

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

DOI: 10.31617/2.2023(46)10
УДК 664.6:[663.126:664.641.18

Діна ФЕДОРОВА

д. т. н., професор,
професор кафедри технології
і організації ресторанного господарства
Державного торговельно-економічного
університету
вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна
d.fedorova@knute.edu.ua

Dina FEDOROVA

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department of Technology
and Organization of Restaurant Business,
State University of Trade and Economics

19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine
ORCID: 00009-0002-9443-2941

Віта ЛАНСЬКА

аспірант кафедри технології
і організації ресторанного господарства
Державного торговельно-економічного
університету
вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна
vita.kozar70@gmail.com

Vita LANSKA

Post-graduate student at the Department
of Technology and Organization
of Restaurant Business
State University of Trade and Economics
19, Kyoto St., Kyiv, 02156, Ukraine
ORCID: 0009-0002-9119-7461

ЗАКВАСКИ НА РИСОВОМУ БОРОШНІ ДЛЯ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА

Вступ. Висхідний попит на продукцію спеціального призначення, зокрема для споживання людьми з глютензалежними захворюваннями, зумовлює потребу в якісному безглютеновому хлібі вітчизняного виробництва (*GF – gluten free*).

Проблема. Перспективним напрямом наукових досліджень щодо розвитку і впровадження на вітчизняний ринок технологій якісних безглютенових хлібобулочних виробів є використання заквасок, а також нетрадиційної рослинної сировини з високим вмістом біологічно активних компонентів. *Метою* статті є обґрунтування переваг і дослідження технологічних аспектів виробництва та якості заквасок на основі рисового борошна для безглютенового хліба.

Методи. Предмети дослідження – борошно рисове ТОВ "Каскад", закваски спонтанного бродіння на основі борошна рисового і з використанням стартової культури "ЛВ1" ТМ *LIVENDO*, пюре плодів калини звичайної,

STARTERS ON RICE FLOUR FOR GLUTEN-FREE BREAD

Introduction. The increasing demand for food products for special dietary needs, particularly for persons with gluten-related disorders, identifies the need for high-quality domestically produced gluten-free bread (*GF – gluten-free*).

Problem. The use of sourdough starter cultures is a promising direction of scientific research for the development and introduction of high-quality gluten-free bakery products into the domestic market, as well as unconventional plant-based raw materials with high content of biologically active components. *The aim* of the study is to substantiate the advantages and research the technological aspects of production and quality of rice flour-based sourdough starter cultures for gluten-free bread.

Methods. The subjects of the research are rice flour from Ukrainian company "Kaskad" LLC, naturally leavened starters based on rice flour and using the starter culture "LV1" ТМ



Copyright © Автор(и). Це стаття відкритого доступу, яка розповсюджується на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

модельні композиції заквасок, хліб безглютеновий з використанням заквасок. За контроль обрано хліб безглютеновий на основі рисового борошна. Активність молочнокислих бактерій у заквасці, титровану кислотність, масову частку вологи, питомий об'єм готових виробів визначено за загальноприйнятими методами.

Результати дослідження. Систематизовано основні дефекти хліба *GF* та переваги застосування заквасок для виробництва якісного безглютенового хліба, визначено доцільність використання поре плодів калини у складі субстрату заквасок.

Експериментально підтверджено, що закваски, приготовані з використанням стартової культури "ЛВ1", дозрівали у 5 разів швидше у порівнянні із заквасками спонтанної дії. Використання заквасок уможливило збільшити питомий об'єм у досліджуваних зразках хліба на 17.0–22.5 %, титровану кислотність – на 59.1–68.2 % та покращити смакові властивості безглютенового хліба проти контролю.

Висновки. Встановлено, що використання стартової культури "ЛВ1" та поре калини значно інтенсифікує накопичення кислотності у заквасках з рисового борошна, сприяє формуванню кращих показників якості випечених безглютенових виробів.

Ключові слова: рисове борошно, закваски, поре калини, показники якості, кислотність, технологічний процес, безглютеновий хліб.

LIVENDO, viburnum fruit puree, model compositions of starters, and gluten-free bread with the use of starters. *Gluten-free* bread based on rice flour was chosen as the control. The activity of lactic acid bacteria in the sourdough starter, titratable acidity, mass fraction of moisture, and specific volume of finished products were determined using conventional methods.

Results. The main defects of *GF* bread and the advantages of using starters for the production of high-quality *gluten-free* bread were systematized, as well as the appropriateness of using viburnum fruit puree in the starter substrate were identified. It was experimentally confirmed that starters prepared using the starter culture "LV1" matured five times faster compared to naturally leavened starters. The use of starters made it possible to increase the specific volume in the tested bread samples by 17.0–22.5 %, titratable acidity by 59.1–68.2 %, and improve the taste properties of *gluten-free* bread compared to the control.

Conclusions. It was experimentally confirmed that the use of the starter culture "LV1" and viburnum fruit puree significantly intensifies the accumulation of acidity in starters made from rice flour, contributing to the formation of better-quality indicators of the baked *gluten-free* products.

Keywords: rice flour, starters, viburnum fruit puree, quality indicators, acidity, technological process, *gluten-free* bread.

Вступ. Висхідний попит на продукцію спеціального призначення, зокрема для споживання людьми з хворобами генетичного й алергічного характеру, глютен-залежними захворюваннями, зумовлює потребу в якісному безглютеновому хлібі вітчизняного виробництва (*GF* – *gluten free*). Безглютеновий хліб залишається одним із найскладніших продуктів для розробки. При цьому популяризація трендів "здорового" харчування, зростання попиту населення на натуральні продукти без використання харчових добавок, відомі як "чисті етикетки" (*CL* – *Clean Label*), підвищує актуальність пошуку нових технологічних підходів у виробництві хліба *GF*.

Проблема. Безглютенова дієта є єдиним способом лікування для людей, які страждають на непереносність глютену. Споживання глютену призводить до низки розладів, як-от целиакія, герпетиформний дерматит (шкірний прояв целиакії), глютеносенситивна ентеропатія та нецелиакійна чутливість до глютену [1]. Проблема створення безглютенових хлібо-булочних виробів є актуальною і в Україні, однак потреба населення в них забезпечується переважно дорогою імпортною продукцією, тому майже весь асортимент безглютенового хліба в країні представлений закордонними (польськими, італійськими, німецькими) виробниками,

а ціни на такий хліб зависокі для більшості населення [2; 3]. Середня ціна хліба *GF* на ринку у 10–20 разів вища, ніж традиційного [4]. Крім того, результати досліджень показали, що 70.8 % опитаних споживачів незадоволені хлібом *GF* через його незвичну текстуру та смак [5]. Оскільки хліб має велике соціальне значення у харчуванні українців, дослідження, що спрямовані на удосконалення та розробку технологій безглютенових хлібобулочних виробів, які зможуть конкурувати із закордонними аналогами не лише за ціновою політикою, але й за високими показниками якості, є актуальними та своєчасними.

Виключення з рецептури поширених сортів традиційного хліба борошна зі вмістом специфічних білків (гліадину, глютеніну, секаліну, гордеїну) таких зернових культур, як пшениця, жито та ячмінь, є проблематичним, оскільки саме вони відповідають за структуроутворення м'якушки та об'єм виробів [2; 6–8]. При цьому проблемою залишається забезпечення прийнятних смакових і ароматичних характеристик безглютенових хлібних виробів, що властиві традиційному хлібу. Безглютеновим виробам часто притаманні прісний смак і невиражений аромат, незадовільні характеристики м'якуша і скоринки [2; 5]. Невирішеним є питання невисокої поживної цінності та швидкого черствіння безглютенових хлібобулочних виробів через високий вміст крохмалю [2; 6; 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість сучасних технологій хліба *GF* базуються на використанні як основної сировини крохмалю різного ботанічного походження, безглютенового борошна і гідроколоїдів як структуроутворювачів. Однак технології виробів *GF* без включення крохмалю на сьогодні обмежені. Рис має численні переваги для виробництва безглютенових продуктів, він не містить глютену, йому властиві м'які дієтичні та гіпоалергенні властивості, легка засвоюваність, що доведено *A. Culetu* зі співавторами [10]. Проте відсутність глютену ускладнює утворення структурної білково-крохмальної матриці в рисовому тісті, що призводить до зменшення об'єму, твердої текстури та незадовільного смаку готових виробів [7; 8; 11].

Значна частина наукових досліджень *D. Bender* і *R. Schönlechner* була зосереджена на використанні широкого спектра інгредієнтів та функціональних добавок, таких як псевдозернові, молочні продукти, білки, емульгатори, харчові волокна для заміни глютенної матриці [11]. Багато досліджень концентрувалися на поліпшенні якості хліба без глютену завдяки використанню гідроколоїдів [7; 8] або хімічного підкислення [11]. Застосування ферментів для поліпшення якості хліба *GF* також було предметом великої кількості наукових праць. Ферментами, які часто використовуються у виробництві хліба *GF*, є амілаза, циклодекстринглікозилтрансфераза або трансглютаміназа, що утворює комплекси з білками та ін. [11; 12]. Науковцями НУХТ І. М. Медвідь, О. Б. Шидловською, В. Ф. Доценком доведено доцільність спільного використання грибної α -амілази й глюкоамілази у рисовому тісті, активізації процесу спиртового бродіння в ньому, покращення властивостей

м'якушки готових виробів та подовження терміну їх зберігання [12]. Проте застосування харчових добавок (ферментних препаратів, сухого яєчного білка, лецитинів тощо) не тільки призводить до підвищення собівартості хліба, але й до появи у його складі певних алергенів (яєчних, молочних білків, ферментів) з потенційними ризиками [2; 10; 11]. Водночас висока специфічність дії ферментів значно ускладнює їх використання у технологічному процесі, оскільки передозування ферменту може призвести до значного погіршення якості хліба [11].

Наразі споживчий попит на "чисті етикетки" *CL* переорієнтував дослідження на пошук альтернативних технологій, які забезпечують високу якість хліба *GF* без добавок. При цьому проблемою залишається надання високих смакових та ароматичних характеристик безглютеновим хлібним виробам, що відповідають смаковим характеристикам традиційної хлібної продукції. Останнім часом з'являються нові технологічні підходи для покращення властивостей хліба, консистенції та стабільності безглютенового тіста. Серед них певний інтерес викликають технології ферментації на заквасці та нові технології підготовки і випікання тіста (високий гідростатичний тиск, гібридний та омичний нагрів), оскільки вони пропонують текстурні й органолептичні переваги [11; 13]. На сьогодні недостатньо висвітлені дослідження переваг використання заквасок для безглютенового хліба й ефективності їх використання у тісті з рисового борошна.

Застосування заквасок і технологій ферментації вважають "новаторськими" технологіями хлібопечення [11]. Скорочення використання харчових добавок дасть змогу знизити надмірну вартість та уникнути деяких алергенів (наприклад білків, ферментів) у хлібі *GF*. Нещодавні дослідження показали, що використанням закваски в технології хліба у раціональній пропорції (по відношенню до маси тіста) може бути вирішено більшість проблем, пов'язаних із виробництвом неякісного хліба *GF*. Перевагами таких технологій при цьому є достатньо висока рентабельність виробництва й екологічна чистота продуктів [11]. Позитивні ефекти використання закваски пов'язані з наявністю деяких побічних продуктів мікробіологічного синтезу, як-от леткі ароматичні й антимікробні сполуки, молочна кислота та екзополісахариди, які утворюються під час ферментації [11; 14–16]. Ці ефекти були ретельно вивчені та добре описані для традиційної випічки, водночас мало відомо про роль закваски у виробництві хліба *GF*. Відмічено, що мікробіологічні та якісні характеристики ферментованих *GF*-продуктів вказують на схожість мікробіоти ферментації пшениці/жита й уможливають зробити припущення, що позитивна метаболічна активність мікробіоти закваски зберігається під час ферментації культур *GF* [11; 14].

В Україні більшість наукових робіт присвячена використанню заквасок у традиційному хлібопеченні. Обмежено представлені наукові

дані щодо використання заквасок у технології безглютенowego хліба. Так, у Національному університеті харчових технологій (НУХТ) "обґрунтовано доцільність використання заквасок спонтанного бродіння з борошна круп'яних культур у технології безглютенowego хліба. Встановлено, що закваски здатні позитивно впливати на параметри технологічного процесу, показники якості напівфабрикатів та готових виробів порівняно з контрольним зразком без закваски" [17; 18].

З огляду на результати теоретичного аналізу систематизовано основні дефекти хліба *GF* та переваги застосування заквасок (табл. 1). При використанні закваска може поліпшити об'єм, текстуру, смак, поживну цінність хліба та збільшити термін зберігання завдяки уповільненню процесу черствіння й захисту хліба від плісняви та бактеріального псування [11; 14; 15].

Таблиця 1

Дефекти якості хліба *GF* та переваги використання заквасок [11; 14; 15]

Дефект хліба <i>GF</i>	Переваги використання заквасок
Суша та крихка структура	Покращення розпушення структури
Недостатній об'єм виробу	Збільшення об'єму хліба
	Покращене утримання вуглекислого газу
Неприємні відчуття при жуванні	Поліпшені смакові властивості
Незадовільний та прісний смак	Підкислення, вивільнення ароматичних сполук
Короткий термін зберігання	Зменшує черствіння хліба
	Протидія псуванню м'якушки хліба і протигрибкова активність
Невисока харчова цінність	Покращена мінеральна біодоступність
	Знижений глікемічний індекс
	Пребіотичні екзополісахариди
Висока вартість (дорогі інгредієнти)	Зниження потреби у дорогих інгредієнтах, наприклад гідроколоїдах, ферментах, хімічних консервантах

Зібрані на цей час наукові дані дають змогу припустити, що позитивні ефекти заквасок можуть бути використані також у виробництві хліба *GF*, і, таким чином, застосування заквасок є актуальним завданням виробництва такого хліба, але високої якості. Хліб *GF* на заквасці також може бути відповіддю на попит на "чисті етикетки" *CL*, натуральні продукти, скорочення використання добавок та зниження собівартості. Ці ефекти ретельно вивчено й добре описано для традиційної хлібної продукції, тоді як мало відомо про роль закваски у виробі *GF*. Отже, використання заквасок може стати новим рубежем для покращення якості та безпеки у виробництві хлібопродуктів *GF*.

Теоретичний аналіз інформаційних джерел уможливив виявити наукові факти ефективності застосування ягідної сировини у виробництві безглютеновой продукції. Китайськими науковцями підтверджено, що екстракти і пюре з китайського глоду та ягід годжі покращують

процеси бродіння у рисовому безглютенівому тісті, сприяють підвищенню активності ферментів [19]. Серед локальної рослинної сировини України представляють певний науковий інтерес плоди калини, які характеризуються передусім високим вмістом вітаміну С, поліфенольних сполук, органічних кислот і є джерелом хлорогенової кислоти та проантоціанідинів (табл. 2) [20].

Таблиця 2

Хімічний склад плодів калини звичайної (*Viburnum opulus* L.) [20]

Нутрієнт	Одиниця вимірювання	Середній вміст на 100 г
Вода		90.0
Білки		0.4
Жири		1.5
Вуглеводи, у т. ч.	%	7.1
моно- і дисахариди		6.5
Органічні кислоти		2.7
Харчові волокна		0.5
<i>Мінеральні елементи</i>		
Калій	мг	109.0
Селен	мкг	10.5
<i>Вітаміни</i>		
А, РЕ	мкг	15.0
В ₉ (фолієва кислота)		30.0
β-каротин	мг	0.9
В ₅ (пантотенова кислота)		0.31
Вітамін С (аскорбінова кислота)		83.5
РР, НЕ		0.9
Поліфеноли		630.0
<i>Енергетична цінність</i>		
Калорійність	ккал	27.0

Як основні біологічно активні речовини калини визначено також хлорогенову кислоту, якої міститься від 201 до 528 мг/100 г, і проантоціанідини, яких навіть є ще трохи більше [20]. Хлорогенова кислота та її похідні надають сильнішого антиоксидантного ефекту, ніж аскорбінова й елагова кислоти і токоферол (вітамін Е).

Вміст поліфенольних сполук у калині коливався, мг/100 г: від 403 до 733, а олігомерних проантоціанідинів – від 201 до 528, що еквівалентно їхньому вмісту в журавлині (409), чорниці (503) і кизилі звичайному (до 400) [20]. Цінний нутрієнтний склад свідчить про чималу кількість у плодах калини речовин із високою антиоксидантною й антибактеріальною активністю, визначає її технологічний потенціал використання у складі субстрату для закваски в технології хліба *GF*.

Однак природа та якість сировини – не єдині чинники, що визначають домінуючу мікробіоту закваски та її технологічні переваги. Параметри процесу, включно з температурою, вихід тіста, час бродіння та кількість стадій відновлення, а також природа і склад використаних заквашувальних (стартових) культур, їхня взаємодія з інгредієнтами борошна і субстрату, фактори забруднюючої флори можуть впливати на склад закваски та її якісні характеристики [11].

Метою статті є обґрунтування переваг і дослідження технологічних аспектів виробництва та якості заквасок на основі рисового борошна для безглютенового хліба.

Методи. На сьогодні в "Українській спілці целиакії" ліцензовано лише одного виробника безглютенових видів борошна – ТОВ "Каскад" (ТМ *Ms. Tally*), що стало значним аргументом для вибору рисового борошна для розробки безглютенового хліба. Предмет дослідження – борошно рисове ТОВ "Каскад" за [21], закваски спонтанного бродіння на основі борошна рисового і з використанням стартової культури "ЛВ1" ТМ *LIVENDO*, що виробляється французькою фірмою *Leasaffre* [22], пюре плодів калини звичайної (*Viburnum opulus* L.), модельні композиції заквасок спонтанного бродіння на рисовому борошні (досліди 1 і 2), заквасок на рисовому борошні з використанням стартової культури "ЛВ1" (досліди 3 і 4), з/без використання пюре плодів калини, хліб безглютеновий на основі рисового борошна з використанням заквасок.

За контроль обрано хліб на основі рисового борошна без закваски, виготовлений за традиційною технологією хліба пшеничного безопарним способом. Активність молочнокислих бактерій (МКБ) у заквасках визначено за часом, необхідним для знебарвлення у зразках індикатора метиленового синього; титровану кислотність заквасок – загальноприйнятими методами [23]. Органолептичні показники якості готових виробів установлені за [24], фізико-хімічні – за [25].

Результати дослідження. Сучасні інновації тістоведення показали ефективність використання стартових культур для приготування заквасок на підприємствах малої потужності. Вони мають комбінований склад мікрофлори і дріжджових клітин. У технології безглютенових виробів встановлено перспективність використання стартової культури "ЛВ1". Вона не містить глютену, але в ній наявні молочнокислі бактерії і дріжджі. За рекомендаціями виробника, її застосування сприятиме покращенню кислотонакопичення в тісті, утворенню смакових і ароматичних речовин, розпушенню тіста. Наукові дані щодо використання її у виробництві безглютенової хлібопекарської продукції відсутні.

Зважаючи на це, актуальним є вивчення практичних аспектів виготовлення заквасок спонтанного бродіння з використанням стартової культури "ЛВ1" і пюре плодів калини для безглютенового хліба на основі рисового борошна ТОВ "Каскад". З цією метою проведено серію попередніх технологічних відпрацювань з приготування заквасок спонтанної дії та культурних заквасок на стартовій культурі "ЛВ1" з дозуванням 0.4 % до маси рисового борошна в заквасці згідно з рекомендаціями виробника.

Приготування закваски спонтанного бродіння складається з циклу розведення та циклу поновлення (виробничого). У циклі розведення підготовлено 4 модельні зразки закваски у співвідношенні борошна і рідкого субстрату 1 : 1, вологістю 58–60 %:

дослід 1 – з рисового борошна та води;

дослід 2 – з рисового борошна і пюре плодів калини;

дослід 3 – з рисового борошна і води зі стартовою культурою "ЛВ1";
дослід 4 – з рисового борошна і пюре плодів калини зі стартовою культурою "ЛВ1".

Питну воду для заквасок використано з температурою 30–32 °С.

Пюре з плодів калини готували, перебиваючи у блендері до візуально однорідної суспензії, й розводили питною водою у співвідношенні 1 : 4.

Підготовка стартової культури для закваски "ЛВ1": поміщають в ємність стартер з рідким субстратом (вода або пюре калини) температурою 30 ± 2 °С і перемішують до утворення візуально однорідної суспензії (без наявних грудочок); через 5 хв додають рисове борошно та замішують закваску протягом 5–6 хв. Підготовлений напівфабрикат переміщують до ферментаційної камери для дозрівання за температури 29 ± 1 °С, де початкова температура закваски була 28–30 °С.

Перший етап бродіння закваски становив 20–24 год за температури 28–30 °С. Далі контролювали цикли відборів і поновлень закваски. Проводили цикл поновлення, в якому через кожні 24 год здійснювали відбір 50 % закваски і додавання живильної суміші з борошна та води у співвідношенні 1 : 1. Повний виробничий цикл розведення – поновлення дослідних зразків закваски тривав 120 год (6 циклів розведення). Протягом кожного циклу розведення встановлювали кислотність і температуру закваски. Стиглість закваски визначали за органолептичними характеристиками.

Титровану кислотність заквасок на кожній стадії бродіння наведено в *табл. 3*. В результаті спостереження за процесами дозрівання заквасок на рисовому борошні встановлено, що у *дослідних* зразках 3 і 4 процес бродіння відбувався у 5 разів швидше у порівнянні із заквасками спонтанної дії. Накопичення бажаного рівня кислотності (7.0–8.0 °Н) у них відбувалося за один цикл протягом 24 год (у заквасці спонтанного бродіння – 4–5 діб). Встановлено, що вже наприкінці першої стадії бродіння протягом 24 год якість досліджуваних заквасок у *зразках 3 і 4* стабілізується, встановлюється активна мікрофлора, і за органолептичними характеристиками вони набувають бажаного ступеню стиглості та можуть бути використані в технологічному процесі.

Таблиця 3

Титрована кислотність заквасок на різних стадіях бродіння

Стадія бродіння – час після замішування, год	Титрована кислотність, °Н			
	дослід 1	дослід 2	дослід 3	дослід 4
I – 24	3.2	4.0	7.0*	7.8*
II – 48	3.8	4.7	7.0	8.0
III – 72	4.4	5.4	7.0	8.0
IV – 96	5.2	7.0*	7.1	8.2
V – 120	7.0*	8.0	7.2	8.2

* – стадія досягнення стиглості закваски за контролем органолептичних характеристик.

Застосування пюре плодів калини сприяло прискоренню процесу дозрівання як у заквасках спонтанної дії, так і з використанням стартової культури "ЛВ1". Так, для зразків 2 і 4 з пюре калини значення кислотності після 24 год бродіння на 9.5 % та 5.7 % вищі у порівнянні з відповідними значеннями для зразків 1 і 3. Встановлено, що після четвертого циклу поновлення якості закваски спонтанного бродіння з пюре калини стабілізується, вона набуває прийнятних органолептичних характеристик, накопичує необхідну кислотність. При цьому спонтанна закваска без калини необхідну кислотність накопичує тільки після 5-го циклу поновлення (дослід 1), але не набуває прийнятних органолептичних властивостей. Їй притаманний неприємний різкий кисло-спиртовий запах. При використанні пюре калини, ймовірно, відбувається більш ефективно вимивання "дикої мікрофлори" із середовища закваски внаслідок зміни складу мікрофлори. Проте це ствердження потребує додаткових досліджень.

Закваски на основі стартової культури "ЛВ1" з пюре калини (дослід 4) мали найвищі показники титрованої кислотності наприкінці першого циклу бродіння – 7.8 °Н (див. табл. 3). Вміст органічних кислот у них зумовлений не тільки накопиченими молочною й оцтовою кислотами внаслідок життєдіяльності мікрофлори, але й додатково внесеними кислотами пюре калини, левова частка яких належить яблучній та лимонній кислотам.

Характеристика інтенсивності бродіння та запаху зразків заквасок, а також результати дослідження активності молочнокислих бактерій у них представлено в табл. 4.

Таблиця 4

Характеристика стиглих заквасок та активність МКБ ($n = 5; p \leq 0.05$)

Вид закваски (стадія стиглості, год)	Інтенсивність бродіння та запах заквасок	Активність молочнокислих бактерій, хв
Дослід 1 (120 год)	Бродіння повільне, неприємний кисло-спиртовий запах	120 ± 3.2
Дослід 2 (96 год)	Помірне бродіння напочатку, неприємний кисло-спиртовий запах	109 ± 2.9
Дослід 3 (24 год)	Інтенсивне бродіння, приємний, м'яко виражений кисло-спиртовий запах	85 ± 3.1
Дослід 4 (24 год)	Інтенсивне бродіння, дуже приємний, м'яко виражений кисло-спиртовий запах, легкий свіжий фруктовий аромат	78 ± 2.9

У заквасках зі стартовою культурою "ЛВ1" (досліди 3 і 4) помічено більш інтенсивне бродіння, а у спонтанних заквасках (досліди 1 і 2) – відповідне повільне і помірне (табл. 4). Встановлено, що вищу активність мають бактерії в заквасках спрямованої дії (досліди 3 і 4), значення

активності МКБ в них на 29.2–35.0 % перевищує відповідне значення для закваски спонтанного бродіння (дослід 1). Використання пюре калини уможливило підвищити активність бактерій у заквасках на 9.2–8.2 %, відповідно дослід 2 і 4, порівняно із дослідом 1 і 3. Тобто у процесі бродіння цих заквасок швидше накопичуються кислотореагуючі речовини, які й зумовлюють збільшення титрованої кислотності й активності МКБ. Останньому, ймовірно, сприяє збагачення середовища додатковою кількістю поживних речовин для живлення мікрофлори заквасок.

На виведених заквасках зі стартовою культурою "ЛВ1" та рисовому борошні (досліди 3 і 4) проведено випічку формового безглютенового хліба безопарним способом, якість якого показано в табл. 5.

Таблиця 5

Якість безглютенового хліба з використанням модельних композицій рисових заквасок зі стартовою культурою "ЛВ1" ($n = 5; p \leq 0.05$)

Показник	Зразок		
	контрольний	на заквасці	
		хліб 1 (дослід 3)	хліб 2 (дослід 4)
Питомий об'єм, см ³ /100 г	129 ± 2.8	151 ± 3.1	158 ± 3.1
Кислотність, град	2.2 ± 0.1	3.5 ± 0.1	3.7 ± 0.1
Вологість м'якушки, %	51.2 ± 2.2	57.3 ± 1.9	58.5 ± 2.1
Стан поверхні	Наявні значні тріщини	Наявні невеликі тріщини	
Забарвлення скоринки	Молочно-біле	Золотисто-коричневе	
Еластичність м'якушки	Погана	Середня	
Структура пористості	Крупна, нерівномірна	Середня, рівномірна	
	тонкостінна		
Смак	Властивий цьому виду виробу, невиражений, глеккий, прісний	Приємний м'який смак, злегка кислуватий, не прісний	
	не пересолений		
Запах і аромат	Помірно виражений, відповідає цьому виду виробу		
	аромат нейтральний	аромат хлібний	
		–	з легкими свіжими фруктовими нотками

Найкращі значення питомого об'єму та пористості спостерігалися в досліджуваних зразках хліба із закваскою, які на 17.1–22.5 % перевищували відповідне значення контролю. При цьому питомий об'єм досліджуваного зразка із додатковим внесенням пюре калини на 4.6 % перевершував відповідне значення досліджуваного зразка хліба 1 (див. табл. 5). Кислотність готових виробів з використанням стартової культури "ЛВ1" на 59.1–68.2 % вища за контроль. Отже, застосування стартової культури "ЛВ1" і пюре калини, ймовірно, підсилює продукцію молочної й оцтової кислот, що генеруються мікробіотою закваски. Ці побічні продукти змінюють властивості тіста, впливаючи на основні структуроутворювальні компоненти (крохмаль і арабіноксилани), які, напевно, підвищують розчинність білків, що приводить до отримання хліба з м'якшою текстурою та більш ніжним смаком. Підкислення тіста

також може активувати деякі ендogenous ферменти борошна, як-от протеази й амілази, які, ймовірно, ще більше пом'якшують хлібний м'якуш.

Встановлено, що використання закваски на стартовій культурі "ЛВ1" покращує органолептичні характеристики хліба на рисовому борошні, а додавання пюре калини додатково привносить в аромат легкі свіжі нотки (див. *табл. 5*).

Отже, закваски як рецептурні компоненти тіста прискорюють процес бродіння та покращують смакові властивості готових виробів, що узгоджується з даними наукових джерел [10; 11; 14; 17; 18]. Проте структура м'якуша і пористості виробів ще потребує удосконалення, зокрема формування більшого питомого об'єму, розпушеності й дрібно-пористої структури як бажаних показників якості хліба. Рисове борошно належить до безклейковинної сировини, що призводить до втрати діоксиду вуглецю під час дозрівання тіста на його основі у зв'язку з його низькою газоутримувальною здатністю. Передбачається, що ситуація може покращитися з використанням структуроутворювачів, що є технологічно доцільним у безглютеновому виробництві з погляду утримання всередині дисперсних систем накопиченого вуглекислого газу під час бродіння.

Висновки. За результатами теоретичного аналізу систематизовано основні дефекти хліба *GF* та переваги застосування заквасок для виробництва якісного безглютенового хліба. Теоретично обґрунтовано доцільність використання пюре плодів калини у складі субстрату заквасок для хліба *GF*.

Обґрунтовано переваги застосування стартової культури "ЛВ1" під час дозрівання заквасок на рисовому борошні. Експериментально підтверджено, що такі закваски дозрівають у 5 разів швидше при вищій активності бактерій на 29.2–35.0 % у порівнянні із заквасками спонтанної дії. Вони мають приємний, м'яко виражений кислотно-спиртовий запах, а з додаванням пюре калини – легкий фруктово-ягідний аромат.

Досліджувані закваски також уможливають збільшити питомий об'єм та кислотність у зразках хліба відповідно на 17.0–22.5 та 59.1–68.2 % проти контролю.

Використання заквасок зі стартовою культурою "ЛВ1" та 10 % пюре калини значно інтенсифікує накопичення кислотності тіста і, відповідно, прискорює його дозрівання та сприяє формуванню кращих показників якості випечених виробів.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу заквасок на ферментативну активність борошна і вміст летких кислот у досліджуваних зразках тіста, на показники технологічного процесу та якість хліба, зокрема під час зберігання. Важливим є пошук шляхів

покращення структурно-механічних властивостей тіста, дослідження процесів газоутворення і газотримання в ньому, вивчення можливостей використання структуроутворювальних речовин тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Al-Toma A., Volta U., Auricchio R., Castillejo G., Sanders D. S., Cellier C., Mulder C. J., Lundin K. European Society for the Study of Coeliac Disease (ESsCD) guideline for coeliac disease and other gluten-related disorders. *United Eur. Gastroenterol. J.* 2019. Vol. 7. P. 583-613.
2. Kulshrestha R., Deora N., Deswal A., Dwivedi M. (Eds). Overview of the Gluten-Free Market. In: Singh Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. *Food Engineering Series*. Springer, Cham, 2022. P. 79-93. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_9
3. Красовська С., Стеценко Н. Формування вітчизняного ринку безглютенових харчових продуктів. *Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки"*. 2018. № 4 (28). С. 36-46. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018\(28\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018(28)03)
4. US Gluten-free Food Market Research Report, Size, Growth, Trends, Opportunity Analysis, Industry Forecast – 2023-2027. URL: <https://www.technavio.com/report/us-gluten-free-food-market-industry-analysis>
5. Toth M., Vatai G., Koris A. Consumers' Acceptance, Satisfaction in Consuming Gluten-free Bread: A Market Survey Approach. *Int. J. Celiac Dis.* 2020. Vol. 8. P. 44-49.
6. Shevchenko A., Drobot V., Sorochynska Y. Gluten-free bakery products of high nutritional value. *Modern engineering and innovative technologies. J.* 2021. No 15. P. 112-118.
7. Liu X., Mu T., Sun H., Zhang M., Chen J., Fauconnier M. L. Influence of different hydrocolloids on dough thermo-mechanical properties and in vitro starch digestibility of gluten-free steamed bread based on potato flour. *Food Chem.* 2018. 239. P. 1064-1074.
8. Медвідь І. М., Шидловська О. Б., Доценко В. Ф. Дослідження впливу гідроколідів на структурно-механічні властивості тіста і якість безглютенового хліба. *Вчені записки Таврійського нац-го ун-ту імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2019. Т. 30 (69). № 4, Ч. 2. С. 104-110.
9. Horstmann Stefan W., Lynch Kieran M., Arendt Elke K. Starch Characteristics Linked to Gluten-Free Products. *Foods. J.* 2017. No 6 (29). P. 1-21.
10. Culetu A., Susman I. E., Duta D. E., Belc N. Nutritional and Functional Properties of Gluten-Free Flours. *Appl. Sci. J.* 2021. Vol. 11. P. 62-83.
11. Bender D., Schönlechner R. Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*. 2020. Vol. 91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904>
12. Медвідь І. М., Шидловська О. Б., Доценко В. Ф. Дослідження впливу амілолітичних ферментів на мікробіологічні процеси в тісті та якість рисового хліба. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Т. 24. № 2. С. 175-186.
13. Bender D., Gratz M., Vogt S., Fauster T., Wicki B., Pichler S., Kinner M., Jager H., Schoenlechner R. Ohmic heating – a novel approach for gluten-free bread baking. *Food Bioprocess Technol.* 2019. Vol. 12 (9). P. 1603-1613.
14. Dan H., Gu Z., Li C., Fang Z., Hu B., Wang C. et al. 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 J.* 2022. Vol. 161. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111889>

15. Cavallo N., De Angelis M., Calasso M., Quinto M., Mentana A., Minervini F., Gobbetti M. Microbial cell-free extracts affect the biochemical characteristics and sensorial quality of sourdough bread. *Food Chemistry J.* 2017. Vol. 237. P. 159-168.
16. Zhao Z., Mu T., Sun H. Microbial characterization of five Chinese traditional sourdoughs by high-throughput sequencing and their impact on the quality of potato steamed bread. *Food Chemistry J.* 2019. Vol. 274. P. 710-717.
17. Гетьман І. А., Михонік Л. А., Дробот В. І., Семенова А. Б., Писарець О. П. Дослідження показників якості заквасок спонтанного бродіння з борошна круп'яних культур. *Хранение и переработка зерна.* 2017. № 10 (218). С. 45-48.
18. Михонік Л. А., Грищенко А. М. Технологія безглютенового хліба з використанням заквасок спонтанного бродіння. *Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки".* 2019. № 1 (29). С. 95-103.
19. Gao Q., Wang M., Zhao Q., Wei Y., Gao Z. Effects of goji berry and blueberry extracts on the properties of gluten-free rice-based batter and sponge cake. *LWT – Food Science and Technology.* 2019. Vol. 102. P. 122-129.
20. USDA, ARS, National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. URL: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc/nutrients>
21. Борошно безглютенове. ТОВ "Каскад". URL: <https://kaskad.dn.ua>
22. Lesaffre. Baking. URL: <https://www.lesaffre.com/yeast-baking-solutions>
23. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва; за ред. В. І. Дробот. Київ: Центр навч. літ-ри, 2006. 341 с.
24. ДСТУ 7044:2009. Вироби хлібобулочні. Правила приймання, методи відбирання проб, методи визначення органолептичних показників і маси виробів. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 9 с.
25. ДСТУ 7045:2009. Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізикохімічних показників. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 33 с.

REFERENCES

1. Al-Toma, A., Volta, U., Auricchio, R., Castillejo, G., Sanders, D. S., Cellier, C., Mulder, C. J., & Lundin, K. (2019). European Society for the Study of Coeliac Disease (ESsCD) guideline for coeliac disease and other gluten-related disorders. *United Eur. Gastroenterol. J.* (Vol. 7), (pp. 583-613) [in English].
2. Kulshrestha, R., Deora, N., Deswal, A., & Dwivedi, M. (Eds). (2022). Overview of the Gluten-Free Market. In: Singh Challenges and Potential Solutions in Gluten Free Product Development. *Food Engineering Series.* (pp. 79-93). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88697-4_9 [in English].
3. Krasovs'ka, S., & Stecenko, N. (2018). Formation of the domestic market of gluten-free food products. *International scientific and practical journal "Commodities and Markets"*, 4 (28), 36-46. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018\(28\)03](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2018(28)03) [in Ukrainian].
4. *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> [in English].
5. Toth, M., Vatai, G., & Koris, A. (2020). Consumers' Acceptance, Satisfaction in Consuming Gluten-free Bread: A Market Survey Approach. *Int. J. Celiac Dis.* (Vol. 8), (pp. 44-49) [in English].
6. Shevchenko, A., Drobot, V., & Sorochynska, Y. (2021). Gluten-free bakery products of high nutritional value. *Modern engineering and innovative technologies. J.*, 15, 112-118 [in English].

7. Liu, X., Mu, T., Sun, H., Zhang, M., Chen, J., & Fauconnier, M. L. (2018). Influence of different hydrocolloids on dough thermo-mechanical properties and in vitro starch digestibility of gluten-free steamed bread based on potato flour. *Food Chem*, 239, 1064-1074 [in English].
8. Medvid', I. M., Shydlovs'ka, O. B., & Docenko, V. F. (2019). Study of the effect of hydrocolloids on the structural and mechanical properties of dough and the quality of gluten-free bread. *Scientific notes of Taurida V. I. Vernadsky National University. Series: Technical sciences*. Vol. 30 (69), 4, Part 2, 104-110 [in Ukrainian].
9. Horstmann, Stefan W., Lynch, Kieran M., & Arendt, Elke K. (2017). Starch Characteristics Linked to Gluten-Free Products. *Foods. J.*, 6 (29), 1-21 [in English].
10. Culetu, A., Susman, I. E., Duta, D. E., & Belc, N. (2021). Nutritional and Functional Properties of Gluten-Free Flours. *Appl. Sci. J.* (Vol. 11), (pp. 62-83) [in English].
11. Bender, D., & Schönlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*. (Vol. 91). <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904> [in English].
12. Medvid', I. M., Shydlovs'ka, O. B., & Docenko, V. F. (2018). Study of the effect of amylolytic enzymes on microbiological processes in the dough and quality of rice bread. *Scientific works of the National University of Food Technologies*. Vol. 24, 2, 175-186 [in Ukrainian].
13. Bender, D., Gratz, M., Vogt, S., Fauster, T., Wicki, B., Pichler, S., Kinner, M., Jager, H., & Schoenlechner, R. (2019). Ohmic heating – a novel approach for gluten-free bread baking. *Food Bioprocess Technol.* (Vol. 12 (9), (pp. 1603-1613) [in English].
14. Dan, H., Gu, Z., Li, C., Fang, Z., Hu, B., Wang, C. et al. (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 J.* (Vol. 161). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111889> [in English].
15. Cavallo, N., De Angelis, M., Calasso, M., Quinto, M., Mentana, A., Minervini, F., & Gobetti, M. (2017). Microbial cell-free extracts affect the biochemical characteristics and sensorial quality of sourdough bread. *Food Chemistry J.* (Vol. 237), (pp. 159-168) [in English].
16. Zhao, Z., Mu, T., & Sun, H. (2019). Microbial characterization of five Chinese traditional sourdoughs by high-throughput sequencing and their impact on the quality of potato steamed bread. *Food Chemistry J.* (Vol. 274), (pp. 710-717) [in English].
17. Get'man, I. A., Myhonik, L. A., Drobot, V. I., Semenova, A. B., & Pysarec', O. P. (2017). Study of quality indicators of spontaneous fermentation starters from grain flour. *Grain storage and processing*, 10 (218), 45-48 [in Ukrainian].
18. Myhonik, L. A., & Gryshhenko, A. M. (2019). Technology of gluten-free bread using leavens of spontaneous fermentation. *International scientific and practical journal "Commodities and Markets"*, 1 (29), 95-103. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019\(29\)09](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019(29)09) [in Ukrainian].
19. Gao, Q., Wang, M., Zhao, Q., Wei, Y., & Gao, Z. (2019). Effects of goji berry and blueberry extracts on the properties of gluten-free rice-based batter and sponge cake. *LWT – Food Science and Technology*. (Vol. 102), (pp. 122-129) [in English].
20. USDA, ARS, National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc/nutrients> [in English].
21. Gluten-free flour. LLC "Kaskad". <https://kaskad.dn.ua> [in Ukrainian].
22. Lesaffre. Baking. <https://www.lesaffre.com/yeast-baking-solutions> [in English].
23. Laboratory workshop on the technology of bakery and pasta production. (2006). V. I. Drobot (Ed.). Kyiv: Center for Educational Literature [in Ukrainian].

24. Bakery products. Acceptance rules, methods of sampling, methods of determining organoleptic indicators and weight of products. (2009). *DSTU 7044:2009*. Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine [in Ukrainian].
25. Bakery products. Methods of determining physicochemical parameters. (2009). *DSTU 7045:2009*. Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine [in Ukrainian].

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.

Внесок авторів: Федорова Д. – 60 %; Ланська В. – 40 %.

Автори не отримували прямого фінансування для цього дослідження.

Fedorova D., Lanska V. Starters on rice flour for gluten-free bread. *International scientific-practical journal "Commodities and markets"*. 2023. № 2 (46). P. 116-130. [https://doi.org/10.31617/2.2023\(46\)10](https://doi.org/10.31617/2.2023(46)10)

Надійшла до редакції 10.05.2023.

Прийнято до друку 18.05.2023.

Публікація онлайн 23.06.2023.