кулькою і титру МКБ, органолептична оцінка хлібопродуктів, виготовлених на відповідних заквасках (згідно ДСТУ4588:2006, ДСТУ 7517:2014).

Виклад основного матеріалу

Процес заморожування дослідних видів хлібної закваски тривав 6 місяців при температурі зберігання заморожених заквасок мінус 18—20 °С. Після розморожування закваски підлягали одному етапу активації, потім досліджувалися на вище наведений перелік показників якості. З дослідних зразків заморожених та активованих заквасок було спечено хлібопродукти вагою 50 г.

Методика проведення дослідження полягала у самостійному виготовленні дослідних

зразків хлібної закваски із внесенням чистих культур МКБ (*Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*) та вище перерахованих пребіотиків із подальшою оцінкою якості хлібної закваски за фізико-хімічними, мікробіологічними показниками та органолептичної оцінки хлібопродуктів.

Експериментальні дослідження проводилися у трикратній повторюваності із визначенням середнього значення кожного досліджуваного показника. Усі використані методи дослідження є стандартними, що використовуються в біотехнології і хлібопеченні [19—27].

Біохімічна активність залежить від ферментативної активності і кількості МКБ у напів-фабрикаті — хлібній заквасці. Біохімічна активність оцінюється швидкістю зміни забарвлення закваски із синього у початковий білий колір. Знебарвлення зразків повинно відбутися у межах від 30—90 хв., що свідчить про активність МКБ у заквасках та їх життєздатність (рис. 1).



Рис. 1. Визначення біохімічної активності хлібних заквасок за інтенсивністю знебарвлення метиленового синього в дослідних зразках в часі: а) додавання 1 мл 0,05 % розчину індикатору метиленовий синій; б) дослідні зразки після 30 хвилин знебарвлення (перші 2 пробірки контрольні)

Методика визначення піднімальної сили МКБ визначається за швидкістю підйому тіста (кульки) в часі. Нормативне значення цього показника становить 20—35 хвилин для заквасок без використання дріжджів. Чим раніше відбувається підняття кульки, виготовленої на заквасці із додаванням функціональних компонентів, тим активнішою є бродильна мікрофлора і повнота ферментації борошняної складової. Визначення титру МКБ у заквасках і хлібопродуктах проведено методом десятикратних розведень (метод Коха) з використанням елективного поживного середовища MRS (табл. 1).

Таблиця 1. Оцінка якості зразків хлібної закваски і хлібу

Характеристика зразків	Показники якості зразків			
	Біохімічна активність МКБ в заквасках, хв (оптимальне значення 30—90 хв.)	Піднімальна сила закваски, хв (оптимальне значення 20—35 хв.)	Титр МКБ в заквасці, КУО/см ³ (показник не нормується)	Титр МКБ в хлібі, КУО/см ³ , (показник не нормується)
Хлібна закваска без заморожування (контроль)	50	47	$6,5 \cdot 10^7$	$8,1 \cdot 10^3$

Продовження таблиці 1

хлібна закваска після заморожування та відновлення (контроль)	52	50	$6,4 \cdot 10^7$	$9,0 \cdot 10^3$
Хлібна закваска без заморожування (з додаванням <i>Silybum marianum</i> 5%)	36	20	$2,3 \cdot 10^8$	$3,8 \cdot 10^4$
Хлібна закваска після заморожування та відновлення (з додаванням <i>Silybum marianum</i> 5%)	34	19	$3,0 \cdot 10^8$	$9,6 \cdot 10^4$
Хлібна закваска без заморожування (з додаванням <i>Linum usitatissimum</i> 5%)	37	21	$2,0 \cdot 10^8$	$3,75 \cdot 10^4$
Хлібна закваска після заморожування та відновлення (з додаванням <i>Linum usitatissimum</i> 5%)	35	20	$2,7 \cdot 10^8$	$9,5 \cdot 10^4$
Хлібна закваска без заморожування (з додаванням <i>Psyllium husk fiber</i> 5%)	46	25	$1,9 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^4$
Хлібна закваска після заморожування та відновлення (з додаванням <i>Psyllium husk fiber</i> 5%)	43	25	$3,0 \cdot 10^8$	$8,8 \cdot 10^4$
Хлібна закваска без заморожування (з додаванням <i>Salvia hispanica</i> 5%)	40	25	$1,56 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^4$

Продовження таблиці 1

Хлібна закваска після заморожування та відновлення (з додаванням <i>Salvia hispanica</i> 5%)	38	24	$3,1 \cdot 10^8$	$6,1 \cdot 10^4$
Хлібна закваска без заморожування (із додаванням <i>Lactulose</i> 5%)	45	24	$1,3 \cdot 10^9$	$3,1 \cdot 10^4$
Хлібна закваска після заморожування та відновлення (з додаванням <i>Lactulose</i> 5%)	42	23	$3,69 \cdot 10^9$	$6,9 \cdot 10^4$

Найкращими захисними середовищам можна вважати наступні компоненти: *Silybum marianum* 5 %, *Linum usitatissimum* 5 %. Завдяки їх додаванню відбувається збільшення титру МКБ в заквасках, оскільки вони містять корисні БАП і слизові речовини, ненасичені жирні кислоти, які захищають клітини МКБ. Враховуючи те, що тісто являє собою колоїдну систему, структура якої залежить від швидкості біохімічних перетворень і клейстеризації крохмалю, а також завдяки захисним середовищам, у спечених зразках хліба зберігаються живі МКБ, оскільки температура м'якуша під час випікання не більше 65 °С, а симбіоз чистих культур є термостійким, що підтверджено в раніше опублікованих працях [10—15]. Також тісто має достатню вологість (46 %—52 %), що дозволяє підтримувати життєдіяльність МКБ (рис. 2).

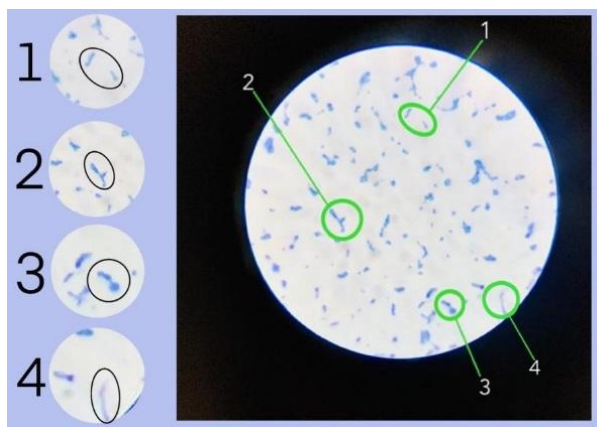


Рис. 2. Результати мікроскопії МКБ, виділених з хлібної закваски з додаванням льону 5 %, (збільшення $\times 1000$): 1 — *Lactobacillus acidophilus*; 2 — *Bifidobacterium lactis*; 3 — *Streptococcus thermophiles*; 4 — *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*

Спечений хліб на незамороженій і замороженій заквасках з додаванням функціональних компонентів, а також контрольні зразки відповідають вимогам ДСТУ 4588:2006, ДСТУ 7517:2014 (рис. 3, 4).

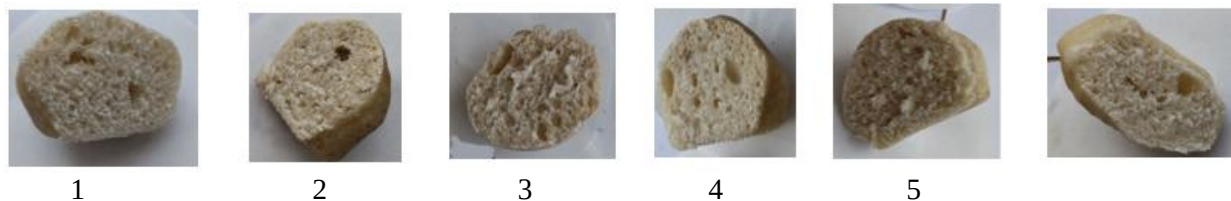


Рис. 3. Зразки хлібопродуктів вагою 50 г з додаванням функціональних компонентів, виготовлених не незамороженій заквасці: 1 — контроль; 2 — *Silybum marianum* 5 % 3 — *Linum usitatissimum* 5 %; 4 — *Psyllium husk fiber* 5 %; 5 — *Salvia hispanica* 5 %; *Lactulose* 5 %

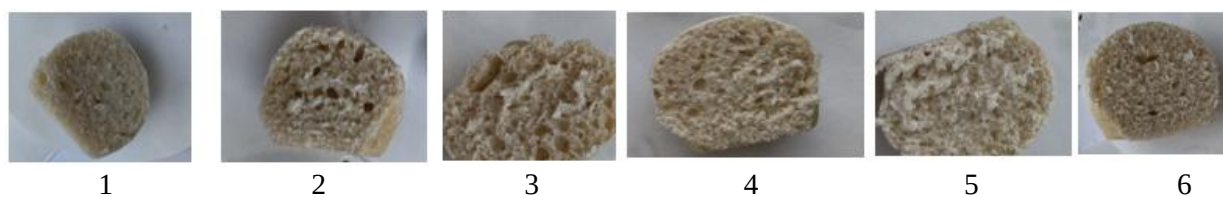


Рис. 4. Зразки хлібопродуктів вагою 50 г із додаванням функціональних компонентів, виготовлених на замороженій заквасці після активації: 1 — контроль; 2 — *Silybum marianum* 5 % 3 — *Linum usitatissimum* 5 %; 4 — *Psyllium husk fiber* 5 %; 5 — *Salvia hispanica* 5 %; *Lactulose* 5 %

Зразки з додаванням *Silybum marianum* 5 %, *Linum usitatissimum* 5 %, *Psyllium husk fiber* 5 % мають найбільш розвинену пористість. Зразки хліба, які виготовлено на заквасці після заморожування та активації, порівняно з контрольними зразками та зразками без заморожування, мають кращі показники за пористістю, питомого об'єму, еластичністю, а також, мають виражений хлібний смак і запах. Оцінюючи представлені зразки хлібопродуктів до та після заморожування, можна зробити висновок, що процес кріоконсервації закваски, за потреби, можна використовувати, оскільки при цьому зберігається біологічна і біохімічна активність МКБ, хоча змінюється вологість. Після заморожування з подальшим розморожування виділяється волога, коли вода замерзає, концентрація розчинених речовин — білків, вуглеводів, вітамінів і мінералів збільшується і тоді відбуваються певні біохімічні процеси, а гідратоване насіння і лактулоза завдяки слизам і вологоутримуючій здатності призводять до пом'якшення стресових факторів на консорціум МКБ. Також, під час заморожування і розморожування з подальшою активацією продукту, може відбуватись процес денатурації білків борошна, що впливає на внутрішньоклітинні іони і призводить до зниження рН та ОВП [19, 20, 28]. Експериментально доведено (табл. 1), що хлібна закваска з доданими захисними компонентами після розморожування не втрачає своєї біохімічної активності, особливо після активації (упродовж 4 годин). Контрольні зразки є найгіршими за дослідженими показниками. Усі використані функціональні компоненти впливають на активізацію біохімічної активності за рахунок збільшення титру МКБ, оскільки містять поживні речовини для їх розмноження.

Висновки

Запропоновані в даній роботі кріопротектори сприяють здатності зберігати тривимірну структуру білків і ферментів, замінюючи молекули води і виступаючи як стабілізуючий агент під час дегідратації. Крім того, вони виступають у ролі альтернативного джерела енергії під час відновлення та активації закваски після розморожування, полегшуючи метаболічну реактивацію і покращуючи життєздатність клітин МКБ та метаболітів.

Цінність постбіотиків, продукованих МКБ, полягає в тому, що хлібопродукти містять активні сполуки, такі як екзополісахариди, антимікробні речовини, біоактивні пептиди, які — в свою чергу — підвищують функціональність харчових продуктів і сприяють їх консервуванню. Саме в цьому і полягає роль молочнокислих бактерій у виробництві хлібобулочних виробів з покращеними властивостями та наявністю постбіотичних компонентів. Завдяки ферментації та

молочній кислоті відбувається покращення властивостей хліба та його органолептичних характеристик. Більш того, ферментований МКБ хлібопродукт є джерелом протеолітичних ферментів, які активуються та усувають токсичність глютену під час випікання хліба, що призводить до більш високої біодоступності важливих мінералів у випічці. До найкращих, серед досліджених захисних речовин, можна віднести: *Silybum marianum* 5 %, *Linum usitatissimum* 5 %, *Psyllium husk fiber* 5 %, які, також, покращують пористість хлібопродуктів.

Список використаної літератури

1. Martirosyan D., Brugger J., Bialow S. Functional food science: Differences and similarities with food science. *Functional Foods in Health and Disease*. 2021. Vol.11, No 9. P.408–430.
2. European Commission “Functional foods”. URL: <http://publications.europa.eu/resource/cellar> (дата звернення: 18.12.22).
3. Platkin C., Cather A., Butz L. Food As Medicine: Overview and Report: How Food and Diet Impact the Treatment of Disease and Disease Management. *Center for Food As Medicine and Hunter College NYC Food Policy Center*. URL:<https://www.nycfoodpolicy.org/wpcontent/uploads/2022/04/foodasmedicine.pdf> (дата звернення: 19.12.23).
4. Hill C., Guarner F., Reid G. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2014. No11. P.506–514.
5. Report of a Joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food. URL: <https://www.iqb.es/digestivo/pdfs/probioticos.pdf> (дата звернення: 19.12.22).
6. Benchimol E. I., Mack D. R. Probiotics in relapsing and chronic diarrhea. *Journal of pediatric hematology/oncology*. 2004. Vol. 26, No 8. P. 515–517.
7. Aiba Y. Lactic acid-mediated suppression of *Helicobacter pylori* by the oral administration of *Lactobacillus salivarius* as a probiotic in a gnotobiotic murine model. *The American journal of gastroenterology*. 1998. Vol. 93, No 11. P. 2097–2101.
8. Snigdha M., Debapriya M., Swati M. Applications of Probiotics as a Functional Ingredient in Food and Gut Health. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2019. Vol.7, No 3. P. 213–223.
9. Rollan G., Geres C., Dallagnol A., Torino M.. Update in bread fermentation by lactic acid bacteria. *Current research, technology and education, topics in applied microbiology and microbial biotechnology*, 2010. No 8, P. 1168–1174.
10. Грушкова А.О., Даниленко С.Г., Крижська Т.А., Хоньків М.О. Вплив молочнокислих бактерій на показники життєвої закваски. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2019, Vol. 69, No 2. P. 92–97.
11. Грегірчак Н.М., Тетеріна С.М., Нечипор Т.М. Мікробіологія, санітарія і гігієна виробництва з основами НАССР: підручник. Київ: НУХТ, 2018. 274 с.
12. Tkach V., Korniienko I., Yastremska L., Kuznetsova O. The theoretical description of furfural and lactic acid cathodic determination in bread and milk. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2023. Vol. 13, No 6. P.1–6.
13. Korniienko I., Lutsenko O., Isaienko V., Baranovskyi M., Anatskyi A., Laricheva L. Optimization of technological parameters of nutrition mixture fermentation process with the use of spline interpolation. *Chemistry and Technologies*. 2021. Vol. 29, No 1. P.118–136.
14. Корнієнко І.М., Гуляєв В.М., Гаркава К.Г., Анацький А.С., Ястремська Л.С. Оцінка впливу лактулози на титр життєздатних молочнокислих бактерій у складі функціонального продукту харчування. *Збірник наукових праць ДДТУ*. 2024. № (43). С. 183–195.
15. Korniienko I., Anatskyi A., Baranovskyi M. Providing Wasteless Manufacturing of Aviation Biofuels by Using Camelina Seed Residues for Producing Functional Bread. *Collective Monograph: Chemmotological Aspects of Sustainable Development of Transport. Sustainable Aviation*. Springer, Cham, 2022. P.140–153.

16. Korniienko I.M., Kuznietsova O.O., Garkava K.H. Formation of individual human health: modern biotechnological trends in the use of probiotic microorganisms in functional sourdough bakery products. Scientific monograph: Scientific and educational dimensions of natural sciences. Riga: Publishing House "Baltija Publishing". 2023. P. 375–403.
17. Neposhyvaylenko N., Kornienko I. Current problems of individual health of adolescents and the use of modern food biotechnology to solve them. Collective Monograph: Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions. Lublin: Universiti of life sciences in Lublin, 2020. p. 391–409.
18. Korniienko I.M., Gulyaev V.M., Kuznietsova O.O., Anatskyi A.S. Spline model optimization of the biotechnological process of obtaining sourdough for bakery needs using functional components. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2024, No 32(4). P. 1073–1097.
19. Солоницька І.В. Основи заморожування тістових заготовок. *Харчова наука і технологія*. 2009. № 1. С. 79–82.
20. Солоницька І.В., Пшенишнюк Г.Ф. Вплив рецептурних компонентів на якість виробів лікувально-профілактичного призначення із заморожених напівфабрикатів. *Харчова наука і технологія*. 2010. №1. С. 17–21.
21. Солоницька І.В., Пшенишнюк Г.Ф. Обґрунтування апаратурно-технологічної схеми виробництва хлібобулочних виробів лікувально-профілактичного призначення із заморожених напівфабрикатів. *Харчова наука і технологія*. 2011. №1. С. 23–25.
22. Солоницька І.В., Пшенишнюк Г.Ф., Писанецька О.Є. Використання відкладеного випікання в технології хлібобулочних виробів лікувально-профілактичного призначення. *Харчова наука і технологія*. 2012. №1. С. 11–14.
23. Солоницька І.В., Пшенишнюк Г.Ф., Савкова Є.В. Виробництво хлібобулочних виробів за інноваційними технологіями відкладеного випікання. *Харчова наука і технологія*. 2013. №1. С.21–24.
24. Філімонова Н.І., Сілаєва Л.Ф., Дика О.М. Мікробіологія: підручник. Харків: НФаУ: Золоті сторінки, 2019. 676 с.
25. Зубар Н. М. Основи фізіології та гігієни харчування: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 336 с.
26. Дробот В.І., Арсеньєва Л.Ю., Білик О.А. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва. Київ: Центр навчальної літератури, 2006 . 341 с.
27. Грегірчак Н.М. Мікробіологія харчових виробництв: лабораторний практикум. Київ: НУХТ, 2009. 302 с.
28. Сильчук Т.А., Дробот В. І. Дослідження біотехнологічних властивостей тістових напівфабрикатів. *Наукові праці НУХТ*. 2017, №23 (1). С. 211–215.

EVALUATION OF THE IMPACT OF THE CRYOPRESERVATION PROCESS ON THE QUALITY OF BREAD SOURTER IN THE BIOTECHNOLOGY OF OBTAINING FUNCTIONAL YEASTLESS BREAD

Abstract

The object of the research is the biotechnology of obtaining bread starter with the addition of functional, prebiotic components that have a protective and cryoprotective effect on the fermentation microflora-symbiosis of pure cultures of MKB.

The subject of the research is the scientific and practical principles of increasing the MKB titer in the composition of bread starter before and after freezing while preserving its biochemical activity.

The relevance of this work is to identify the effect of prebiotics (cryoprotectors), which act as protective media, increasing the MKB titer in bread sourdough under the condition of its freezing. The aim of the work is to study the effect of different concentrations of prebiotics — functional components: lactulose (Lactulose 5 % relative to the flour mixture), hydrated flax seeds (*Linum usitatissimum* 5 %), milk thistle (*Silybum marianum* 5 %), chia (*Salvia Hispanica* 5 %) and psyllium (*Psyllium husk fiber* 5 %) on the number of lactic acid bacteria in bread sourdough before freezing and after

thawing; organoleptic assessment of functional bread with determination of the number of viable MKB cells.

Physicochemical and microbiological studies of bread sourdough after cryopreservation were conducted, and the feasibility of adding prebiotic components as protective media was experimentally proven. The effect of different concentrations of prebiotics—cryoprotectors: lactulose, hydrated flax seeds, milk thistle, chia, and psyllium on the titer of lactic acid bacteria in the composition of bread sourdough was considered. Optimal concentrations of prebiotic components in the composition of bread sourdough were established, which ensure that bread products comply with the standards of the State Standard of Ukraine for the Production of Food and Drug Administration. The possibility of freezing bread sourdough in bread baking technology was proven, since the quality of bread products is better in products made on sourdough after freezing. It is recommended to use *Silybum marianum* (5 %) and *Linum usitatissimum* (5 %) as protective media during freezing and thawing of bread sourdough. The proposed prebiotic components have protective properties regarding the preservation of the viability of lactic acid bacteria cells not only when freezing bread starter, but also during baking bread.

References

- [1] Martirosyan D., Brugger J., Bialow S. (2021). Functional food science: Differences and similarities with food science. *Functional Foods in Health and Disease*. 11(9). P. 408-430.
- [2] European Commission “Functional foods”. URL: <http://publications.europa.eu/resource/cellar>
- [3] Platkin C., Cather A., Butz L. Food As Medicine: Overview and Report: How Food and Diet Impact the Treatment of Disease and Disease Management. *Center for Food As Medicine and Hunter College NYC Food Policy Center*. URL: <https://www.nycfoodpolicy.org/wpcontent/uploads/2022/04/foodasmedicine.pdf>
- [4] Hill C., Guarner F., Reid G. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 11. P. 506–514.
- [5] Report of a Joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food. URL: <https://www.iqb.es/digestivo/pdfs/probioticos.pdf>
- [6] Benchimol E. I., Mack D. R. (2004). Probiotics in relapsing and chronic diarrhea. *Journal of pediatric hematology/oncology*. 26(8). P. 515–517.
- [7] Aiba Y. (1998). Lactic acid-mediated suppression of *Helicobacter pylori* by the oral administration of *Lactobacillus salivarius* as a probiotic in a gnotobiotic murine model. *The American journal of gastroenterology*. 93(11). P. 2097–2101.
- [8] Snigdha M., Debapriya M., Swati M. (2019). Applications of Probiotics as a Functional Ingredient in Food and Gut Health. *Journal of Food and Nutrition Research*. 7(3). 213–223.
- [9] Rollan G., Geres C., Dallagnol A., Torino M. (2010). Update in bread fermentation by lactic acid bacteria. *Current research, technology and education, topics in applied microbiology and microbial biotechnology*. (8). P. 1168–1174.
- [10] Hrushkovska A.O., Danylenko S.H., Kryzhaska T.A., Khonkiv M.O. (2019). Vplyv molochnokyslykh bakterii na pokaznyky zhytnoi zakvasky. [The influence of lactic acid bacteria on the indicators of rye sourdough]. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky*. 69(2). P. 92–97 [in Ukrainian].
- [11] Hrehirchak N.M., Teterina S.M., Nechypor T.M. (2018). Mikrobiologhiia, sanitariia i hihiienna vyrobnytstv z osnovamy HACCP: pidruchnyk. [Microbiology, sanitation and hygiene of production with the basics of HACCP: textbook]. Kyiv: NUKhT. 274 p. [in Ukrainian].
- [12] Tkach V., Korniienko I., Yastremska L., Kuznetsova O. (2023). The theoretical description of furfural and lactic acid cathodic determination in bread and milk. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 13(6). P. 1–6.
- [13] Korniienko I., Lutsenko O., Isaienko V., Baranovskyi M., Anatskyi A., Laricheva L. (2021). Optimization of technological parameters of nutrition mixture fermentation process with the use of spline interpolation. *Chemistry and Technologies*. 29(1). P. 118–136.

- [14] Korniienko I.M., Huliaiev V.M., Harkava K.H., Anatskyi A.S., Yastremska L.S. (2024). Otsinka vplyvu laktulozy na tytr zhyttiezdatnykh molochnokyslykh bakterii u skladi funktsionalnoho produktu kharchuvannia. [Assessment of the effect of lactulose on the titer of viable lactic acid bacteria in a functional food product]. *Zbirnyk naukovykh prats DDTU*. 43(1). P. 183–195.
- [15] Korniienko I., Anatskyi A., Baranovskyi M. (2022). Providing Wasteless Manufacturing of Aviation Biofuels by Using Camelina Seed Residues for Producing Functional Bread. Collective Monograph: Chemmotological Aspects of Sustainable Development of Transport. Sustainable Aviation. Springer, Cham. P. 140–153.
- [16] Korniienko I.M., Kuznietsova O.O., Garkava K.H. (2023). Formation of individual human health: modern biotechnological trends in the use of probiotic microorganisms in functional sourdough bakery products. Scientific monograph: Scientific and educational dimensions of natural sciences. Riga: Publishing House “Baltija Publishing”. P. 375–403.
- [17] Neposhyvaylenko N., Kornienko I. (2020). Current problems of individual health of adolescents and the use of modern food biotechnology to solve them. Collective Monograph: Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions. Lublin: Universiti of life sciences in Lublin. P. 391–409.
- [18] Korniienko I.M., Gulyaev V.M., Kuznietsova O.O., Anatskyi A.S. (2024). Spline model optimization of the biotechnological process of obtaining sourdough for bakery needs using functional components. *Journal of Chemistry and Technologies*. 32(4). P. 1073–1097.
- [19] Solonytska I.V. (2009). Osnovy zamorozhuvannia tistovykh zahotovok. [The basics of freezing pastry]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. (1). P. 79–82 [in Ukrainian].
- [20] Solonytska I.V., Pshenyshniuk H.F. (2010). Vplyv retsepturnykh komponentiv na yakist vyrobiv likuvalno-profilaktychnoho pryznachennia iz zamorozhenykh napivfabrykativ. [The influence of prescription components on the quality of medical and prophylactic products from frozen semi-finished products]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. (1). P. 17–21 [in Ukrainian].
- [21] Solonytska I.V., Pshenyshniuk H.F. (2011). Obgruntuvannia aparaturno-tekhnolohichnoi skhemy vyrobnytstva khlibobulochnykh vyrobiv likuvalno-profilaktychnoho pryznachennia iz zamorozhenykh napivfabrykativ. [Substantiation of the equipment and technological scheme for the production of bakery products for therapeutic and prophylactic purposes from frozen semi-finished products]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. (1). P. 23–25 [in Ukrainian].
- [22] Solonytska I.V., Pshenyshniuk H.F., Pysanetska O. Ie. (2012). Vykorystannia vidkladenoho vypikannia v tekhnolohii khlibobulochnykh vyrobiv likuvalno-profilaktychnoho pryznachennia. [The use of delayed baking in the technology of bakery products for therapeutic and prophylactic purposes]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. (1). P. 11–14 [in Ukrainian].
- [23] Solonytska I.V., Pshenyshniuk H.F., Savkova Ye.V. (2013). Vyrobnystvo khlibobulochnykh vyrobiv za innovatsiinymy tekhnolohiiamy vidkladenoho vypikannia. [Production of bakery products using innovative delayed baking technologies]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. (1). P. 21–24 [in Ukrainian].
- [24] Filimonova N.I., Silaieva L.F., Dyka O.M. (2019). Mikrobiolohiia: pidruchnyk. [Microbiology: textbook]. Kharkiv: NFaU: Zoloti storinky. 676 p. [in Ukrainian].
- [25] Zubar N. M. (2010). Osnovy fiziolohii ta hihieny kharchuvannia: pidruchnyk. [Fundamentals of physiology and nutritional hygiene: textbook]. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury. 336 p. [in Ukrainian].
- [26] Drobot V.I., Arsenieva L.Iu., Bilyk O.A. (2006). Laboratornyi praktykum z tekhnolohii khlibopekarskoho i makaronnoho vyrobnytstva. [Laboratory workshop on baking and pasta production technology]. Kyiv: Tsentr navchalnoi literatury. 341 p. [in Ukrainian].
- [27] Hrehirchak N.M. (2009). Mikrobiolohiia kharchovykh vyrobnytstv: laboratornyi praktykum. [Microbiology of food production: laboratory practical]. Kyiv: NUKhT. 302 p. [in Ukrainian].
- [28] Sylchuk T.A., Drobot V. I. (2017). Doslidzhennia biotekhnolohichnykh vlastyvostei tistovykh napivfabrykativ. [Research on the biotechnological properties of semi-finished dough products.]. *Naukovi pratsi NUKhT*. 23 (1). 211–215 [in Ukrainian].