DOI: 10.31617/2.2024(51)08
УДК 664.64.016:664.661.2

ФЕДОРОВА Діна,
д. т. н., професор,
завідувач кафедри ресторанних
і крафтових технологій
Державного торговельно-економічного
університету
вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна
d.fedorova@knute.edu.ua

FEDOROVA Dina,
Doctor of Science (Food Technology),
Professor, Head at the Department
of Restaurant and Craft (Food) Technologies
State University of Trade and Economics
19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine
ORCID: 0000-0002-9443-2941

ЛАНСЬКА Віта,
магістр, аспірант кафедри ресторанних
і крафтових технологій
Державного торговельно-економічного
університету
вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна
v.lanska@knute.edu.ua

LANSKA Vita,
Master, Postgraduate Student
at the Department of Restaurant
and Craft (Food) Technologies
State University of Trade and Economics
19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine
ORCID: 0000-0002-9119-7461

ЯКІСТЬ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА НА ЗАКВАСЦІ ЗІ СТАРТОВОЮ КУЛЬТУРОЮ LV–1

Розроблення адаптованої до місцевих умов технології та просування на вітчизняний ринок безглютенового хліба CL на заквасці з покращеними органолептичними характеристиками та високою поживною цінністю у контексті державної політики щодо покращання продовольчої безпеки України, ресурсоощадження, нарощування високоякісної продукції вітчизняного виробництва на основі зернових культур місцевого виробництва, зокрема із зерна сорго, є актуальним і своєчасним завданням. Метою статті є встановлення впливу закваски рисової зі стартовою культурою LV–1 на реологічні й технологічні показники якості безглютенового тіста на основі суцільнозернового борошна сорго, параметри технологічного процесу та якість готового хліба. Предмети дослідження – суцільнозернове борошно рисове, соргове ТОВ "Каскад", закваска рисова з використанням стартової культури LV–1 Livendo™, модельні композиції тіста та хліба безглютенового із застосуванням рисової закваски. Титровану кислотність заквасок і зразків тіста, масову частку вологи, газоутворення за час бродіння й газоутримання, питомий об'єм і пористість хліба, крихкуватість і вологопоглинальну здатність м'якушки хліба визначали за загальноприйнятими методиками. Експериментально підтверджено, що використання 30–40% закваски рисової до маси борошняної суміші, приготованої з використанням стартової культури LV–1, значно

THE QUALITY OF GLUTEN-FREE SOURDOUGH BREAD WITH STARTER CULTURE LV–1

Development of a technology adapted to local conditions and promotion to the domestic market of CL gluten-free sourdough bread with improved organoleptic characteristics and high nutritional value in the context of the state policy on improving food security of Ukraine, resource saving, increasing high-quality products of domestic production based on locally produced grain crops, in particular from sorghum grains, is an urgent and timely task. The purpose of the article is to establish the influence of rice sourdough with starter culture LV-1 on the rheological and technological properties of the quality of gluten-free dough based on whole grain sorghum flour, the parameters of the technological process and the quality of the finished bread. The subjects of the study are whole-grain rice flour, sorghum LLC "Cascade", rice sourdough using starter culture LV-1 Livendo™, model compositions of dough and gluten-free bread using rice sourdough. The titrated acidity of sourdough and dough samples, mass fraction of moisture, gas formation during fermentation and gas retention, specific volume and porosity of bread, fragility and moisture absorption capacity of bread crumb were determined according to generally accepted methods. It has been experimentally confirmed that the use of 30–40% of rice sourdough to the mass of the flour mixture, prepared using the starter culture LV-1, significantly improves the rheological and physicochemical parameters of gluten-free dough based on whole grain sorghum flour.

Copyright © 2024. Автор(и). Це стаття відкритого доступу, яка розповсюджується на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License 4.0 (CC-BY) Міжнародна ліцензія

покращує реологічніта фізико-хімічні показники безглютенового тіста на основі суцільнозернового борошна сорго. Міцність досліджуваних модельних систем тіста з використанням 30% рисової закваски зростає до 249.8 Па, що у 2.1 раза перевищує відповідні значення для тіста без закваски. Додавання рисової закваски інтенсифікує кислотонакопичення, виділення CO_2 та газоутримувальну здатність соргового тіста та забезпечує формування необхідних реологічних характеристик. При цьому кількість виділеного CO_2 та газоутримувальна здатність тіста зростають зі збільшенням дозування рисової закваски й у зразках тіста з використанням 30% закваски досягають максимальних значень, що узгоджується з результатами реологічних досліджень. Застосування закваски дало змогу підвищити питомий об'єм у дослідних зразках хліба на 14.4–46.2%, їх кислотність – на 0.4–1.4 град, а пористість – на 10.6–31.9% порівняно із контролем (хлібом без закваски). Хліб з використанням 30–40% рисової закваски набуває більш розвиненої пористості та питомого об'єму, яскраво вираженого кислотно-спиртового присмаку та хлібного аромату, що наближує до традиційного хліба на основі пшеничного борошна першого сорту. Доведено, що використання 30–40% закваски рисової зі стартовою культурою LV–1 1 для виробництва безглютенового хліба сприяє покращенню реологічних і технологічних показників якості напівфабрикатів і хліба на основі борошна сорго, що дозволяє отримати доступний вітчизняний безглютеновий хліб CL з покращеними органолептичними характеристиками.

Ключові слова: суцільнозернове соргове, рисове борошно, заквaски, реологічні показники, ефективна в'язкість, показники якості, кислотність, безглютеновий хліб.

The strength of the investigated model dough systems using 30% of rice sourdough increases to 249.8 Pa, which is 2.1 times higher than the corresponding values for the dough without sourdough. The addition of rice sourdough intensifies acid accumulation, release of CO_2 and gas-holding capacity of sorghum dough and ensures the formation of the necessary rheological characteristics. At the same time, the amount of released CO_2 and the gas-holding capacity of the dough increase with an increase in the dosage of rice sourdough, and in dough samples using 30% of sourdough, they reach the maximum values, which is consistent with the results of rheological studies. The use of sourdough made it possible to increase the specific volume of experimental bread samples by 14.4–46.2%, their acidity by 0.4–1.4 degrees, and porosity by 10.6–31.9% compared to the control (bread without sourdough). Bread with the use of 30–40% rice sourdough acquires a more developed porosity and specific volume, a brightly expressed acid-alcohol taste and a bread aroma, approaching traditional bread based on first-grade wheat flour. It has been proven that the use of 30–40% rice sourdough with starter culture LV-1 1 for the production of gluten-free bread contributes to the improvement of rheological and technological indicators of the quality of semi-finished products and bread based on sorghum flour, which makes it possible to obtain affordable domestic gluten-free CL bread with improved organoleptic characteristics.

Keywords: whole-grain sorghum, rice flour, sourdough, rheological properties, effective viscosity, quality indicators, acidity, gluten-free bread.

Вступ

Світовий ринок безглютенових продуктів має стабільну позитивну динаміку зростання, особливо у країнах Європи, Північної Африки й Америки, населення яких етнічно здебільшого належить до так званого "світу пшениці", де традиційно злаки є основою раціону та мають соціальну значущість (*Kulshrestha et al.,* 2022*; US Gluten-free Food Market Research Report, Size, Growth, Trends, Opportunity Analysis, Industry Forecast,* 2023–2027). За різними даними, частка населення з гіперчутливістю до глютену постійно змінюється й у середньому становить 10%. Близько 1% населення планети страждає на абсолютну непереносність глютену (целіакію, або глютенову ентеропатію). Це захворювання пов'язане з алергією на білок пшениці, жита, ячменю,

вівса — гліадин, що зумовлює подразнення слизової оболонки тонкого кишківника (*Tack et al.,* 2010). Погіршення перетравлення поживних речовин їжі призводить до порушення інших обмінних процесів в організмі (*Palmieri et al.,* 2019). Наразі медична дієтотерапія є єдиним загальноприйнятим методом лікування целіакії, за якої споживаються продукти, білки яких не містять гліадину (*Arendt et al*., 2011). Безглютенова дієта також рекомендована в разі аутоімунних захворювань ендокринної (тиреоїдит Хашимото, інсулінозалежний діабет), кровотворної (перніціозна анемія) та нервової систем (енцефалопатія, розсіяний склероз), а також сполучної тканини (ревматоїдний артрит), внутрішніх органів (целіакія, хвороба Крона), розповсюдженість яких збільшилася на фоні пандемії *COVID*-19 (*Passali et al.,* 2020).

Зростаючий попит на продукцію спеціального дієтичного призначення зумовлює потреби у якісному безглютеновому хлібі вітчизняного виробництва, однак вони забезпечуються здебільшого дорогою імпортною продукцією, тому майже весь асортимент такої продукції в Україні представлений закордонними (польськими, італійськими, німецькими) виробниками, а ціни на такий хліб є недоступними для значної кількості населення (*Toth et al.*, 2020). Оскільки хліб має велике соціальне значення у щоденному раціоні харчуванні українців, дослідження, що спрямоване на удосконалення та розробку технологій безглютенових хлібобулочних виробів, які зможуть конкурувати із закордонними аналогами не лише за ціновою політикою, а й за високими показниками якості, є актуальним і своєчасним. За вимогами комісії *Codex Alimentarius*, у безглютенових продуктах вміст глютену не має перевищувати 20 мг на 1 кг сухої речовини продукту (*Codex Alimentarius Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten CXS* 118–1979), що обумовлює потреби заміни традиційних видів хлібопекарського борошна у технологіях безглютенового хліба.

Серед продуктів, які традиційно виготовляються з глютеновмісної зернової сировини, найбільш проблематичним є виготовлення хліба, оскільки споживачі бажають отримувати безглютеновий продукт з традиційними органолептичними властивостями й ароматикою хліба. Сучасний асортимент безглютенового хліба здебільшого виготовляється на основі безглютенових крохмалів (кукурудзяний, картопляний, рисовий, топіоковий тощо), що мають низьку харчову цінність і високий глікемічний індекс (Дробот та ін., 2019). Використання традиційних рецептур безглютенового хліба на основі крохмалів не дає змогу забезпечити бажані споживні властивості, наближені до звичного пшеничного хліба, основну роль у формуванні якого виконують клейковинні білки та смакоароматичні речовини, що утворюються під час бродіння. Ця проблема потребує нових технологічних рішень.

Питанню розробки технологій безглютенового хліба приділяють увагу науковці та виробники багатьох країн світу. Попри велику кількість наукових досліджень, дослідження в цьому напрямі продовжуються і спрямовані на створення нових технологій та розширення

асортименту безглютенових видів хліба завдяки залученню локальної борошняної сировини з круп'яних і бобових культур, покращанню його смакових властивостей. За останні десятиліття вже досліджено кілька підходів до розробки безглютенового хліба, зокрема використання різних видів безглютенового борошна (рисового, сорго, вівсяного, гречаного, амарантового, кіноа, теффі, кукурудзяного), харчових добавок та інгредієнтів (крохмалі, молочні продукти, яєчні білки, харчові волокна, камеді та гідроколоїди) та альтернативних технологій, таких як ферментативна обробка та обробка високим гідростатичним тиском (*Bender & Schönlechner*, 2020; *Plessas*, 2021; *Demirkesen et al.*, 2018; *Zannini et al.*, 2012). У розроблених на цей час в Україні технологіях безглютенових виробів на основі крохмалів для підвищення їх харчової цінності передбачається використання здебільшого рисового, кукурудзяного та гречаного борошна, а для створення характерної структури тіста і м'якушки хліба додають різні камеді (Дробот та ін., 2019). Попри отримані на сьогодні позитивні результати, включення цих інгредієнтів/добавок має низку недоліків, зокрема їх висока ціна внаслідок імпорту, алергічні реакції на деякі з них (лактоза, білки), низькі поживні та споживчі характеристики (*Moroni et al.*, 2009). Крім того, з огляду на зростаючу популярність тренду "продукти здорового харчування", все більше уваги науковців і технологій привертає проблема створення безглютенового хліба *CL* без використання харчових добавок – структуроутворювачів, що є досить складною технологічною задачею. Таким чином, технології безглютенового хліба потребують фундаментальних досліджень та зміни парадигми використання крохмалів як основи безглютенового тіста та харчових добавок – як регуляторів його текстури.

Впровадження нових способів заквашування – важлива тенденція у виробництві хліба, що спостерігається протягом останніх 20 років. Основні переваги застосування заквасок у технології хліба: нижчі темпи псування (уповільнення черствіння), більш висока стійкість до плісняви та мікробіального псування, покращання споживчих властивостей (яскравий смак, виражений аромат, високі пористість та об'єм, приємна текстура), зниження засвоюваності крохмалю і глікемічного індексу, біологічне збагачення харчових субстратів сполуками, які виникають або внаслідок реакцій біотрансформації (білок, незамінні амінокислоти, незамінні жирні кислоти), або біосинтезу (вітаміни) (*Bender & Schönlechner*, 2020; *Hangyan et al.*, 2022; *Moroni et al.*, 2009; *Üçok & Hayta*, 2020).

Закваски інтенсифікують накопичення кислот у тісті та прискорюють процеси його дозрівання. У результаті життєдіяльності молочнокислих бактерій хліб має яскраво виражені смак і аромат, кращий об'єм і пористість, подовжуються строки його зберігання (Михонік та ін., 2019). Правильно обрана стартова культура для приготування закваски покращує термін зберігання та органолептику хліба, але також може

змінювати реологічні властивості тіста за допомогою продукції екзополісахаридів (*Rühmkorf et al.*, 2012; *Yaqin Wang et al.*, 2019).

Традиційна технологія хліба на заквасці, виробленій методом спонтанного (дикого) бродіння, є нестабільною і трудомісткою. Традиційно закваски спонтанного бродіння з пшеничного борошна додають у пшеничне тісто в кількості 10–15% загальної маси борошна (Михонік & Грищенко, 2019; Михонік & Гетьман, 2019). Розвиток технологій безглютенового хліба на заквасках-стартерах має значні практичні перспективи. Даних про використання закваски-стартера *Livendo*™ французької компанії "*Lesaffre*" (*Lesaffre*, n. d.) у технологіях безглютенового хліба в Україні не знайдено, що визначає актуальність цього напряму досліджень.

Перспективним у виробництві безглютенового хліба є також використання суцільнозернового борошна, що дає змогу виробляти цільнозерновий хліб з високим вмістом клітковини більш доступним і поживним. На сьогодні в Українській спілці целіакії, що має ліцензійний дозвіл Європейської Системи Ліцензування (*ELS*) та Асоціації Європейських Спілок Целіакії (*AEOCS*) на маркування безглютенової продукції символом "Перекреслений колосок", ліцензовано лише одного виробника безглютенових видів борошна – ТОВ "Каскад", ТМ "*Ms. Tally*", м. Полтава (ТОВ "Каскад", б. д.).

У попередніх дослідженнях вже обґрунтовано доцільність використання стартової закваски *LV*–1 *Livendo*™ у технології безглютенового хліба й доведено, що найперспективнішою основою для приготування закваски на основі стартеру *LV*–1 є рисове борошно (Федорова & Ланська, 2023). Використання рисової закваски на основі стартеру *LV*–1 у технології безглютенового рисового хліба в кількості 40% до маси борошна є доцільним, оскільки дає можливість отримувати вироби з рівномірною пористістю, помірно вологою м'якушкою, приємними смаком та ароматом. Додавання рисової закваски у кількості 40% позитивно впливає на підіймальну силу тіста і сповільнює черствіння хліба під час зберігання. При цьому проблемою залишається забезпечення прийнятних смакових та ароматичних характеристик безглютенових виробів, що властиві традиційному хлібу. Безглютеновому хлібу на рисовому борошні притаманний прісний смак і невиражений аромат, неприродній для хліба колір скоринки, незадовільні характеристики м'якуша й скоринки, підвищена крихкість, недостатня еластичність. За результатами серії попередніх досліджень встановлено ефективність поєднання рисового і соргового борошна в технології безглютенового хліба на заквасці, що пояснюється технологічною доцільністю нівелювання вираженого гіркого посмаку борошна сорго. Цей факт визначив завдання поглиблення технологічного експерименту щодо використання соргового борошна та закваски рисової зі стартовою культурою для отримання безглютенового хліба з покращеними споживними властивостями.

Зерно сорго вирощується на всіх континентах світу і посідає 5-те місце серед зернових культур. Щороку в усьому світі його вирощується 60 млн т. Африка є найбільшим його виробником у світі – 50% (*FAO*, 2024). Статистика вирощування зерна сорго в Україні аргументує доцільність його використання у виробництві безглютенового хліба. До війни південні регіони України вирощували до 50 тис. т сорго щорічно, однак через окупацію та близькість до зони бойових дій посіви цієї культури скоротилися (*SuperAgronom.com*, 2019, 5 листопада). Попри наявні через військові дії труднощі у вирощуванні сорго в Україні, очікується, що його вирощування зростатиме завдяки високій поживній цінності та посухостійкості, прибутковості і стабільності. Зерно сорго є доступним за ціною в Україні та має значний харчовий потенціал, а прогнози кліматичних змін визначають перспективи стійкого розвитку цієї культури. Однак через недостатність технологій використання борошна із зерна сорго в харчових технологіях, зокрема у виробництві хліба, ринки збуту цієї культури в Україні не є значними.

Зерно сорго за поживною цінністю значно переважає рис, гречку, кукурудзу. Основною компонентою суцільнозернового соргового борошна є вуглеводи. Проте крохмалю в ньому менше порівняно з рисовим борошном в середньому на 23.8%, а харчових волокон більше ніж у 2.5 раза, моно- та дицукрів більше порівняно з рисовим борошном у 2.7 раза (*табл. 1*). Соргове борошно має більшу зольність, особливо через вміст кальцію, магнію, фосфору та феруму, а також містить значну кількість селену, пантотенової кислоти, токоферолів і фолацину (Дробот та ін., 2019).

Таблиця 1

Хімічний склад борошна із суцільного зерна сорго та рису, на 100 г

Компоненти	Вміст у борошні із суцільного зерна	
	сорго	рису
Білки, г	10.8	7.4
Жири , г	4.1	1.4
Вуглеводи, г	76.2	80.2
у т. ч. крохмаль	63.9	79.1
цукри	2.2	0.8
Харчові волокна, г	6.5	2.3
Вітаміни, мг		
B1	0.39	0.06
PP	4.40	1.40
Фолацин	0.40	0.22
Токоферол	0.80	2.84
Мінеральні елементи, мг		
Кальцій, мг	99.0	10.0
Магній, мг	127.0	50.0
Фосфор, мг	298.0	98.0
Калій, мг	346.0	76.0
Цинк, мг	3.2	0.17
Ферум, мкг	4.41	1.02
Селен, мкг	12.2	

Джерело: (Дробот та ін., 2019; ТОВ "Каскад", б. д.).

За результатами наукового й патентного пошуку нами не знайдено досліджень, присвячених технології безглютенового хліба на закваскаx, де борошно сорго застосовується як основна борошняна сировина. Науковцями НУХТ з метою розширення асортименту безглютенових виробів вивчено доцільність використання 30% борошна зернового сорго українського виробництва у суміші з кукурудзяним і картопляним крохмалем. Як коректор структури тіста і хліба застосовано суміш природних полісахаридів і похідної ефіру целюлози – гідроксипропілметилцелюлози (*Shevchenko et al.*, 2021). Недоліком цієї технології є високий вміст у рецептурі крохмалів як інгредієнтів з високим глікемічним індексом – понад 50% вмісту сухих компонентів, зокрема картопляного й кукурудзяного, невисокий вміст клітковини, макро- та мікроелементів, що пояснюється внесенням до рецептури лише 29–32% борошна сорго. Унаслідок високої поживної цінності борошна сорго, певний науковий і практичний інтерес становить наукове обґрунтування та розробка технології безглютенового хліба з використанням закваски з борошна рису зі стартовою культурою *LV*–1 як конкурентоздатної продукції із заданими органолептичними та функціонально-технологічними властивостями, покращеної поживної цінності.

Водночас встановлено, що системні дослідження, що мали б на меті вивчення процесів структуроутворення в закваскаx і тісті на основі соргового і рисового борошна та розроблення технологій безглютенового хліба на їх основі, відсутні. На підставі серії попередніх теоретичних та експериментальних досліджень висунуто *гіпотезу*, що використання закваски на основі рисового борошна зі стартовою культурою *LV*–1 для виробництва безглютенового хліба на основі борошна сорго за умов спрямованого регулювання функціонально-технологічних властивостей допоможе отримати новий продукт з покращеними органолептичними характеристиками (з пористо-губчастим каркасом, золотавою скоринкою, вираженим злаковим присмаком з кислинкою й ароматикою традиційного хліба) та високою харчовою цінністю. Отже, розроблення адаптованої до місцевих умов технології та впровадження на вітчизняний ринок безглютенового хліба у контексті державної політики щодо покращання продовольчої безпеки України, ресурсоощадження, нарощування високоякісної продукції вітчизняного виробництва на основі зернових культур місцевого виробництва (сорго) є актуальним і своєчасним завданням. Вирішення цього завдання формує перспективи розширення асортименту доступного безглютенового хліба з покращеними показниками якості для осіб з ферментопатіями, харчовими алергіями, хронічними захворюваннями, що пов’язані з непереносністю глютену, більш повно використовувати харчовий потенціал локальної зернової сировини.

Метою статті є визначення впливу закваски рисової зі стартовою культурою *LV*–1 на реологічні і технологічні показники якості безглютенового тіста на основі суцільнозернового борошна сорго, параметри технологічного процесу та якість готового хліба. Об’єктом дослідження

є технологія безглютенового хліба на основі борошна сорго з використанням рисової закваски зі стартовою культурою *LV*–1.

Предмети дослідження – суцільнозернове борошно сорго сорту Понкі врожаю 2022 р., вирощеного в Миколаївській області, і борошно рисове виробника ТОВ "Каскад", ТМ "*Ms. Tally*", м. Полтава; стартова заквашувальна культура *LV*–1 *Livendo*™; цукор білий (ДСТУ 4623-2006), модельні системи закваски на основі рисового борошна з вмістом цукру 10% маси борошна; модельні системи тіста й готовий хліб на основі борошна сорго з рисовою заквакою зі стартовою культурою *LV*–1 *Livendo*™ французької компанії "*Lesaffre*" (*табл. 2*).

Таблиця 2

Модельні харчові композиції безглютенового тіста із суцільного зерна сорго з рисовою заквакою, % маси борошняної суміші

Найменування сировини	Контроль (без закваски)	Дослідні зразки – з додаванням рисової закваски			
		10%	20%	30%	40%
Рисове борошно	–	4.88	9.66	14.50	19.00
Стартова культура *LV*–1		0.02	0.04	0.06	0.08
Цукор-пісок		0.50	1.00	1.40	1.90
Вода питна		4.60	9.30	14.04	19.02
Усього маса н/ф закваски		10.00	20.00	30.00	40.00
Соргове борошно	44.00	41.50	37.36	32.74	28.22
Цукор-пісок	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Вода питна	51.60	44.10	38.70	33.20	27.80
Дріжджі пресовані	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Сіль харчова	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Олія рослина соняшникова	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
Усього маса тіста	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Джерело: складено авторами.

Для приготування закваски стартову культуру *LV*–1 в кількості 0.4% маси борошна в заквасці змішували з частиною води температурою 35–38ºС та перемішували протягом 1–2 хв до утворення однорідної суспензії. У діжу планетарного міксера вносили борошно рисове, 10% цукру до маси борошна та суспензію стартової культури у воді, решту води температурою 35–38ºС; замішували на першій швидкості протягом 35 хв. Тривалість бродіння рисової закваски 1-го ступеня – 24 год. за температури 24–25ºС. Після закінчення процесу бродіння закваску з вологістю 56% та кислотністю 10ºН використовували для замішування тіста (Ланська & Федорова, 2023).

Для дослідження раціональної кількості закваски рисової у безглютеновому хлібі вивчали реологічні і технологічні показники безглютенового тіста й готового хліба на основі суцільнозернового борошна сорго. Для визначення реологічних властивостей готували модельні композиції безглютенового тіста вологістю 55–56% на основі борошна сорго з використанням рисової закваски в кількості 10, 20, 30 та 40%

маси борошняної суміші Тісто готували за традиційною технологією хліба пшеничного безопарним прискореним способом. У тістомісильній машині змішували закваску рисову, борошно сорго й воду температурою 20ºС, все перемішували протягом 2–3 хв і використовували для реологічних вимірювань.

Для визначення впливу борошна сорго, закваски рисової на якість безглютенового хліба здійснювали пробні випікання. Замішане тісто поміщали у форми та вистоювали без бродіння. Остаточне вистоювання відбувалося у термошафі з температурою 35±2ºС за вологості 75% протягом 50 хв, випікали тістові заготовки в конвекційній печі 25 хв за температури 200ºС у виробничій лабораторії ТОВ "Чанта Маунт" (с. Нові Петрівці, Київська область). За контроль обрано хліб на основі соргового суцільнозернового борошна, виготовлений за традиційною технологією хліба пшеничного безопарним способом (Дробот, 1998).

У статті використано загальноприйняті стандартні методи досліджень, що забезпечили виконання поставленого завдання. Титровану кислотність заквасок і зразків тіста, масову частку вологи, газоутворення за час бродіння та газоутримання, питомий об’єм і пористість хліба, крихкуватість і волопоглинальну здатність м’якушки хліба визначали за загальноприйнятими методиками (Лебеденко та ін., 2014). Дослідження виконано на базі виробничої лабораторії хлібопекарського підприємства ТОВ "Чанта" Інституту продовольчих ресурсів НАНУ (м. Київ). Вимірювання в’язкості безглютенового тіста проводили відразу після замісу за температури 20±2ºС на ротаційному віскозиметрі *Rheotest* -2 за швидкості зсуву від 0.167 до 4.5$с^{-1}$. Питомий об’єм хліба ($см^3$/г) визначали шляхом ділення показника об’єму хліба на його масу і виражали з точністю до 0.01 $см^3$/г. Об’єм хліба у $см^3$ вимірювали завдяки пристрою РЗ-БІО, що працює за принципом вимірювання об’єму сипучого наповнювача, витиснутого хлібом. Вологість м’якушки хліба (%) визначали експрес-методом на приладі ВЧ за 160°С протягом 5 хв за ДСТУ 7045:2009. Визначення кислотності м’якушки хліба проводилось арбітражним методом (титруванням гідроксидом натрію) за ДСТУ 7045:2009 (2009).

На основі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано робочу гіпотезу наукової праці – використання закваски на основі рисового борошна зі стартовою культурою *LV*–1 для виробництва безглютенового хліба на основі борошна сорго за умов спрямованого регулювання функціонально-технологічних властивостей дасть можливість отримати новий продукт з покращеними органолептичними характеристиками (з пористо-губчастим каркасом, золотавою скоринкою, вираженим злаковим присмаком, кислинкою й ароматикою традиційного хліба).

Дослідженнями (Дробот & Грищенко, 2013; *Demirkesen et al.*, 2018) встановлено, що реологічні характеристики й показники технологічного процесу виробництва безглютенових хлібобулочних виробів

від рецептурних компонентів і можуть виступати об'єктивними показниками для контролю за дотриманням рецептури під час їх виробництва.

За результатами попередніх досліджень встановлено, що структурно-механічні характеристики безглютенового хліба залежать від рецептурних компонентів і можуть виступати об'єктивними показниками для контролю дотримання рецептури під час їх виробництва. Тому особливу увагу приділено впливу рецептурних компонентів на реологічні властивості і параметри технологічного процесу модельних тістових систем на основі борошна сорго з використанням різних концентрацій закваски рисової, що дасть змогу обґрунтувати раціональну кількість рисової закваски в безглютеновому тісті. Результати цих досліджень висвітлено у двох відповідних розділах основної частини статті.

1. Вплив закваски рисової зі стартовою культурою *LV*–1 на реологічні характеристики безглютенового тіста на основі борошна сорго

На першому етапі досліджено реологічні показники модельних харчових композицій безглютенового тіста на основі суцільнозернового соргового борошна з використанням 0–40% закваски рисової до маси тіста, при цьому співвідношення борошна рисового і соргового в тісті становила 10:90, 20:80, 30:70, 40:60 (*рис. 1*). Вологість модельних систем – 54±2%.

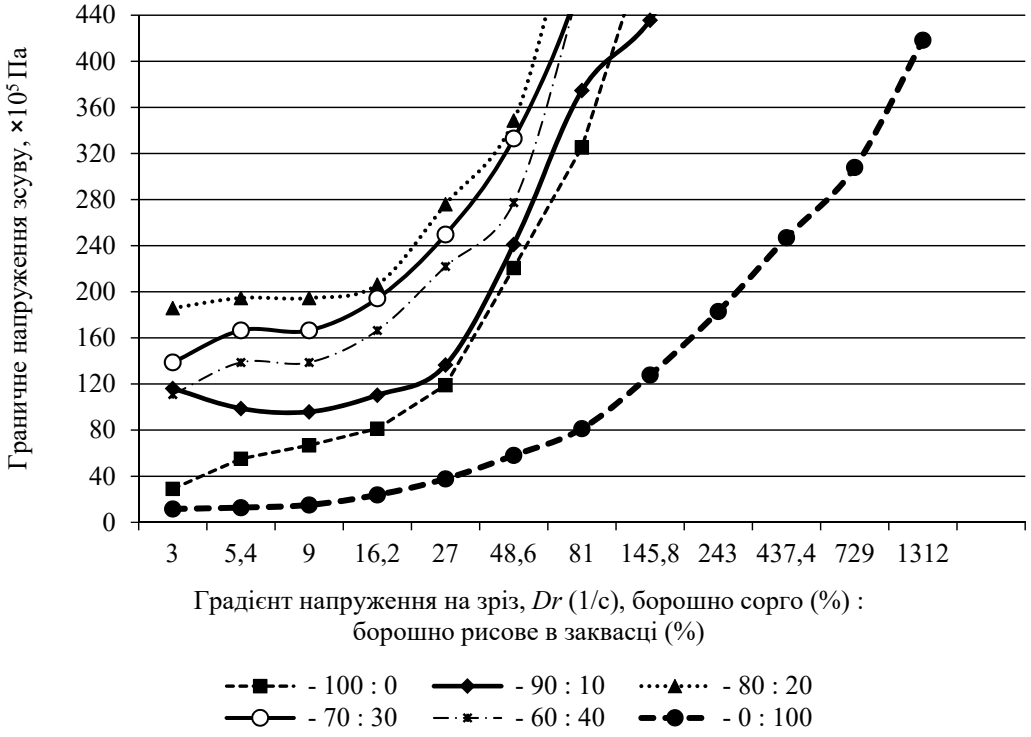

Рис. 1. Динаміка змін граничного напруження зсуву безглютенового тіста на основі борошна сорго з рисовою заквaскою

Джерело: складено на основі власних досліджень авторів.

Вимірювання в'язкості безглютенового тіста проводили відразу після замісу за температури 20±2ºС на ротаційному віскозиметрі *Rheotest* -2 за швидкості зсуву від 0.167 до 4.5 $с^{-1}$. Результати досліджень наведено в *табл. 3*.

Таблиця 3

Реологічні показники безглютенового соргового тіста на рисовій заквасці за швидкості зсуву γ=27 $с^{-1}$

Показник	Дослідні зразки тіста, співвідношення борошно сорго (%) : борошно рисове в заквасці (%)					
	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	0:100
Ефективна в'язкість, Па·с	441.1	505.7	1022.1	925.0	822.2	139.9
Граничне напруження зсуву, Па	119.1	136.5	276.0	249.8	222.0	37.8

Джерело: власні дослідження авторів.

Щодо даних *табл. 2* модельні композиції безглютенового тіста на сорговому борошні зі співвідношенням борошна сорго : борошно рисове 70:30 та 60:40, що відповідає 30 і 40% рисової закваски до маси борошняної суміші, мають найвищі значення реологічних показників, що ймовірно є наслідком збільшення вологозв'язуючої здатності тіста через підвищення вмісту таких структуроутворюючих компонентів борошна сорго та закваски рисової як пентозани, розчинні білки, крохмаль і продукти ферментолізу, екзополісахариди тощо. При цьому значення ефективної в'язкості тіста вже за додавання 10% рисової закваски (80:20) зростає на 14.6%, а за додавання 20% – у 2.3 раза, досягаючи максимальних значень – 1022.1 Па·с (див. *табл. 3*). Міцність досліджуваних модельних систем соргового тіста з використанням рисової закваски зростає, зокрема з використанням 20% закваски – до 276 Па, та з 30% закваски – до 249.8 Па, що перевищує відповідні значення для тіста без закваски у 2.3 та 2.1 раза відповідно (див. *табл. 2*). Причиною зростання міцності тіста може бути утворення міцних зв'язків між водорозчинними полімерами соргового борошна та продуктами ферментативного гідролізу – синтезу (екзополісахариди) закваски рисової, а також участь пентозанів соргового борошна в структуроутворенні. Зниження реологічних показників тіста за додавання 40% закваски рисової може пояснюватися зниженням вологозв'язуючих властивостей модельних систем соргового борошна.

2. Вплив закваски рисової зі стартовою культурою *LV*–1 на показники якості безглютенового тіста та хліба на основі суцільнозернового борошна сорго

Надалі досліджено показники якості соргового хліба з використанням рисової закваски 10–40% до маси борошняної суміші й порівняно з контрольним зразком. Контролем слугував хліб, приготований

на основі борошна із суцільного зерна сорго без закваски. Дозували рисову закваску в кількості 10, 20, 30, 40% рисового борошна до маси борошняної суміші в тісті. Тож із заквaскою в тісто вноситься 5–20% "збродженого" рисового борошна, при цьому співвідношення борошна соргового й рисового становить 90:10, 80:20, 70:30, 60:40.

За вибору діапазону дозувань орієнтувалися на те, що кислотність готового хліба буде відповідати нормативним вимогам до традиційного пшеничного хліба першого сорту. Кислотність хліба з борошна пшеничного першого сорту за ДСТУ 7517:2014 "Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови" не повинна перевищувати 4.0 град (ДСТУ 7517:2014, 2014).

Для визначення впливу рисової закваски на показники технологічного процесу та якість безглютенового хліба проводили пробні лабораторні випікання. На основі соргового борошна готували тісто двофазним способом з додаванням рисової закваски стиглої кислотністю 10 град (до складу якої включали цукор білий 10% до маси борошна в заквасці) у кількості 10, 20, 30 та 40% збродженого рисового борошна до загальної маси борошняної суміші в тісті. Тривалість бродіння тіста – 10 хв, після чого тісто поділяли на заготовки, проводили остаточне вистоювання в шафі за температури 35ºС та вологості 75% протягом 40–50 хв та випікали формовий хліб за температури 190ºС протягом 25 хв.

Результати досліджень показників якості безглютенового соргового тіста та хліба на рисовій заквасці, а також параметри технологічного процесу наведено в *табл. 4*, зовнішній вигляд готового хліба – на *рис. 2*.

Таблиця 4

Параметри технологічного процесу та показники якості тіста та безглютенового соргового хліба з додаванням рисової закваски

Показник*	Контроль (сорговий хліб без закваски)	Дослідні зразки – з додаванням рисової закваски, % до маси борошняної суміші			
		10	20	30	40
Тісто					
Масова частка вологи, %	57.0	54.6	54.8	55.0	55.2
Кислотність тіста, град: *початкова*	3.0	4.8	5.2	5.6	6.2
кінцева	4.0	6.8	7.1	7.7	8.0
Тривалість вистоювання, хв	50	46	45	43	40
Кількість накопиченого CO_2, см^3 CO_2/100 г тіста					
30 хв	16	135	142	150	158
60 хв	316	320	328	338	360
Об'єм тіста в циліндрі (газоутримувальна здатність), см^3					
початковий	50	50	50	50	50
30 хв	85	100	100	120	95
60 хв	120	140	145	180	155

* *n=3; p>0.95%; d=3–5%.*

Закінчення табл. 4

Показник*	Контроль (сорговий хліб без закваски)	Дослідні зразки – з додаванням рисової закваски, % до маси борошняної суміші			
		10	20	30	40
Хліб					
Питомий об'єм, $см^3$/100 г	1.3	1.5	1.7	1.9	1.8
Пористість, %	47	52	55	62	60
Масова частка вологи, %	52.4	51.0	51.6	52.3	52.8
Кислотність, град	2.6	3.0	3.2	3.5	4.0
Крихкуватість м'якушки через 24 год	7.8	6.6	5.7	5.4	5.3
Вологопоглинальна здатність м'якушки через 24 год	204	228	242	254	257
Стан м'якушки, структура пористості, розжованість	Крихка, нееластична м'якушка, пористість крупна, товстостінна, менш розвинена, нерівномірна, розжовується добре	Малоеластична м'якушка, нерівномірна пористість крупна, товстостінна, менш розвинена, розжовується добре	Менш еластична м'якушка, пористість крупна, товстостінна, менш розвинена, нерівномірна, розжовується добре	Еластична м'якушка, пористість середня, тонкостінна, розвинена, рівномірна, розжовується добре	Еластична, м'якушка, пористість середня, товстостінна, менш розвинена, рівномірна, розжовується добре
Смак і запах	Виражений, з неприємним гірким посмаком	Виражений, кислуватий, з неприємним гірким посмаком	Виражений, кислуватий, з дещо гіркуватим присмаком	Яскраво виражений кислотно-спиртовий присмак та хлібний аромат	
Правильність форми, зовнішній вигляд скоринки	Пласка поверхня верхньої скоринки, коричневого кольору, поверхня з значними тріщинами	Плоска поверхня верхньої скоринки, від світло-коричневого до коричневого кольору, поверхня із незначними тріщинами		Помітно опукла верхня скоринка, від світло-коричневого до коричневого кольору, гладенька, глянцева поверхня	

Джерело: власні дослідження авторів.

Встановлено, що додавання 10–40% рисової закваски інтенсифікує накопичення кислот у тісті, зумовлюючи підвищення початкової кислотності на 3.2–4.0 град, а кінцевої на 1.8–2.0 град порівняно з контролем (див. *табл. 4*). Найбільше кислотність зросла за період бродіння у зразках тіста з 30% закваски до маси борошняної суміші, зокрема на 2.1 град. Найвищу накопичену кислотність мав зразок тіста із 40% закваски – 4 град. Найнижчу накопичену кислотність мав контроль, в ньому кислотність зросла за період вистоювання на 1.0 град. (див. *табл. 4*).

Експериментально встановлено, що додавання рисової закваски у кількості 30–40% позитивно впливає на підіймальну силу й зменшує на 4–10 хв тривалість вистоювання тістових напівфабрикатів (див. *табл. 4*). Отже, збільшення вмісту закваски впливає на підвищення кислотності середовища, в якому сорго-рисове тісто швидше набуває потрібних реологічних характеристик.

Досліджували вплив заквасок на перебіг технологічного процесу, а саме: кислотонакопичення, виділення CO_2 та газоутримувальну здатність тіста з додаванням 10, 20, 30, 40% рисової закваски. За контроль взято

тісто без закваски. Встановлено, що додавання рисової закваски інтенсифікує накопичення кислот у тісті, зумовлюючи підвищення кислотності на 0.4–1.4 град, залежно від дозування. Тривалість вистоювання скорочується на 6–14%, порівняно з контролем, через внесення частини "збродженого" борошна. Експериментально розглянуто: кількість виділеного CO_2 зростає зі збільшенням дозування рисової закваски, найвище значення накопиченого CO_2 – 360 см^3/100 г тіста з додаванням 40% закваски та 338 см^3/100 г тіста з додаванням 30% закваски (див. *табл. 4*). Контрольний зразок накопичив 316 см^3 CO_2/100 г тіста. Покращання газоутворення у зразках тіста з додаванням закваски з рисового борошна може бути наслідком наявності збільшення вмісту гетероферментативних МКБ, які здатні виділяти газ. Зазначено також підвищення газоутримувальної здатності модельних зразків тіста з використанням закваски. Так, найвище значення газоутримувальної здатності спостерігалося у зразках тіста з використанням 30% закваски рисової – 180 см^3 CO_2/100 г тіста, що перевищувало відповідне значення контрольного зразка (120 см^3 CO_2/100 г тіста) на 50% (див. *табл. 4*). Отримані дані узгоджуються із результатами щодо відповідного зростання міцності зразків тіста із заквaскою, що ймовірно, є наслідком збільшення вологозв'язуючої здатності тіста через підвищення вмісту таких структуроутворюючих компонентів борошна сорго та закваски рисової як пентозани, розчинні білки, крохмаль і продукти ферментолізу, екзополісахариди тощо. При збільшенні рисової закваски до 40%, газоутримувальна здатність тіста знижується до 155 CO_2/100 г тіста, що узгоджується з результатами реологічних досліджень і є наслідком зниження в'язкості тіста.

Активація мікробіологічних та біохімічних процесів у тісті із заквaскою позитивно впливає на стан поверхні, об'єм виробів та пористість. Питомий об'єм соргового хліба з використанням закваски перевищує відповідне значення для контрольного зразка, причому зі збільшенням вмісту закваски питомий об'єм хліба зростає пропорційно й досягає найбільших значень (1.8–1.9%) за вмісту 40–30% закваски відповідно (див. *табл. 4*). У зразку з 30% рисової закваски питомий об'єм та пористість зросли на 46.2 та 31.9% відповідно, а з 40% закваски – на 38.5 і 27.7% відповідно. Кислотність рисової закваски зумовила зростання кислотності готових виробів порівняно із сорговим хлібом (контроль) на 0.4–1.4 град, залежно від дозування. Дані досліджень питомого об'єму тіста зразків із заквaсками свідчать про покращання питомого об'єму тіста порівняно з контролем, що узгоджується з даними газоутримувальної здатності й реологічними показниками. Ймовірно, зростання цього показника пов'язано як з інтенсифікацією бродіння в тісті, так і з кращим набуханням гідроколоїдів борошна тіста й рисової закваски, внесених у тісто.

Як показали результати пробних лабораторних випікань, збільшення кількості понад 30% рисового борошна призводить до зниження питомого об'єму готового хліба на 5.3%, утворення щільнішого м'якуша з менш розвиненою товстостінною пористістю через високу вологоутримувальну

здатність рисового борошна. Збільшення кількості соргового борошна у рецептурі суміші понад 70% (вміст закваски менше ніж 30%) зумовлює одержання готових виробів з незадовільною крихкою консистенцією та наявністю незадовільного гіркого присмаку (див. *табл. 4*).

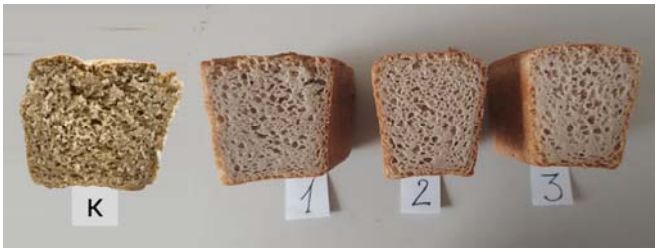

Рис. 2. Хліб сорговий з рисовою заквaскою:
К – контроль (хліб сорговий без закваски);
1 – 20% закваски; 2 – 30% закваски; 3 – 40% закваски

Джерело: власні дослідження авторів.

Мікрофлора закваски позитивно впливає на органолептичні показники, які у виробах із заквасками суттєво відрізняються від контрольного зразка яскравіше вираженим смаком та ароматом, більш рівною поверхнею без тріщин, а також більш розвиненою, рівномірною пористістю (див. *рис. 2*). Хліб без додавання закваски мав прісний смак з вираженим неприємним гірким посмаком, пласку поверхню верхньої скоринки, із значними тріщинами та надто крихку консистенцію. Гіркуватий присмак хліба, притаманний сорговому борошну, вдалось нівелювати лише за додавання 30% та більше закваски рисової.

Висновки

Теоретично обґрунтована доцільність використання суцільнозернового борошна сорго для виробництва доступного для вітчизняних споживачів безглютенового хліба на заквасці з покращеними органолептичними характеристиками та високою поживною цінністю у контексті державної політики щодо покращання продовольчої безпеки України, ресурсозбереження, на основі зернових культур місцевого виробництва, зокрема зерна сорго. Експериментально підтверджено, що використання 30–40% закваски рисової до маси борошняної суміші, приготованої з використанням стартової культури *LV*–1, значно покращує реологічні й фізико-хімічні показники безглютенового тіста на основі суцільнозернового борошна сорго. Встановлено, що додавання рисової закваски інтенсифікує кислотонакопичення, підвищує газоутримувальну здатність, питомий об’єм і пористість соргового тіста та забезпечує формування необхідних реологічних і органолептичних характеристик, що дає змогу отримати доступний вітчизняний безглютеновий хліб *CL* з покращеними органолептичними характеристиками.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення оптимальної рецептури і параметрів технологічного процесу виробництва соргового хліба на рисовій заквасці, а також вивчення змін показників якості і безпечності безглютенового хліба під час зберігання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCE

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). P.15. https://doi.org/10.1186/1475-2859-10-S1-S15

Bender, D., & Schönlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science,* (91). 102904. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904

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

FAO. (2024, June). Food Outlook – Biannual report on global food markets. *Food Outlook,* Rome. https://doi.org/10.4060/cd1158en

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

Kulshrestha, R., Deora, N., Deswal, A., & Dwivedi, M. (2022). Overview of the Gluten-Free Market. In: Singh Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. *Food Engineering Series. Springer, Cham,* 79–93. https://doi.org/10.1007/ 978-3-030-88697-4_9

Lesaffre. (n. d.). Стартова культура *LV*–1 Livendo™. https://lesaffre.ua/products/startova-kultura-lv1-livendo

Lesaffre. (n. d.). Starter culture *LV*–1 Livendo™. https://lesaffre.ua/products/startova-kultura-lv1-livendo

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

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

Passali, M., Josefsen, K., Frederiksen, J. L., & Antvorskov, J. C. (2020). Current Evidence on the Efficacy of Gluten-Free Diets in Multiple Sclerosis, Psoriasis. *Type 1 Diabetes and Autoimmune Thyroid Diseases. Nutrients*, *12*, 2316. https://doi.org/10.3390 /nu12082316

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

Rühmkorf, C., Jungkunz, 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

Shevchenko, A., Drobot, V., & Sorochynska, Y. (2021). Gluten-free bakery products of high nutritional value. *Modern engineering and innovative technologies*, (15). P. 112 – 118.

SuperAgronom.com. (2019, 5 листопада). Кукурудза та сорго в Україні: урожайність, насінництво та перспективи. SuperAgronom.com. https://superagronom.com/articles/308-kukurudza-ta-sorgo-v-ukrayini-urojaynist-nasinnitstvo-ta-perspektivi

SuperAgronom.com. (2019, November 5). Maize and sorghum in Ukraine: productivity, seed production and prospects. SuperAgronom.com. https://superagronom.com/articles/308-kukurudza-ta-sorgo-v-ukrayini-urojaynist-nasinnitstvo-ta-perspektivi

Tack, G. J., Verbeek, W. H. M., Schreurs, M. W. J., & Mulder, C. J. (2010). The spectrum of celiac disease: epidemiology, clinical aspects and treatment. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology,* (7), P. 204-213. https://doi.org/10.1097/01.mpg.0000228 102.89454.eb

Toth, M., Vatai, G., & Koris, A. (2020). Consumers' Acceptance, Satisfaction in Consuming Gluten-free Bread: *A Market Survey Approach. Int. J. Celiac Dis*, (8), 44–49.

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

US Gluten-free Food Market Research Report, Size, Growth, Trends, Opportunity Analysis, Industry Forecast. (2023–2027). https://www.technavio.com/ report/us-gluten-free-food-market-industry-analysis

Yaqin, Wang, Diarra, Compaoré-Sérémé, Hagrétou, Sawadogo-Lingani, Rossana, Coda, Kati, Katina, & Ndegwa, Henry Maina (2019). Influence of dextran synthesized in situ on the rheological, technological and nutritional properties of whole grain pearl millet bread. *Food Chemistry,* (285), 221-230. https://doi.org/ 10.1016/j.foodchem.2019.01.126

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

Дробот, В. І. (1998). Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Київ: Руслана, 416 с.	Drobot, V. I. (1998). Handbook on the technology of bakery production. Kyiv: Ruslana, 416 p.
Дробот, В. І., & Грищенко, А. М. (2013). Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба. *Обладнання та технології харчових виробництв*, (30), 52–58.	Drobot, V. I., & Gryshchenko, A. M. (2013). Technological aspects of the use of cereal flour in the technology of gluten-free bread. *Equipment and technologies of food production*, (30), 52–58.
Дробот, В. І., Приходько, Ю. С., & Бережна, Г. О. (2019). Борошно сорго в технології безглютенового хліба. *Наукові праці НУХТ*, *25*(1), 208–214.	Drobot, V. I., Prykhodko, Yu. S., & Berezhna, G. O. (2019). Sorghum flour in the technology of gluten-free bread. *Scientific papers of NUFT, 25*(1), 208–214.
ДСТУ 7045:2009. (2009). Вироби хлібобулочні. *Методи визначення фізико-хімічних показників*. Київ: Держспоживстандарт України, 12 с.	DSTU 7045:2009. (2009). Bakery products. *Methods of determining physical and chemical parameters*. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine, 12 p.
ДСТУ 7517:2014. (2014). Хліб з пшеничного борошна. *Загальні технічні умови*. Держспоживстандарт України. Київ, 11 с.	DSTU 7517: 2014. (2014). Wheat flour bread. *General technical conditions.* State Consumer Standard of Ukraine. Kyiv, 11 p.
Ланська, В. Д., & Федорова, Д. В. (2023). Обґрунтування доцільності використання стартової закваски ЛВ-1 в технології безглютенового рисового хліба. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 2(47), 27–39. https://oblad.donnuet.edu.ua/index.php/ tehnolog/article/view/219/209	Lanska, V. D, & Fedorova, D. V. (2023). Substantiation of the rationale for the use of starter LV-1 in the technology of gluten-free rice bread. *Equipment and technologies of food production*, *2*(47), 27–39. https://oblad.donnuet.edu.ua/index.php/tehnolog/article/view/219/209
Лебеденко, Т. Є., Пшенишнюк, Г. Ф., & Соколова, Н. Ю. (2014). Технологія хлібопекарського виробництва: практикум. Одеса. *Освіта України*. 392.	Lebedenko, T. E., Pshenyshniuk, G. F., & Sokolova, N. Yu. (2014). Technology of bakery production: workshop. Odesa: *Education of Ukraine*. 392.
Михонік, Л. А., & Гетьман, І. А. (2019). Технологія безглютенового хліба звикористанням заквасок спонтанного бродіння. *Товари і ринки*, *1*(29), 95–103. https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019(29)09	Mykhonik, L. A., & Hetman, I. A. (2019). Technology of gluten-free bread using sourdough of spontaneous fermentation. *Commodities and markets*, *1*(29), 95–103. https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019(29)09
Михонік, Л. А., & Грищенко, А. М. (2019). Технологія безглютенового хліба з використанням заквасок спонтанного бродіння. *Міжнародний науково-практичний журнал Товари і ринки*, *1*(29), 95–103.	Mykhonik, L. A., & Gryshchenko, A. M. (2019). Technology of gluten-free bread using sourdough of spontaneous fermentation. *International Scientific and Practical Journal Commodities and Markets*, *1*(29), 95–103.
ТОВ "Каскад". (б. д.). *Борошно безглютенове.* https://kaskad.dn.ua	Kaskad. LLC (n. d.). *Gluten-free flour*. https://kaskad.dn.ua
Федорова, Д., & Ланська, В. (2023). Закваски на рисовому борошні для безглютенового хліба. *Міжнародний науково-практичний журнал Товари і ринки, 2*(46), 108–116. https://doi.org/10.31617/ 2.2023(46)10	Fedorova D., Lanska V. (2023). Sourdough on rice flour for gluten-free bread. *International Scientific and Practical Journal Commodities and Markets, 2*(46), 108–116. https://doi.org/10.31617/2.2023(46)10

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що вони не мають фінансових чи нефінансових конфліктів інтересів щодо цієї публікації; не мають відносин із державними органами, комерційними або некомерційними організаціями, які могли б бути зацікавлені у поданні цієї точки зору. З огляду на те, що автори працюють в установі, яка є видавцем журналу, що може зумовити потенційний конфлікт або підозру в упередженості, остаточне рішення про публікацію цієї статті (включно з вибором рецензентів та редакторів) приймалося тими членами редколегії, які не пов'язані з цією установою.

Автори не отримували прямого фінансування для цього дослідження.

Внесок авторів є рівнозначним.

Федорова Д., Ланська В. Якість безглютенового хліба на заквасці зі стартовою культурою LV–1. *Міжнародний науково-практичний журнал "Товари і ринки"*. 2024. № 3 (51). С. 116–132. https://doi.org/10.31617/2.2024(51)08

Надійшла до редакції 05.08.2024.
Отримано після доопрацювання 12.08.2024.
Прийнято до друку 18.08.2024.
Публікація онлайн 16.09.2024.