

ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

DOI : 10.33274/2079-4827-2023-47-2-27-39

УДК 664.66:633/635

Ланська В. Д., аспірант

Федорова Д. В., д-р техн. наук, професор

State University of Trade and Economics (Kyiv, Ukraine), e-mail: Vita.kozar70@gmail.com

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТАРТОВОЇ ЗАКВАСКИ ЛВ-1 В ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО РИСОВОГО ХЛІБА

UDC 664.66:633/635

Lanska V. D., postgraduate

*Fedorova D. V., Grand PhD of Engineering Science,
Professor*

State University of Trade and Economics (Kyiv, Ukraine), e-mail: Vita.kozar70@gmail.com

FEASIBILITY OF USING LV-1 STARTER LEAST IN THE GLUTEN-FREE RICE BREAD TECHNOLOGY

Мета – обґрунтування доцільності використання стартової закваски ЛВ-1 Livendo™ в технології безглютенового рисового хліба.

Методи. В роботі використано загальноприйняті стандартні методи досліджень, які забезпечили виконання поставленого завдання. Дослідження виконано на базі виробничої лабораторії підприємства «Zeelandia», м. Бровари (ДП «Zeelandia Group», Нідерланди). Питомий об'єм хліба (см³/г) визначали шляхом ділення величини об'єму хліба на його масу і виражали з точністю до 0,01 см³/г. Об'єм хліба у см³ вимірювали за допомогою пристрою РЗ-БІО, який працює за принципом вимірювання об'єму синього наповнювача, витиснутого хлібом. Вологість м'якушки хліба (%) визначали експрес-методом на приладі ВЧ при 160°C протягом 5 хв (за ДСТУ 7045:2009 «Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників»). Визначення кислотності м'якушки хліба проводилось арбітражним методом (титруванням гідроксидом натрію) за ДСТУ 7045:2009. М'якість та черствіння хліба визначали за допомогою аналізатора текстури (текстурометра) TA.Xtplus.

Результати. Обґрунтовано доцільність використання стартової закваски ЛВ1 Livendo™ в технології безглютенового рисового хліба. Доведено, що найбільш перспективною основою для приготування закваски для безглютенового хліба на основі стартеру ЛВ1 є рисове борошно. Використання рисової закваски на основі стартеру ЛВ1 в технології безглютенового рисового хліба у кількості від 30% до маси борошна є доцільним, оскільки дає можливість отримувати вироби із золотистою скоринкою, рівномірною пористістю, помірно вологою м'якушкою, вираженими приємними смаком і ароматом. Встановлено, що додавання рисової закаваски зумовлює підвищення кислотності рисового тіста на 2-3 град. Крім того, додавання рисової закваски у кількості 40% позитивно впливає на підйомну силу і зменшує на 15-20 хв. тривалість вистоювання тістових заготовок. Додавання 30-40% закваски дозволяє сповільнювати черствіння хліба при зберіганні, проте, така кількість закваски зменшує м'якість хліба. Перспективою подальших досліджень є робота над усуненням цієї проблеми за рахунок використання певних технологічних прийомів та додаткових інгредієнтів.

Ключові слова: безглютеновий рисовий хліб, рисова закваска, стартер ЛВ-1, показники якості.

Постановка проблеми. Целиакія (глютенінова ентеропатія) – це імуні-опосередковане захворювання, що викликається у генетично схильних дітей та дорослих пептидними послідовностями фракцій проламіну споживаної пшениці (гліадин), ячменю (гордеїн), жита (секалін) або вівса (авенін) [1]. Нині поширеність целиакії становить близько 1% населення у західному світі, і медична дієтотерапія є єдиним загальноприйнятим методом лікування целиакії. Безглютенінова дієта (БГД) потребує постійного навчання пацієнтів та членів їхніх сімей як лікарями, так і дієтологами. Дотримуватися суворої БГД непросто, оскільки (а) шкідливий глютен може забруднювати харчові продукти на етапах обробки; (б) БГД соціально обмежує, має істотний негативний вплив на сприймання якості життя і може викликати значний психологічний, емоційний та економічний стрес; (в) продукти без глютену, як правило, не широко доступні, вони дорожчі і мають нижчі смакові якості, ніж звичайні продукти і (г) жорстка БГД призвести до дефіциту вітамінів групи В, кальцію, вітаміну D, заліза, цинку, магнію та клітковини [2-4].

Таблиця 1 – Дефекти якості безглютенінового хліба та можливі покращення за рахунок ферментації закваски (адаптовано з Gobbetti et al., 2008, 2014; Gänzle, 2014 [5-7]).

Безглютеніновий хліб: проблеми	Закваска в БГ-хлібі: позитивні ефекти
Суха розсипчаста текстура	Пориста текстура, волога консистенція м'якушки
Малий об'єм хліба	Збільшення об'єму хліба Покращена газоутримувальна здатність
Неприємні сенсорні відчуття	Поліпшення смакових якостей
Прісний невиражений смак	Аромат традиційного хліба
Короткий термін зберігання	Зменшується черствіння хліба Антицвілева та протигрибкова активність
Низька харчова цінність	Покращена біодоступність мінеральних речовин Зниження глікемічного індексу Пребіотичні екзополісахариди
Висока вартість інгредієнтів	Зменшення потреби в кошкових інгредієнтах (гідроколоїдах, ферментах, хімічних консервантах)

Таким чином, виробництво високоякісних безглютенінових продуктів стало надзвичайно важливою соціально-економічною проблемою. На сьогоднішній день заміна глютену в хлібі є серйозним технологічним завданням для вчених, які займаються зерновими культурами, через низькі хлібопекарські властивості безглютенінових продуктів. Зростає попит споживачів на високоякісний безглютеніновий хліб, екологічно чисту (зелену) етикетку та натуральні продукти [8].

За останні десятиліття було досліджено кілька підходів до розробки безглютенінових продуктів (БГП) (і, зокрема, безглютенінових хлібобулочних виробів, БГХВ), таких як використання (а) різних видів безглютенінового борошна (рисового, сорго, вівсяного, гречаного, амарантового, кіноа, тефф, кукурудзяного) [10], (б) харчових добавок і інгредієнтів (крохмалі, молочні продукти, яєчні білки, харчові волокна, камеді та гідроколоїди) [11] та (в) альтернативних технологій, таких як ферментативна обробка та обробка високим гідростатичним тиском [12]. Незважаючи на отримані на даний момент привабливі результати, включення цих інгредієнтів/добавок до рецептури БГХВ має ряд недоліків, таких як (а) надмірна ціна використовуваних інгредієнтів/добавок [6] та (б) алергічні реакції на деякі з них (лактоза, білки) [4, 9]. Більше того, наявність у складі харчових добавок не відповідає вимогам багатьох споживачів до натуральності продуктів. Таким чином, навіть якщо за останні роки було досягнуто поліпшення якості БГП, зростаючий попит на високоякісну безглютенінову продукцію і особливо безглютеніновий хліб далеко не повністю задоволений. У цій галузі все ще потрібні великі дослідження.

Впровадження методів закваски – важливий напрямок у виробництві хліба, що спостерігається протягом останніх 20 років, в основному, через попит споживачів на хліб високої якості, без хімічних добавок та глютену [12, 14]. Основні переваги застосування закваски можна резюмувати як (а) нижчі темпи псування хліба (уповільнення черствіння), (б) більш висока стійкість до плісняви та мікробіального псування, (в) задоволення вимог споживачів щодо більш безпечних продуктів та продуктів зі зниженим вмістом хімічних консервантів, (г) покращені поживні властивості, (д) нижчий глікемічний індекс хліба та зниження засвоюваності крохмалю та (е) покращений смак та текстура, більш привабливі органолептичні властивості, порівняні з традиційним дріжджовим хлібом [10-14].

Правильно обрана стартова культура для приготування закваски покращує термін зберігання та смак хлібобулочних виробів [13,16], але також може змінювати реологічні властивості тіста за рахунок продукції екзополісахаридів [15]. Закваску також можна використовувати у рецептурах із чистою етикеткою.

Зростаюча популярність споживання корисного для здоров'я хліба на заквасці провокує розвиток ринку заквасок. Однак у більшості країн світу закваски не поширені і не продаються широко, наприклад, у європейських країнах переважно виробляють ремісничий хліб на спонтанних заквасках. Проте, дика мікрофлора сильно залежить від складу борошна (вуглеводи, білки, мінерали, ліпіди та активність ферментів) та різних параметрів процесу, таких як температура, час ферментації та кількість етапів розмноження закваски. Все це робить виробництво закваски складною процедурою, яка потребує ретельного контролю. Традиційна технологія хліба на заквасці, вироблений методом мимовільного (спонтанного, чи дикого) бродіння, є дорогою, нестабільною і трудомісткою. Надалі розширення споживчого попиту на ферментований хліб на заквасці змістило світовий ринок до промислової стандартизації, наприклад, до використання певних «чистих» заквасок (стартерів), які переважатимуть у типових продуктах [14, 16, 33]. Сьогодні харчова промисловість, схоже, надає перевагу певним стартовим культурам, щоб стабілізувати та полегшити процес виробництва. Отже, використання закваски-стартера для виробництва БГХВ є актуальним та перспективним напрямом у технологіях безглютенового хліба (БГХ), що потребує нових досліджень та технологій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Мікробна ферментація – один із найстаріших і найбільш економічно та екологічно чистих методів виробництва та консервування харчових продуктів. Мікробна ферментація виконує кілька функцій при переробці харчових продуктів, таких як (а) збагачення раціону за рахунок розвитку різноманітності смаку, аромату та текстури харчових субстратів, (б) збереження значної кількості їжі за рахунок молочнокислого та спиртового бродіння, (с) біологічне збагачення харчових субстратів сполуками, які виникають або внаслідок реакцій біотрансформації (білок, незамінні амінокислоти, незамінні жирні кислоти) або біосинтезу (вітаміни), та (d) детоксикації під час ферментації харчових продуктів [6, 17, 19]. Ці ферментативні дії використовувалися від початку людської цивілізації при виробництві ферментованих продуктів харчування та напоїв, які визначаються як продукти, що підпорядковуються впливу мікроорганізмів або ферментів, викликаючи бажані біохімічні зміни [13, 18].

Останній підхід, який був досліджений для поліпшення якості БГХ – це використання технології закваски, яка є одним із найстаріших біотехнологічних процесів у виробництві зернових продуктів харчування. Закваска – це суміш борошна та води, зброжена культурами молочнокислих бактерій (МКБ) та дріжджів, які або додаються навмисно, або є забруднювачами борошна [20]. Добре відомо, що бродіння на заквасці покращує властивості тіста: покращує об'єм, текстуру, смак і харчову цінність хліба [21, 22], уповільнює процес черствіння [23] та захищає хліб від плісняви та бактеріального псування [24].

Правильний вибір закваски має вирішальне значення. У виробництві закваски використовуються багато мікроорганізмів, більшість з яких належать до молочнокислих бактерій (МКБ). МКБ мають позитивний вплив на текстуру, смак, поживні властивості, хімічні

та мікробіологічні параметри зберігання завдяки різним метаболітам, що входять до складу тіста, таким як ферменти, органічні кислоти, екзополісахариди і навіть антимікробні сполуки [19, 26]. Всі ці метаболіти надають багато переваг у хлібі. Протеолітичні системи МКБ (протеїназна та пептидазна активність) можуть підвищувати концентрацію вільних амінокислот під час ферментації закваски, а також сприяти поліпшенню аромату, оскільки багато вільних амінокислот вважаються попередниками деяких летких сполук [25, 26]. Крім того, дія фітаз, викликана МКБ, посилює деградацію фітинової кислоти і, отже, збільшують біодоступність мінеральних речовин, амінокислот та білків закваски [27]. Екзополісахариди сприяють в'язкопружним властивостям тіста, що призводить до збільшення об'єму буханця та стійкості м'якушки [28]. Посилена продукція різних органічних кислот, таких як молочна та оцтова, сприяє збільшенню терміну придатності та гігієнічної безпеки хліба [29].

Чітка структура мікробіологічних взаємодій, що відбуваються під час ферментації закваски, необхідна для контролю ферментації і підтримки стабільних параметрів якості закваски в безглютеновому тісті. Літературний пошук показує, що для зростання закваскової культури в безглютеновому тесті першорядний інтерес представляє цукровий склад безглютенового борошна. Наприклад, дефіцит мальтози на початку ферментації у сорговій заквасці може призвести до неможливості зростання стартового штаму *Lactobacillus sanfranciscensis* [30]. Аналогічним чином, високий рівень глюкози в заквасці з сорго сприяє зростанню та метаболічній активності видів *Weissella* [31]. Деградація білка під час ферментації закваски є ключовим явищем, яке впливає на загальну якість хліба на заквасці, викликаючи утворення попередників смакових сполук та змінюючи в'язкопружні властивості тіста [29, 31, 33]. Як відправна точка, здатність заквасок домінувати в процесі ферментації та інгібувати зростання домішок повинна розглядатися як неодмінна умова для успішної розробки безглютенових продуктів на заквасці [14].

Moroni та ін. (2009) [24] показали, що під час ферментації рисової закваски виникають субстрат-специфічні МКБ та види дріжджів, які відрізняються від загальної мікробіоти пшеничних та житніх заквасок.

Gänzle та ін. (2019) [18] досліджували адаптованість великої різноманітності МКБ і дріжджів в заквасках, приготованих на основі глютенвмісних злаків (пшениця, жито і ячмінь), безглютенових зернових культур (вівсянка, рис, кукурудза, просо), псевдозерен (амаранту, гречки), а також маніюки. Вони виявили, що навіть якщо кожен субстрат був створений з використанням однієї і тієї ж стартової суміші та ферментований в однакових технологічних умовах, конкурентоспроможність деяких штамів була субстратно-специфічною. Отже, серед інших факторів, тип використовуваного безглютенового борошна визначає мікробіоту отриманої закваски. Ці дані показують, що екзогенні закваски не підходять для ферментації безглютенової сировини, і для такої ферментації необхідно розробити спеціальні закваски [13, 17, 20]. З іншого боку, екологічні дослідження безглютенових заквасок, отриманих або за допомогою стартерів, або шляхом спонтанної ферментації, показують, що БГ-борошно містить нові та конкурентоспроможні штами молочнокислих бактерій та дріжджів, які зазвичай не виділяються у традиційних заквасках і які можуть бути відповідними кандидатами для розробки заквасок. Інші подібні дослідження також показали важливість природи безглютенового субстрату на вибір корисних стартових культур [27, 29, 32].

Таким чином, можна прогнозувати, що робота в напрямку розробки технологій БГП на заквасках-стартерах має певні позитивні теоретичні підґрунтя та практичні перспективи. Проте, в роботі слід враховувати, що стартер має бути сертифікований в Україні та потребує експериментальних досліджень стосовно технологічної доцільності та поєднуваності наявних у стартері МКБ із різними видами безглютенового борошна.

Мета статті – обґрунтування доцільності використання стартової закваски LB1 Livendo™ в технології безглютенового рисового хліба.

Виклад основного матеріалу дослідження. При розробці технології рисового БГХ у дослідженнях використано стартову культуру LB1 Livendo™ французької компанії «Lesaffre»

[34], яка містить молочнокислі бактерії і дріжджі для приготування заквасок на аглютенівому борошні, яка сертифікована в Україні та дозволяє створити безглютеновий хліб на заквасці. Як запевняє виробник, закваска забезпечує накопичення кислотності, смакових та ароматичних речовин, розпушення аглютенівого тіста. Рекомендоване виробником дозування до маси борошна (пшеничного сортових помелів або цільнозернового, житнього) в заквасці складає 0,3-0,6% до маси борошна. Даних про використання даного стартера у технологіях безглютенового хліба в Україні не знайдено, тому цей напрямок потребує подальшого розвитку, як науково-теоретичних експериментальних досліджень, так і практичних технологічних проб.

На першому етапі досліджували вплив стартеру ЛВ1 на приготування заквасок на основі найбільш популярних видів безглютенового борошна (гречаного, кукурудзяного, рисового ТМ «Каскад» – єдиної в Україні торгівельної марки, яка випускає безглютенову продукцію зі знаком «Перекреслений колосок») та порівнювали із контрольним зразком закваски на основі пшеничного борошна.

Для найкращого результату рекомендовано змішати стартову культуру з водою температурою 35-38°C та перемішати протягом 1-2 хв. до утворення однорідної суспензії. В діжу планетарного міксера (або тістомесильної машини) необхідно внести всі компоненти для приготування закваски: аглютеніве борошно (рисове, або гречане, або кукурудзяне ТМ «Каскад») та суспензію стартової культури у воді та решту води температурою 35°C-38°C; замісити на 1 швидкості протягом 3-5 хв. Тривалість бродіння аглютенівої закваски 1-го ступеня – 24 години при температурі 26-28°C (в термостаті 18 годин при температурі +32°C). По закінченню процесу бродіння відбирається 50% від маси стиглої закваски, а решта закваски використовується для отримання закваски 2-го ступеня методом годування (1:1 води та аглютенівого борошна). Дані досліджень фізико-хімічних, біотехнологічних та мікробіологічних показників якості заквасок після циклу розведення наведено у табл. 1.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні, біотехнологічні та мікробіологічні показники якості заквасок після циклу розведення

Показники	Закваска			
	Пшенична (контроль)	Гречана	Кукурудзяна	Рисова
Фізико-хімічні				
Масова частка вологи, W, %	54,6	80,0	51,0	55,0
Кислотність, К, град	14,6	14,8	8,0	7,0
Активність МКБ, хв	65	60	98	80
Мікробіологічні				
Кількість молочнокислих бактерій, КУО/г	$2,7 \times 10^9$	$3,1 \times 10^9$	$2,8 \times 10^8$	$3,0 \times 10^7$
Кількість дріжджів, КУО/г	$1,6 \times 10^9$	$1,5 \times 10^9$	$6,0 \times 10^8$	$6,3 \times 10^7$

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що рисове борошно має найкращі перспективи як основа для приготування закваски для БГХ на основі стартеру ЛВ1.



Рисунок 1 – Зразки хліба рисового без закваски та з концентрацією закваски 20, 30 та 40%

Органолептичні показники рисового хліба на рисовій заквасці відрізняються від контрольного зразка. Скоринка рисового хліба на заквасці 30% та 40 % мала світло-коричнєве забарвлення, м'якушка мала рівномірну дрібну пористість та добру пропеченість, виражений хлібний смак і аромат. Контрольний рисовий хліб без закваски мав слабкий аромат і прісний смак, властивий рисовому борошну.

На наступному етапі досліджували показники якості рисового хліба із концентрацією закваски 20, 30 та 40% та порівнювали із контрольними зразками (хлібом пшеничним та хлібом рисовим без закваски).

Для визначення впливу рисової закваски на показники технологічного процесу та якості безглютенового хліба проводили пробні лабораторні випікання. Готували тісто двофазним способом із додаванням рисової закваски (до складу якої включали сіль, цукор кристалічний, дріжджі, олію за рецептурою) у кількості 20%, 30%, 40% до маси рисового борошна. При цьому орієнтувалися на те, що кислотність стиглої закваски має бути 7 град., оскільки за загальними технічними умовами кислотність не повинна перевищувати 8 град. Тривалість бродіння рисового тіста становила 10-15 хв., після чого тісто поділяли на тістові заготовки, проводили остаточне вистоювання в шафі за температури 35°C та вологості 75% та випікали формовий хліб за температури 190°C протягом 25 хв.

Показники якості, які досліджували: питомий об'єм, вологість і кислотність хліба, свіжість виробів та висота хліба.

Таблиця 3 – Показники якості безглютеного рисового хліба

№	Назва	Питомий об'єм, см ³ /г	Висота, см	Вологість, %	Кислотність, град
1	Контроль 1: Хліб пшеничний	2,30	10	43	3,5
2	Контроль 2: Хліб рисовий без закваски	1,20	5,3	45	0,8
3	Хліб рисовий (20% закваски)	1,16	5,5	41	2,5
4	Хліб рисовий (30% закваски)	1,16	5,2	41	3
5	Хліб рисовий (40% закваски)	1,37	5,1	42	4

Встановлено, що додавання рисової закваски зумовлює підвищення кислотності рисового тіста на 2-3 град. Крім того, додавання рисової закваски у кількості 40% позитивно впливає на підйомну силу і зменшує на 15-20 хв. тривалість вистоювання тістових заготовок (табл. 3, рис.1). Це пов'язано з кислим середовищем, в якому рисове тісто швидше набуває потрібних реологічних характеристик. Кислотність рисової закваски зумовила зростання кислотності готових виробів та їх вологості, питомий об'єм хліба поступається контрольному зразку, крім рисового хліба на заквасці 40%.

М'якість та черствіння хліба визначали за допомогою аналізатора текстури TA.Xtplus. Аналізатори текстури оцінюють властивості текстури, реєструючи силу, відстань і час зі швидкістю до 500 даних на секунду, потім відображають їх за допомогою вбудованої програми. Ці потужні й універсальні інструменти повністю відповідають зростаючим вимогам до точності, відтворюваності та кількісних даних під час вимірювання текстури та є новим кроком в еволюції від простих інструментів, що визначають лише один параметр, до багатофункціональних приладів із комп'ютерним керуванням, здатних виконувати широку низку вимірювань. Чим менше сили потрібно прикласти приладу, тим м'якший (свіжіший) виріб. Результати вимірювань узагальнено на рис. 2.

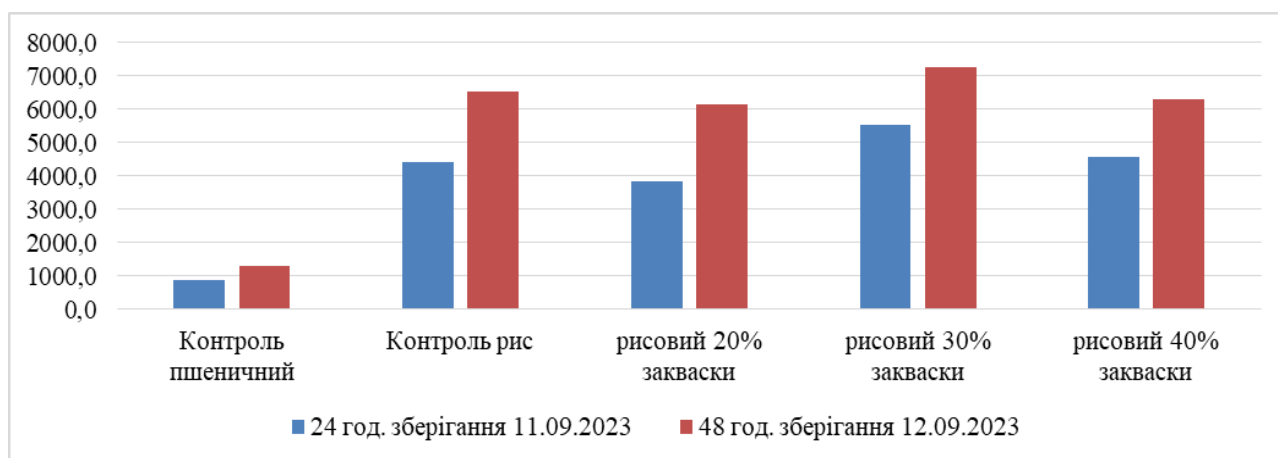
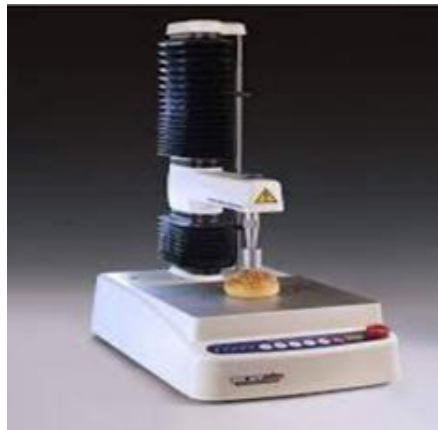


Рисунок 2 – М'якість та черствіння хліба (текстура) хліба при зберіганні

Аналізуючи дані рис. 2, можна зробити висновок, що хліб рисовий з додаванням 20% закваски має найменше значення приладу, яке становить 6157,1 од. Цей показник свідчить про те, що хліб рисовий з додаванням 20% закваски є найм'якшим серед всіх зразків хліба рисового з закваскою. Хліб з додаванням 30% закваски в першу добу був найтвердішим, проте, динаміка черствіння повільніша у порівнянні з іншими зразками. Якщо розглядати дані текстурометра для визначення свіжості виробів, ми можемо зробити наступні висновки: хліб рисовий з використанням 30% закваски черствіє менше за всі інші зразки.

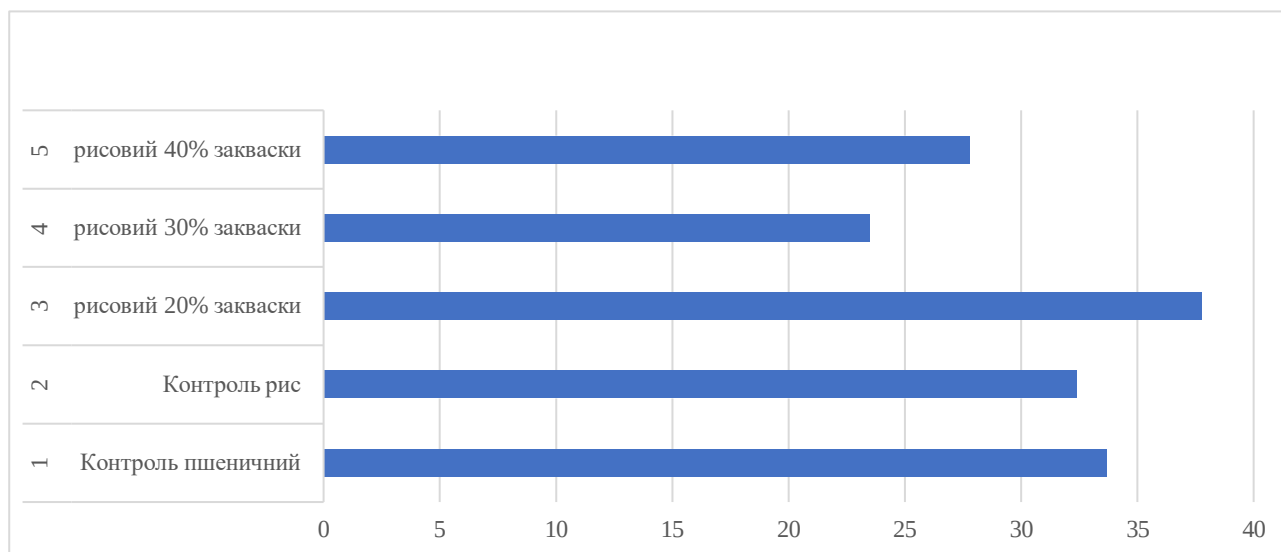


Рисунок 3 – Діаграма свіжості хліба

Дані діаграми свіжості свідчать, що зразок рисового хлібу із кількістю закваски 30% черствішає повільніше за контрольні зразки без закваски (на 43-47%) та дослідні зразки із закваскою 20% та 40% (відповідно на 60% та 17%).

Таким чином використання рисової закваски на стартері ЛВ1 в технології безглютенового рисового хліба доцільним, оскільки дозволяє забезпечити прискорення технологічного процесу, отримання хліба із високими споживчими характеристиками, подовження термінів зберігання.

Висновки. Обґрунтовано доцільність використання стартової закваски ЛВ1 Livendo™ в технології безглютенового рисового хліба. Дослідження впливу стартеру на фізико-хімічні, біотехнологічні та мікробіологічні показники якості (масову частку вологи, кислотність, активність МКБ, кількість МКБ та дріжджів) гречаної, кукурудзяної та рисової заквасок показало, що найбільш перспективною основою для приготування закваски для БГХ на основі стартеру ЛВ1 є рисове борошно.

Використання рисової закваски на основі стартеру ЛВ1 в технології безглютенового рисового хліба є доцільним, оскільки дозволяє суттєво поліпшити органолептичні показники рисового хліба: додавання закваски від 30% до маси борошна дозволяє позбутися головних сенсорних недоліків безглютенового хліба – світлої скоринки, нерівномірної пористості, надвисокої сухості м'якушки, невираженого прісного смаку і аромату. Таким чином, використання закваски в технології рисового БГХ дозволяє отримувати хліб із високими смаковими властивостями відповідно до запитів споживачів.

Встановлено, що додавання рисової закаваски зумовлює підвищення кислотності рисового тіста на 2-3 град. Крім того, додавання рисової закваски у кількості 40% позитивно впливає на підйомну силу і зменшує на 15-20 хв. тривалість вистоювання тістових заготовок.

Додавання 30-40% закваски дозволяє сповільнювати черствіння хліба при зберіганні, проте, така кількість закваски зменшує м'якість хліба. Перспективою подальших досліджень є робота над усуненням цієї проблеми за рахунок використання певних технологічних прийомів та додаткових інгредієнтів.

Список літератури

1. Tack G. J., Verbeek W. H. M., Schreurs M. W. J., Mulder C. J. J. The spectrum of celiac disease: epidemiology, clinical aspects and treatment. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. 2010. №7. P. 204-213. <https://doi.org/10.1097/01.mpg.0000228102.89454.eb>.
2. Palmieri B., Vadala M., Laurino C. Gluten-free diet in non-celiac patients: beliefs, truths, advantages and disadvantages. *Minerva Gastroenterology & Dietology*. 2019. Vol. 65 (2). P. 153-162. <https://doi.org/10.23736/S1121-421X.18.02519-9>.
3. Newberry C. The gluten-free diet: use in digestive disease management. *Current Treatment Options in Gastroenterology*. 2019. Vol. 17 (4). P. 554-563. <https://doi.org/10.1007/s11938-019-00255-0>.
4. Arendt E. K., Moroni A., Zannini E. Medical nutrition therapy: use of sourdough lactic acid bacteria as a cell factory for delivering functional biomolecules and food ingredients in gluten free bread. *Microbial Cell Factories*. 2011. 10 (S1). S15. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-10-S1-S15>.
5. Gobetti M., De Angelis M., Di Cagno R., Rizzello C. G. Sourdough lactic/acid bacteria. In: Arendt E. K., Dal Bello F. (Eds.). *Gluten-free Cereals Products and Beverages*. Elsevier, 2008. P. 267–288. URL: https://www.academia.edu/28281667/Gluten_Free_Cereal_Products_and_Beverages_pdf.
6. Gobetti M., Rizzello C. G., Di Cagno R., De Angelis M. How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods. *Food Microbiology*. 2014. Vol. 37. P. 30-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.012>.
7. Gänzle M. G. Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation. *Food Microbiology*. 2014. Vol. 37. P. 2-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.007>.
8. Šmídová Z., Rysová J. Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology. *Foods*. 2022. Vol. 11. P. 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>.
9. Jagelaviciute J., Cizeikiene D. The influence of non-traditional sourdough made with quinoa, hemp and chia flour on the characteristics of gluten-free maize/rice bread. *LWT*. 2021. Vol. 137. 110457. <https://doi.org/10.ghzf8q>.
10. Breadmaking: improving quality / Book: third edition. Editor: Stanley P. Cauvain. Witney, United Kingdom: Woodhead Publishing, 2021. 766 p. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02039-6>.
11. Demirkesen I., Mert B., Sumnu G., Sahin S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*. 2018. № 96. P. 295-303. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.004>.
12. Plessas S. Innovations in sourdough bread making. *Fermentation*. 2021. 7. 29. <https://doi.org/10.3390/fermentation7010029>.
13. Zannini E., Pontonio E., Waters D. M., Arendt E. K. Applications of microbial fermentations for production of gluten-free products and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2012. Vol. 93. № 2. P. 473-485. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3707-3>.
14. Lanska V., Fedorova D., Slashcheva A. Scientific and theoretical aspects of using rice flour-based spontaneous fermentation sourdoughs in gluten-free bread technology // *Science and technology: problems, prospects and innovations. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference*. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2022. Pp. 49-53. URL: <https://sci-conf.com.ua/i-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-technology-problems-prospects-and-innovations-19-21-10-2022-osaka-yaponiya-arhiv/>
15. Rühmkorf C., Jungkunz S., Wagner M., Vogel R. F. Optimization of homoexopolysaccharide formation by lactobacilli in gluten-free sourdoughs. *Food Microbiology*. 2012. Vol. 32 (2). P. 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.07.002>.
16. Kumar R. A., Routray W. Role of microbial fermentation in gluten-free products. In eBook: *Challenges and potential solutions in gluten free product development* / Editors: N. Singh Deora, A. Deswal, M. Dwivedi. 2022. P. 47-72. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-88697-4_4.

17. De Vuyst L., Van Kerrebroeck S., Harth H., Huys G., Daniel H.-M., Weckx S. Microbial ecology of sourdough fermentations: diverse or uniform? *Food Microbiology*. 2014. Vol. 37. P. 11–29. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.06.002>.
18. Gänzle M. G., Zheng J. Lifestyles of sourdough Lactobacilli – do they matter for microbial ecology and bread quality? *International Journal of Food & Microbiology*. 2018. Vol. 302. P. 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.019>.
19. Fraberger V., Unger C., Kummer C., Domig K. J. Insights into microbial diversity of traditional austrian sourdough. *LWT*. 2020. Vol. 127. 109358. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109358>.
20. De Vuyst L., Vancanneyt M. Biodiversity and identification of sourdough lactic acid bacteria. *Food Microbiology*. 2007. 24(2). P. 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.005>.
21. Edema M. O., Emmambux M. N., Taylor J. R. N. Improvement of fonio dough properties through starch modification by sourdough fermentation. *Starch*. 2013. Vol. 65. Is. 9-10. P. 730-737. <https://doi.org/10.1002/star.201200>.
22. Tafti A. G., Peighambaroust S. H., Hesari J., Bahrami A., Bonab E. S. Physico-chemical and functional properties of spraydried sourdough in breadmaking. *Food Science and Technology International*. 2013. Vol. 19. Is. 3. P. 271–278. <https://doi.org/10.1177/1082013212452415>.
23. Ganzle M. G., Lõpõnen J., Gobbetti M. Proteolysis in sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality. *Trends in Food Science & Technology*. 2008. Vol. 19. Is. 10. P. 513–521. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.04.002>.
24. Moroni A. V., Dal Bello F., Arendt E. K. Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue? *Food Microbiology*. Vol. 26. Is.7. P. 676–684. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.001>.
25. Galimberti A., Bruno A., Agostinetto G., Casiraghi M., Guzzetti L., Labra M. Fermented food products in the era of globalization: tradition meets biotechnology innovations. *Current Opinion in Biotechnology*. 2021. Vol. 70. P. 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.10.006>.
26. Hangyan Dan, Zepeng Gu, Cheng Li, Zhengfeng Fang, Bin Hu, Caixia Wang, Saiyan Chen, Xiaoshu Tang, Yuanyuan Ren, Wenjuan Wu, Zhen Zeng, Yuntao Liu. Effect of fermentation time and addition amount of rice sourdoughs with different microbial compositions on the physicochemical properties of three gluten-free rice breads. *Food Research International*. 2022. Vol. 161. 111889. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111889>.
27. Thomas Remilekun M., Falegan Christopher R., Olojede Ayoyinka O., Oludipe Emmanuel O., Awarun Olorunfemi D., Daodu Gladys O. Nutritional and sensory quality of Ofada rice sourdough bread made with selected lactic acid bacteria strains. *Heliyon*. 2023. Vol. 9. Is. 10. e20828. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20828>.
28. Üçok G., Hayta M. Effect of sourdough addition on rice based gluten-free formulation: rheological properties of dough and bread quality. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. 2020. Vol. 7 (5). P. 643-649. <https://doi.org/10.3920/QAS2014.0440>.
29. Mohd Roby B. H., Muhiaddin B. J., Abadi M. M. T., Mat Nor N. A., Marzlan A. A., Lim S. A. H., Mustapha N. A., Meor Hussin A. S. Physical properties, storage stability, and consumer acceptability for sourdough bread produced using encapsulated kombucha sourdough starter culture. *Journal of Food Science*. 2020. Vol. 85. P. 2286–2295. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15302>.
30. Gobbetti M., De Angelis M., Di Cagno R., Calasso M., Archetti G., Rizzello C. G. Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*. 2019. Vol. 302. P. 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018>.
31. Jin J., Nguyen T. T. H., Humayun S., Park S., Oh H., Lim S., Mok I.-K., Li Y., Pal K., Kim D. Characteristics of sourdough bread fermented with *Pediococcus pentosaceus* and *Saccharomyces cerevisiae* and its bio-preservative effect against *Aspergillus flavus*. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 345. 128787. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128787>.

32. R. Anand Kumar, Winny Routray. Role of microbial fermentation in gluten-free products / In: Challenges and potential solutions in gluten free product development. Food Engineering Series, 2021. Pp. 47–71. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_4.

33. Федорова Д. В., Слащева А. В., Ланська В. Д. Технологічні аспекти виробництва безглютенового хліба на заквасках. *Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business*: Scientific monograph. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2023. p. 247-289. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-328-6-12>.

34. Стартова культура ЛІВІ Livendo™. URL: <https://lesaffre.ua/products/startova-kultura-lv1-livendo/>.

References

1. Tack, G. J.; Verbeek, W. H. M.; Schreurs, M. W. J.; Mulder, C. J. J. (2010). The spectrum of celiac disease: epidemiology, clinical aspects and treatment, *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 7, 204-213. <https://doi.org/10.1097/01.mpg.0000228102.89454.eb>.

2. Palmieri, B.; Vadala, M.; Laurino, C. (2019). Gluten-free diet in non-celiac patients: beliefs, truths, advantages and disadvantages, *Minerva Gastroenterology & Dietology*, 65 (2), 153-162. <https://doi.org/10.23736/S1121-421X.18.02519-9>.

3. Newberry, C. (2019). The gluten-free diet: use in digestive disease management, *Current Treatment Options in Gastroenterology*, 17 (4), 554-563. <https://doi.org/10.1007/s11938-019-00255-0>.

4. Arendt, E. K.; Moroni, A.; Zannini, E. (2011). Medical nutrition therapy: use of sourdough lactic acid bacteria as a cell factory for delivering functional biomolecules and food ingredients in gluten free bread, *Microbial Cell Factories*, 10 (S1), S15. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-10-S1-S15>.

5. Gobbetti, M.; De Angelis, M.; Di Cagno, R.; Rizzello, C. G. (2008). Sourdough lactic/acid bacteria. In: *Gluten-free Cereals Products and Beverages*. Elsevier, 267–288. URL: https://www.academia.edu/28281667/Gluten_Free_Cereal_Products_and_Beverages_pdf.

6. Gobbetti, M.; Rizzello, C. G.; Di Cagno, R.; De Angelis, M. (2014). How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods, *Food Microbiology*, 37, 30-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.012>.

7. Gänzle, M. G. (2014). Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation, *Food Microbiology*, 37, 2-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.007>.

8. Šmidová, Z.; Rysová, J. (2022). Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology, *Foods*, 11, 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>.

9. Jagelaviciute, J.; Cizeikiene, D. (2021). The influence of non-traditional sourdough made with quinoa, hemp and chia flour on the characteristics of gluten-free maize/rice bread, *LWT*, 137, 110457. <https://doi.org/10/ghzf8q>.

10. Breadmaking: improving quality / Book: third edition. (2021). Editor: Stanley P. Cauvain. Witney, United Kingdom: Woodhead Publishing, 766. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02039-6>.

11. Demirkesen, I.; Mert, B.; Sumnu, G.; Sahin, S. (2018). Rheological properties of gluten-free bread formulations, *Journal of Food Engineering*, 96, 295-303. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.004>.

12. Plessas, S. (2021). Innovations in sourdough bread making, *Fermentation*, 7 (29). <https://doi.org/10.3390/fermentation7010029>.

13. Zannini, E.; Pontonio, E.; Waters, D. M.; Arendt, E. K. (2012). Applications of microbial fermentations for production of gluten-free products and perspectives, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 93 (2), 473-485. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3707-3>.

14. Lanska, V.; Fedorova, D.; Slashcheva, A. (2022). Scientific and theoretical aspects of using rice flour-based spontaneous fermentation sourders in gluten-free bread technology // *Science and technology: problems, prospects and innovations. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference*. CPN Publishing Group. Osaka, Japan, 49-53. URL: <https://sci->

conf.com.ua/i-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-technology-problems-prospects-and-innovations-19-21-10-2022-osaka-yaponiya-arhiv/

15. Rühmkorf, C.; Jungkuntz, S.; Wagner, M.; Vogel, R. F. (2012). Optimization of homoexopolysaccharide formation by lactobacilli in gluten-free sourdoughs, *Food Microbiology*, 32 (2), 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.07.002>.

16. Kumar, R. A.; Routray, W. (2022). Role of microbial fermentation in gluten-free products. In eBook: Challenges and potential solutions in gluten free product, 47-72. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-88697-4_4.

17. De Vuyst, L.; Van Kerrebroeck, S.; Harth, H.; Huys, G.; Daniel, H.-M.; Weckx, S. (2014). Microbial ecology of sourdough fermentations: diverse or uniform? *Food Microbiology*, 37, 11-29. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.06.002>.

18. Gänzle, M. G.; Zheng, J. (2018). Lifestyles of sourdough Lactobacilli – do they matter for microbial ecology and bread quality? *International Journal of Food & Microbiology*, 302, 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.019>.

19. Fraberger, V.; Unger, C.; Kummer, C.; Domig K. J. (2020). Insights into microbial diversity of traditional austrian sourdough, *LWT*, 127, 109358. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109358>.

20. De Vuyst, L.; Vancanneyt, M. (2007). Biodiversity and identification of sourdough lactic acid bacteria, *Food Microbiology*, 24 (2), 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.005>.

21. Edema, M. O.; Emmambux, M. N.; Taylor, J. R. N. (2013). Improvement of fonio dough properties through starch modification by sourdough fermentation, *Starch*, 65 (9-10), 730-737. <https://doi.org/10.1002/star.201200>.

22. Tafti, A. G.; Peighambari, S. H.; Hesari, J.; Bahrami, A.; Bonab, E. S. (2013). Physico-chemical and functional properties of spraydried sourdough in breadmaking, *Food Science and Technology International*, 19 (3), 271-278. <https://doi.org/10.1177/1082013212452415>.

23. Ganzle, M. G.; Lõpõnen, J.; Gobbetti, M. (2008). Proteolysis in sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality, *Trends in Food Science & Technology*, 19 (10), 513-521. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.04.002>.

24. Moroni, A. V.; Dal Bello, F.; Arendt, E. K. (2009). Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue? *Food Microbiology*, 26 (7), 676-684. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.001>.

25. Galimberti, A.; Bruno, A.; Agostinetto, G.; Casiraghi, M.; Guzzetti, L.; Labra, M. (2021). Fermented food products in the era of globalization: tradition meets biotechnology innovations, *Current Opinion in Biotechnology*, 70, 36-41. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.10.006>.

26. Hangyan, Dan; Zepeng, Gu; Cheng, Li; Zhengfeng, Fang; Bin, Hu; Caixia, Wang; Saiyan, Chen; Xiaoshu, Tang; Yuanyuan, Ren; Wenjuan, Wu; Zhen, Zeng; Yuntao, Liu. (2022). Effect of fermentation time and addition amount of rice sourdoughs with different microbial compositions on the physicochemical properties of three gluten-free rice breads, *Food Research International*, 161, 111889. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111889>.

27. Thomas Remilekun, M.; Falegan, Christopher R.; Olojede, Ayoyinka O.; Oludipe, Emmanuel O.; Awarun, Olorunfemi D.; Daodu, Gladys O. (2023). Nutritional and sensory quality of Ofada rice sourdough bread made with selected lactic acid bacteria strains, *Heliyon*, 9 (10), e20828. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20828>.

28. Üçok, G.; Hayta, M. (2020). Effect of sourdough addition on rice based gluten-free formulation: rheological properties of dough and bread quality, *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 7 (5), 643-649. <https://doi.org/10.3920/QAS2014.0440>.

29. Mohd Roby, B. H.; Muhiadin, B. J.; Abadl, M. M. T.; Mat Nor, N. A.; Marzlan, A. A.; Lim, S. A. H.; Mustapha, N. A.; Meor Hussin, A. S. (2020). Physical properties, storage stability, and consumer acceptability for sourdough bread produced using encapsulated kombucha sourdough starter culture, *Journal of Food Science*, 85, 2286-2295. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15302>.

30. Gobetti, M.; De Angelis, M.; Di Cagno, R.; Calasso, M.; Archetti, G.; Rizzello, C.G. (2019). Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation, *International Journal of Food Microbiology*, 302, 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018>.
31. Jin, J.; Nguyen, T. T. H.; Humayun, S.; Park, S.; Oh, H.; Lim, S.; Mok, I.-K.; Li, Y.; Pal, K.; Kim, D. (2021). Characteristics of sourdough bread fermented with *pediococcus pentosaceus* and *saccharomyces cerevisiae* and its bio-preservative effect against *aspergillus flavus*, *Food Chemistry*, 345, 128787. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128787>.
32. R. Anand, K.; Winny, R. (2021). Role of microbial fermentation in gluten-free products / In: Challenges and potential solutions in gluten free product development. Food Engineering Series, 47–71. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_4.
33. Fedorova, D. V.; Slashcheva, A. V.; Lanska, V. D. (2023). Tekhnolohichni aspekty vyrobnytstva bezghliutenovoho khliba na zakvaskakh [Technological aspects of gluten-free sourdough bread production]. *Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business: Scientific monograph*. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 247-289. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-328-6-12>.
34. Starter culture LV1 Livendo™. URL: <https://lesaffre.ua/products/startova-kultura-lv1-livendo/>.

Objective is to justify the feasibility of using Livendo™ LV-1 starter sourdough in the technology of gluten-free rice bread.

Methods. The work uses generally accepted standard methods of research, which ensured the fulfillment of the task. The research was carried out on the basis of the production laboratory of the enterprise "Zeelandia", the city of Brovary (SE "Zeelandia Group", the Netherlands). The specific volume of bread (cm³/g) was determined by dividing the volume of bread by its mass and expressed with an accuracy of 0.01 cm³/g. The volume of bread in cm³ was measured using the RZ-BIO device, which works on the principle of measuring the volume of bulk filler squeezed out of bread. Bread crumb moisture (%) was determined by the express method on the HF device at 160°C for 5 min (according to DSTU 7045:2009 "Bakery products. Methods of determining physical and chemical parameters"). The acidity of bread crumb was determined by the arbitration method (titration with sodium hydroxide) according to DSTU 7045:2009. Softness and staleness of bread were determined using a texture analyzer (texturometer) TA.Xtplus.

Results. The expediency of using LV1 Livendo™ starter sourdough in the technology of gluten-free rice bread is substantiated. It has been proven that rice flour is the most promising base for preparing sourdough for gluten-free bread based on LV1 starter. The use of rice sourdough on the basis of LV1 starter in the technology of gluten-free rice bread in the amount of 30% to the mass of flour is advisable, as it makes it possible to obtain products with a golden crust, uniform porosity, moderately moist pulp, pronounced pleasant taste and aroma. It was established that the addition of rice zakawaska leads to an increase in the acidity of the rice dough by 2-3 degrees. In addition, the addition of rice sourdough in the amount of 40% has a positive effect on the lifting force and reduces it by 15-20 min. duration of dough blanks. Adding 30-40% of sourdough helps to slow down the staleness of bread during storage, however, this amount of sourdough reduces the softness of bread. The prospect of further research is to work on eliminating this problem through the use of certain technological techniques and additional ingredients.

Keywords: gluten-free rice bread, rice sourdough, LV-1 starter, quality indicators.