

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664.661.3:664.641

DOI <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2025-3-1>

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗДРІЖДЖОВИХ ВИРОБІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ НАТУРАЛЬНОЇ ЗАКВАСКИ НА ОСНОВІ ХЕНОМЕЛЕСУ

О. М. ГОРОБЕЦЬ, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0001-6411-6676;

Т. Ю. СУТКОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0001-6363-0155;

А. М. ГЕРЕДЧУК, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-1045-0844;

Н.В. ГНІТІЙ, старший викладач
ORCID ID: 0000-0002-8882-1019;

І. В. ЧОНІ, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-5156-4741

(Полтавський університет економіки і торгівлі)

Анотація. Наукові результати, представлені у статті, відображають підхід до використання плодів хеномелесу японського (*Chaenomeles japonica*) як природного джерела органічних кислот і цукрів для формування ефективної натуральної закваски у технології пшеничного бездріжджового хліба. Метою дослідження є наукове обґрунтування та розробка технології пшеничного хліба на основі використання закваски спонтанного бродіння водного настою хеномелесу.

Результати експериментальних досліджень підтвердили доцільність застосування хеномелесової води, розведеної у співвідношенні 1:5, як поживного середовища для формування стабільної мікробіологічної асоціації закваски. Встановлено, що за таких умов відбувається активний розвиток молочнокислих бактерій і кислотостійких дріжджів, досягається оптимальний рівень кислотності та формується виражений ароматний профіль ферментованої системи. У порівнянні з класичною яблучною закваскою, середовище на основі хеномелесової води характеризується більш стабільними кислотними показниками та зниженим ризиком розвитку небажаної мікрофлори впродовж ферментації.

Методами експериментально-статистичного моделювання (метод Бокса–Уїлсона) визначено оптимальні технологічні параметри культивування закваски: масова частка вологи – 52 %, тривалість бродіння – 120 год, температура – 28 °С. Отримані результати підтверджують перспективність використання водного екстракту хеномелесу японського як функціонального інгредієнта у технології пшеничного бездріжджового хліба з підвищеними органолептичними властивостями та харчовою цінністю.

Ключові слова: хліб, бездріжджова закваска, хеномелес японський, ферментація, технологічний процес, органолептичні властивості, харчова цінність, стандартизація.

Постановка проблеми. Хліб і надалі залишається базовим компонентом повсякденного харчування населення України, незважаючи на активне впровадження альтернативних джерел вуглеводів та зміну харчових пріоритетів. Його стабільна присутність у раціоні обумовлює необхідність постійного вдосконалення технологій виробництва, спрямованих на підвищення харчової та біологічної цінності, забезпечення безпечності, покращення споживчих характеристик і подовження строків зберігання готових виробів [1].

Розвиток сучасної хлібопекарської промисловості відбувається в руслі концепцій clean label

та sustainable food, що передбачають скорочення використання синтетичних добавок, оптимізацію технологічних процесів і раціональне використання природних ресурсів. У цьому контексті особливої уваги набувають технології природної ферментації, зокрема використання заквасок спонтанного бродіння, сформованих на основі нетрадиційної рослинної сировини. Такі субстрати характеризуються наявністю власної мікрофлори, ферментативно активних сполук, органічних кислот і фенольних компонентів, що створює сприятливі умови для перебігу ферментаційних процесів без залучення промислових дріжджів.

Застосування натуральних заквасок сприяє формуванню стабільної структури м'якушки, гармонійного смаку та підвищеної збереженості хлібобулочних виробів [2, 3].

Перспективним об'єктом для формування таких заквасок є плоди хеномелесу японського, які, попри значний біохімічний потенціал, залишаються недостатньо залученими у вітчизняних харчових технологіях. Хеномелес вирізняється високою концентрацією органічних кислот, поліфенольних сполук, природних антиоксидантів і цукрів, а також вираженим ароматичним рофілем [4-5].

Використання фруктових заквасок, зокрема на основі хеномелесу, відкриває можливості для розширення асортименту функціональних хлібобулочних виробів із покращенням вітамінним та антиоксидантним складом. З огляду на обмежену кількість наукових досліджень з даного напрямку в Україні, розробка технології хліба із застосуванням закваски на основі водного настою хеномелесу є своєчасною, науково обґрунтованою та практично значущою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам удосконалення технологій хлібобулочних виробів шляхом використання природних заквасок та процесів спонтанного бродіння присвячено низку наукових праць вітчизняних та зарубіжних науковців.

В українських дослідженнях основна увага приділяється застосуванню натуральних заквасок, сформованих на основі зернової та рослинної сировини, з метою підвищення харчової цінності, поліпшення органолептичних показників і подовження строків зберігання хлібобулочних виробів. Так, у роботі Л. А. Михонік та ін. доведено ефективність використання заквасок спонтанного бродіння із борошна круп'яних культур у технології хлібних виробів. Автори показали, що закваски сприяють покращенню органолептичних, фізико-хімічних показників і підвищують технологічну якість продукції за рахунок інтенсивнішої ферментації та розвитку характерного аромату [6].

У дослідженні В. М. Челябієвої та К. Ю. Соседової показано, що застосування заквасок спонтанного бродіння разом із борошном бобових культур (сочевиці) позитивно впливає на харчову цінність і якість хлібних виробів, зокрема підвищує вміст білка та органолептичні властивості продукту [7]. Крім того, Т. Леbedенко та співавтори довели, що спонтанні закваски здатні стабілізувати якість готових хлібобулочних виробів і зменшувати мікробіологічні ризики, що підкреслює перспективність їх використання в промислових і крафтових технологіях виробництва хліба [8].

Подібні напрями досліджень висвітлено у зарубіжних працях, де закваски спонтанного бродіння

розглядаються як складні мікробіологічні системи, здатні формувати органічні кислоти, леткі ароматичні сполуки та ферментативно активні компоненти. Зокрема, М. Gobbetti з співавторами встановили, що застосування природної ферментації позитивно впливає на сенсорні властивості хліба, його безпечність і харчову цінність, а також сприяє зменшенню потреби у використанні синтетичних технологічних добавок [9].

У роботі М. G. Gänzle та J. Zheng показано, що склад і активність мікробіоти заквасок спонтанного бродіння суттєво впливають на реологічні властивості тіста, біодоступність мінеральних речовин і нутритивний профіль хлібобулочних виробів, що відповідає сучасним вимогам функціонального та оздоровчого харчування [10].

Таким чином, аналіз наукових джерел свідчить про узгодженість результатів вітчизняних і зарубіжних досліджень щодо перспективності використання заквасок спонтанного бродіння у технологіях хлібобулочних виробів.

Формування цілей статті. Метою дослідження є наукове обґрунтування, розробка та стандартизація технології пшеничного хліба на основі використання закваски спонтанного бродіння водного настою хеномелесу.

Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання: провести аналітичний огляд наукових джерел щодо застосування фруктових заквасок у хлібопеченні та оцінити харчовий потенціал плодів хеномелесу; оптимізувати технологічні параметри процесу приготування хеномелесової закваски: масову частку вологи, температуру та тривалість ферментації; порівняти показники заквасок на хеномелесовій та яблучній воді; оцінити вплив закваски такої закваски на процеси газоутворення, кислотонакопичення та якість готового хліба; розробити стандартизовану рецептуру бездріжджового пшеничного хліба на основі хеномелесової закваски і оцінити його органолептичні та мікробіологічні характеристики;

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження є технологія виробництва пшеничного хліба без додавання дріжджів. Предметом дослідження є закваска спонтанного бродіння, сформована на основі настою з плодів хеномелесу, її вплив на тісто та якість готового хліба. У роботі використано комплекс класичних методів дослідження: фізико-хімічні та мікробіологічні методики контролю якості, визначення структурно-механічних властивостей тіста та методи математичного моделювання.

Вибір хеномелесу як нетрадиційного субстрату для ферментації був зумовлений наявністю у його складі комплексу біологічно активних сполук, зокрема значної кількості органічних кислот, моно- та дисахаридів, ароматичних і фенольних речовин, а також присутністю природної

мікрофлори. Сукупність цих чинників дозволяє розглядати плоди хеномелесу як перспективну рослинну сировину для ініціації ферментаційних процесів і формування стабільних мікробіологічних систем.

У зв'язку з цим першим етапом досліджень стало наукове обґрунтування доцільності використання водного настою плодів як поживного середовища для формування симбіотичної мікрофлори та ініціації процесів спонтанного бродіння з подальшим отриманням закваски. Такий підхід ґрунтувався на припущенні, що водорозчинні компоненти плодів можуть створювати селективні умови для розвитку молочнокислих бактерій і дріжджових культур без застосування сторонніх заквасочних препаратів.

З цією метою готували водний екстракт плодів хеномелесу, який отримували шляхом відбору стиглих плодів, їх ретельного миття, подрібнення та подальшого екстрагування у водному середовищі за температури 20–22 °С протягом 72 годин. Обрані температурно-часові параметри забезпечували збереження термолабільних компонентів сировини та сприяли поступовому переходу водорозчинних сполук у екстракт без інтенсифікації небажаних мікробіологічних процесів. Після завершення природного бродіння настій фільтрували, а одержану рідину використовували як стартовий інокулянт для формування закваски.

Підвищена кислотність отриманого екстракту обмежувала можливість його безпосереднього застосування, оскільки у нерозбавленому стані він міг негативно впливати на життєдіяльність мікроорганізмів, відповідальних за стабілізацію закваски. З огляду на це водний екстракт хеномелесу розводили питною водою у співвідношенні 1:5 з метою досягнення початкового значення рН 3,5–3,8, що є оптимальним для розвитку мікрофлори заквасок і мінімізує ризик росту небажаних мікроорганізмів, водночас забезпечуючи формування сприятливого кислотного середовища для молочнокислих бактерій і дріжджів та збереження характерного фруктового аромату плодів.

Для експериментального підтвердження доцільності використання водного екстракту

хеномелесу як ферментаційного середовища було проведено порівняльний аналіз з іншими натуральними середовищами, які традиційно застосовувались для отримання заквасок. До найбільш поширених із них належать яблучна та виноградна вода, які містять природні цукри, дику мікрофлору, ферменти і помірну кислотність, що створює сприятливі умови для розвитку молочнокислих бактерій та дріжджів. Характеристики ферментативних середовищ подано в таблиці 1.

На основі наведених даних видно, що хеномелесова вода у розведеному стані має переваги у вигляді стійкого профілю органічних кислот та інтенсивного аромату. Це забезпечує потенційно вищу біологічну цінність готової закваски, а значить, хліба, виготовленого на її основі.

Наступним етапом досліджень було вивчення особливостей приготування закваски на основі хеномелесової води, що передбачало практичну реалізацію процесу ферментації у сформованому поживному середовищі. У цих умовах здійснювали початкову стадію ферментації, для чого 50 мл розведеної хеномелесової води змішували з 50 г пшеничного борошна першого сорту (ТМ «Зернарі») та витримували за температури 26–28 °С, що відповідало оптимальним умовам розвитку мезофільної мікрофлори. Упродовж наступних 5 діб проводили регулярне підживлення закваски відповідно до протоколу класичного нарощування, що забезпечувало поступову стабілізацію мікробного консорціуму, накопичення органічних кислот і формування технологічно придатної заквасочної системи.

Такі ж дослідження поводити і для закваски з яблучною водою. Порівняльні характеристики фруктових вод наведено у таблиці 2.

Результати дослідження свідчать про те, що розведена хеномелесова вода формує стабільне середовище для життєдіяльності необхідної мікрофлори без загрози неконтрольованого бродіння. Висока біоактивність плодів хеномелесу забезпечує ферментативну підтримку розвитку корисної мікрофлори, тоді як помірне середовище сприяє уникненню контамінації патогенними мікроорганізмами. Таким чином, використання

Таблиця 1

Порівняльна характеристика фруктових вод для закваски

Назва середовища	Орієнтовний рН	Ароматичний профіль	Вміст органічних кислот	Природні мікроорганізми	Особливості використання
Яблучна вода	3,5 – 4,0	М'який, яблучний	Помірний	Наявні (дріжджі + LAB)	Легкий старт ферментації, стабільна
Виноградна вода	3,3 – 3,8	Солодкий, винний	Помірний	Високий вміст дріжджів	Швидкий старт, активне бродіння
Хеномелесова вода (1:5)	3,0 – 3,2	Насичений, кисло-фруктовий	Високий	Наявні (дріжджі + LAB)	Необхідне розведення, яскравий аромат

саме хеномелесової води у співвідношенні 1:5 є технологічно та мікробіологічно обґрунтованим вибором у виробництві заквасок для бездріжджового хліба.

Подальші дослідження були спрямовані на вивчення впливу умов ферментації на динаміку кислотності та мікробіологічні показники заквасок на основі хеномелесової та яблучної води

Відомо, що молочнокислі бактерії (МКБ) та кислотостійкі дріжджі найбільш активно розвиваються при температурі 26–28 °С. Нижчі температури, як правило, уповільнюють ферментацію, а підвищені – пригнічують мікробну активність, що загалом негативно впливає на формування стабільної закваски. Оптимальна масова частка вологи для класичних житніх заквасок становить близько 48–50 %, а для рідких середовищ – до 55–56 %, оскільки вищі концентрації води можуть призводити до надмірного накопичення кислот та «перекисання» ферментуючої системи.

У межах цього дослідження, вивчаючи закваски, що розвиваються на базі хеномелесової та яблучної води з додаванням пшеничного борошна вищого гатунку (з підвищеним вмістом білка), досліджено вплив цих середовищ на динаміку кислотності та мікробіологічні показники упродовж 120 годин ферментації при температурі 26–28 °С. Водна фаза цих екстрактів була стандартизована: яблучна вода використовувалася без додаткового розведення (через природно помірну кислотність), тоді як хеномелесову воду розводили у співвідношенні 1:5 з питною водою.

Підготовлені закваски готували шляхом змішування в пропорції 1:1 відповідної водної фази та пшеничного борошна, після чого отриману суміш залишали у термостатних умовах. При цьому вимірювались показники титрованої кислотності та розвитку молочнокислих бактерій (МКБ) та дріжджів у заквасках, які презентовані нижче.

З наведених даних видно, що кислотність закваски на яблучній воді зростала інтенсивніше. Показники на 120 годину досягли 18,4 %, що свідчить про високий ризик «перекисання». У хеномелесовій заквасці аналогічний показник становить 12,8 %, що є достатнім для активної ферментації, але не призводить до надмірної кислотності та небажаної деградації ферментаційних структур. Цю тенденцію підтверджують результати мікробіологічного аналізу.

У яблучній заквасці чисельність молочнокислих бактерій і дріжджів зростала інтенсивніше, ніж у хеномелесовій. Водночас така активність супроводжувалася швидким зниженням рН. Уже на п'ятий день ферментації фіксувалися ознаки небажаної мікробіологічної активності, що ускладнює подальше використання яблучної закваски без додаткового контролю.

У хеномелесовій заквасці розвиток корисної мікрофлори відбувався поступово. Рівень кислотності залишався стабільним і перебував у межах, безпечних для керованого перебігу ферментації. Аналітичні параметри обох заквасок наведено також у вигляді узагальнених технологічних показників.

Одним із ключових біотехнологічних показників активності заквасок є інтенсивність

Таблиця 2

Порівняльна характеристика фруктових вод

Показник	Хеномелесова вода (1:5)	Яблучна вода
Початкове рН	3,8	3,6
Стабілізація рН	3,5 (на 4-ту добу)	3,2 (на 3-тю добу)
Смак	М'який, фруктовий-кислий	Різко-кислий, з вираженим бродінням
Аромат	Фруктово-квітковий з нотами цитрусу	Різко-ферментований
Мікрофлора на 5-й день	Стабільна	Ознаки контамінації
Зовнішній вигляд	Однорідний, без сторонніх включень	Наявність слизу, плісняви
Придатність до подальшого використання	Висока	Низька

Таблиця 3

Динаміка титрованої кислотності та розвитку молочнокислих бактерій (МКБ) та дріжджів у заквасках

Тривалість бродіння, год	Титрована кислотність, %		Розвиток молочнокислих бактерій (МКБ) та дріжджів у заквасках			
	хеномелесова закваска	яблучна закваска	хеномелесова закваска		яблучна закваска	
			(МКБ), КУО/г	(дріжджі), КУО/г	(МКБ), КУО/г	(дріжджі), КУО/г
24	4,8	5,2	$3,2 \times 10^4$	$1,1 \times 10^3$	$1,8 \times 10^4$	$2,4 \times 10^3$
48	7,2	8,6	$4,8 \times 10^4$	$2,0 \times 10^3$	$3,2 \times 10^4$	$4,8 \times 10^3$
72	9,6	12,0	$6,1 \times 10^4$	$3,5 \times 10^3$	$5,6 \times 10^4$	$7,2 \times 10^3$
96	11,4	14,8	$7,5 \times 10^4$	$5,1 \times 10^3$	$8,4 \times 10^4$	$1,0 \times 10^4$
120	12,8	18,4	$8,9 \times 10^4$	$6,8 \times 10^3$	$1,1 \times 10^5$	$1,4 \times 10^4$

газоутворення, зумовлена утворенням діоксиду вуглецю (CO₂) у процесі метаболічної діяльності дріжджів. Об'єм накопиченого CO₂ відображає рівень ферментаційної активності мікрофлори та безпосередньо визначає підйомну здатність закваски, що є вирішальним чинником формування структури й пористості м'якуша хліба.

У ході дослідження оцінювали динаміку об'ємного зростання заквасок, приготовлених на основі хеномелесової та яблучної води. Ферментацію проводили протягом 4 годин за температури 28 °С. Закваски готували шляхом змішування водної фази з пшеничним борошном вищого гатунку у співвідношенні 1:1 та витримували у скляних циліндричних ємностях із градуйованими мітками для фіксації зміни об'єму. Результати вимірювань наведено в таблиці 4.

Таблиця 4
Динаміка збільшення об'єму заквасок як показник інтенсивності газоутворення

Тип закваски	Початковий об'єм, мл	Об'єм через 4 год, мл	Кратність збільшення
Хеномелесова вода	100	300	3
Яблучна вода	100	200	2

Аналіз показників газоутворення засвідчив суттєві відмінності між досліджуваними заквасками. Закваска, отримана з використанням хеномелесової води, характеризувалася інтенсивним накопиченням діоксиду вуглецю: за 4 години ферментації її об'єм збільшувався приблизно у три рази. Така динаміка свідчить про активний перебіг ферментаційних процесів і ефективне утримання газів у матриці тіста, що є ознакою високої підйомної здатності системи.

За цих умов закваска на основі яблучної води демонструвала значно стриманіші показники – об'єм зростає лише вдвічі. Зниження газоутворення пов'язане з несприятливим кислотним режимом середовища, який обмежує метаболічну активність дріжджів та порушує баланс гетероферментаційної мікрофлори. У результаті це негативно позначається на формуванні газотримувальної структури тіста.

Отримані результати дають підстави стверджувати, що хеномелесова вода, за умов коригування кислотності до рівня рН 3,5–3,8, створює оптимальні умови для спільного функціонування дріжджів і молочнокислих бактерій. Така система забезпечує керований перебіг ферментації та високу технологічну ефективність закваски, що проявляється у підвищеній газотворювальній здатності.

Наступний етап досліджень був спрямований на встановлення раціональних параметрів культивування закваски, сформованої на основі хеномелесової води. Визначення оптимальних режимів

функціонування ферментаційної системи здійснювали з використанням методів експериментально-статистичного аналізу, зокрема центрального композитного планування за Боксом–Уїлсоном. Моделювання проводили з урахуванням трьох незалежних факторів: масової частки вологи закваски (X₁), тривалості ферментації (X₂) та температурного режиму бродіння (X₃).

Оцінювання ефективності процесу здійснювали за інтенсивністю утворення діоксиду вуглецю (Y₁), яку розглядали як узагальнений показник метаболічної активності мікрофлори закваски, що відображає її підйомну здатність і потенціал формування структури тіста. Водночас титровану кислотність застосовували як обмежувальний параметр, рівень якого не повинен перевищувати значень, безпечних з точки зору стабільності мікробіологічної системи та якості готового продукту.

У результаті математичного опрацювання експериментальних даних із застосуванням методів багатовимірного регресійного аналізу було отримано адекватну математичну модель, що відображає залежність інтенсивності газоутворення від трьох досліджуваних факторів у нормалізованому вигляді:

$$Y = 285,712 + 9,842 \times X_1 + 17,406 \times X_2 + 5,124 \times X_3 \dots (1)$$

У натуральних одиницях досліджувана залежність описується рівнянням:

$$Y = -57,48 + 2,88 \times X_1 + 0,73 \times X_2 + 3,14 \times X_3 \dots (2)$$

Значення множинного коефіцієнта кореляції становить R = 0,88, що свідчить про достатньо тісний зв'язок між незалежними змінними та обраним критерієм оптимальності. Порівняння розрахованого значення критерію Фішера (F_p = 4,56) з табличним (F_t = 5,12) підтверджує статистичну прийнятність побудованої регресійної моделі та можливість її використання для подальшого аналізу і визначення оптимальних умов процесу.

Враховуючи комплексні результати моделювання та експериментальних перевірок, доцільними технологічними параметрами приготування закваски на основі хеномелесової води в циклі розведення слід вважати: масова частка вологи (X₁) – 52 %; тривалість бродіння (X₂) – 120 год; температура бродіння (X₃) – 28 °С.

Запропонований підхід до оптимізації параметрів культивування забезпечує досягнення високої ферментативної активності закваски за умов контрольованого накопичення діоксиду вуглецю та підтримання оптимального рівня кислотності, що є визначальними чинниками формування її технологічних властивостей. У результаті створюються передумови для отримання закваски з підвищеною підйомною здатністю та стабільними органолептичними характеристиками, що підтверджує доцільність використання

хеномелесової води як субстратного середовища у технологіях бездріжджового хлібопечення.

Розроблена технологія виробництва пшеничного хліба із застосуванням закваски на основі водного екстракту хеномелесу реалізується з урахуванням концепції пролонгованого бродіння, що створює умови для максимально ефективного використання біохімічного та ферментативного потенціалу рослинної сировини.

Технологічний процес передбачає поетапне з'єднання рецептурних компонентів до отримання рівномірно гідратованої тістової системи, після чого здійснюється стадія автолізу тривалістю близько 30 хвилин. У межах цієї стадії відбувається активізація процесів набухання білкових фракцій клейковини та поглинання вологи частками цільнозернового борошна, що забезпечує підвищення пластичності тіста та оптимізацію його структурно-механічних характеристик на наступних етапах обробки.

Після завершення автолітичної паузи тісто піддають короткочасному інтенсивному вимішуванню протягом 3–5 хвилин, у результаті чого формується стабільний білково-крохмальний каркас. Далі здійснюють поділ і формування тістових заготовок з подальшим розміщенням їх у підготовлені форми. Для мінімізації випаровування вологи та запобігання поверхневому підсиханню заготовки ізолюють від зовнішнього середовища полімерним покриттям і спрямовують на тривалу стадію ферментації. Бродіння відбувається протягом 10–12 годин за температури 20–22°C, що забезпечує повільний та керований розвиток мікробіоценозу закваски. За таких умов відбувається інтенсивний метаболізм молочнокислих бактерій і природних дріжджів, супроводжуваний накопиченням органічних кислот і формуванням складного ароматичного профілю, зумовленого специфічним хімічним складом хеномелесу.

Термічне оброблення тістових заготовок здійснюють у двоетапному режимі, що спрямований на оптимізацію фізико-хімічних і сенсорних властивостей готових виробів. На першій стадії випікання процес проводять за температури 240 °C протягом 20 хвилин із подачею пари, що забезпечує інтенсивний початковий підйом тіста, збільшення питомого об'єму та формування тонкої еластичної скоринки. На другому етапі випікання за тієї ж температури, але без парозволоження, відбувається завершення колоїдних і структуроутворювальних процесів у м'якушці, стабілізація пористої структури та формування виразних органолептичних показників.

Результати порівняльного аналізу експериментального зразка хліба та контрольного зразка, виготовленого на традиційній заквасці, засвідчили переваги використання хеномелесової закваски. Зокрема, підвищений вміст фруктових органічних кислот у складі хеномелесового екстракту зумовив формування більш розвиненої пористості, підвищеної еластичності м'якушки та покращення загальної текстури готового виробу. Результати органолептичної оцінки двох зразків наведені на рис. 2.

Запропоновані технологічні підходи із використанням хеномелесової закваски забезпечують формування хлібобулочного виробу з істотно покращеними органолептичними характеристиками, що проявляється у більш вираженому ароматичному профілі, гармонійному смаку, а також підвищеній пористості та еластичності м'якушки порівняно з контрольним зразком.

Результати моніторингу мікробіологічного стану зразків наведено у порівнянні з контрольним пшеничним хлібом (табл. 5).

Отримані результати показали, що використання хеномелесової закваски дозволяє вдвічі подовжити термін безпечного зберігання

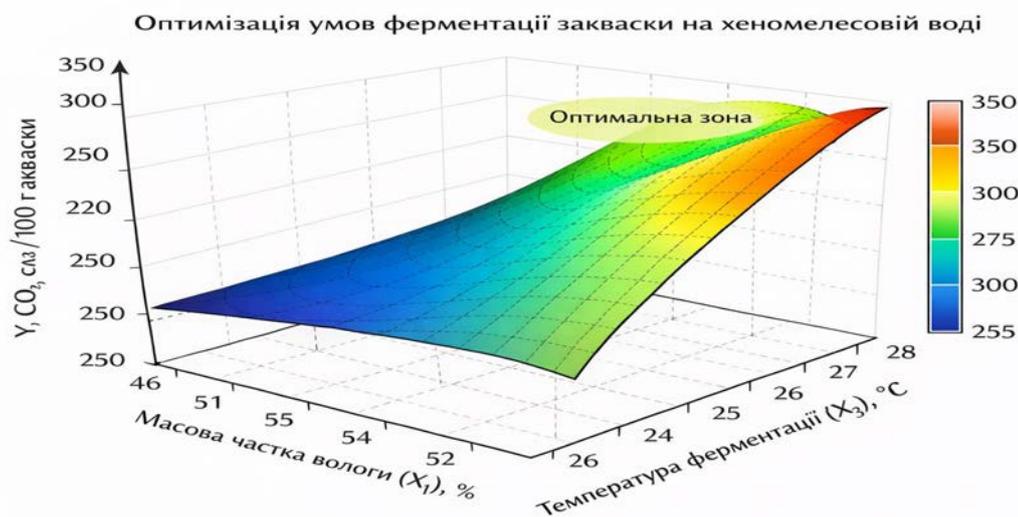


Рис. 1. Профіль оптимізації параметрів отримання хеномелесової води

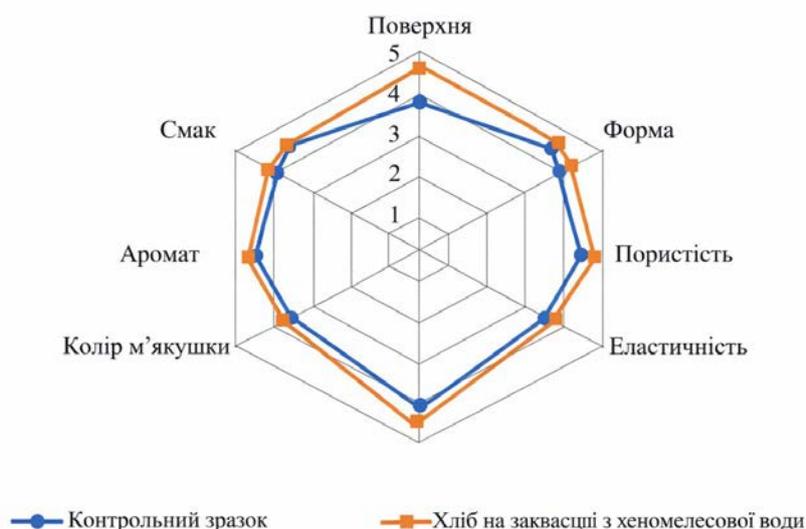


Рис. 2. Профіль органолептичної оцінки дослідних зразків

Таблиця 5

Стійкість пшеничного хліба до мікробіологічного псування

Показник стійкості	Контроль (класична закваска)	Дослідний зразок (хеномелесова закваска)
Час появи перших ознак пліснявіння, год	72	144
Поява симптомів картопляної хвороби, год	84	Не виявлено протягом 168 год
Активна кислотність м'якушки, рН	5,4	4,9

пшеничного хліба порівняно з традиційною технологією. При цьому знижується ризик мікробіологічного псування продукції без застосування хімічних консервантів, зокрема пропіонатів і сорбатів, що позитивно впливає на харчову цінність і безпечність готового виробу. Таким чином, застосування хеномелесу в процесі тістоприготування є ефективним біотехнологічним рішенням для забезпечення мікробіологічної стабільності хліба збагаченого складу.

У межах дослідження особливу увагу приділено стандартизації технологічних параметрів, що визначають відтворюваність і стабільність процесу виготовлення бездріжджового хліба на основі натуральної закваски з хеномелесу. Встановлено критично важливі контрольовані показники, зокрема активну кислотність, титровану кислотність, інтенсивність газоутворення, мікробіологічну чистоту, температурно-часові умови ферментації та масову частку вологи. Для кожного з них визначено регламентовані діапазони значень, які забезпечують формування стабільної заквасочної системи та належного рівня технологічної якості тіста і готового виробу. З метою метрологічного забезпечення процесу було обґрунтовано вибір методів вимірювання, нормованих показників точності та повторюваності результатів. Такий підхід дозволяє розглядати запропоновану технологію не лише як

біотехнологічну інновацію, але і як систему з контрольованими та відтворюваними параметрами, придатну до подальшої стандартизації у виробничих умовах.

Висновки із зазначених проблем

1. Дослідження хімічного профілю плодів хеномелесу японського (*Chaenomeles japonica*) засвідчило, що вони є джерелом комплексу органічних кислот із чітким переважанням яблучної, за наявності лимонної та хінної кислот. Вуглеводна фракція плодів сформована головним чином фруктозою. Поєднання зазначених компонентів зумовлює підвищену природну кислотність середовища та водночас створює умови для вибіркового розвитку молочнокислої мікрофлори, що дозволяє розглядати хеномелес як перспективний інгредієнт для регулювання біотехнологічних процесів у заквасочних системах.

2. Порівняння різних водних настоїв рослинної сировини, зокрема хеномелесової, яблучної та виноградної води, як субстратів для ферментації показало, що хеномелесова вода після розведення у співвідношенні 1:5 формує найбільш стабільні умови для запуску спонтанного бродіння. На відміну від яблучної води, яка характеризується надмірним накопиченням кислот і схильністю до порушення мікробіологічної рівноваги, хеномелесовий субстрат забезпечує контрольований розвиток мікрофлори та формування помірно

інтенсивного, збалансованого ароматичного профілю.

3. Запропонований підхід до одержання пшеничної закваски з використанням хеномелесової води, стандартизованої шляхом розведення 1:5, забезпечує швидшу адаптацію мікроорганізмів до ферментаційного середовища та сприяє стабільному зростанню популяції дріжджів і молочнокислих бактерій. Використання пшеничного борошна вищого ґатунку з підвищеним вмістом білка позитивно впливає на формування газотримувальної структури та підвищує підйомну здатність закваски.

4. Аналіз впливу ферментаційних параметрів на кислотонакопичення, мікробіологічні показники та газоутворення показав, що закваска, сформована на основі хеномелесової води, відзначається більш керованим перебігом процесу. Для неї характерні стабільні значення рН, помірна швидкість утворення кислот і знижена ймовірність розвитку небажаної мікрофлори порівняно з яблучною закваскою. Висока ферментативна активність підтверджується збільшенням об'єму закваски приблизно у три рази протягом перших чотирьох годин бродіння, що свідчить про ефективну підйомну силу системи.

5. На підставі експериментально-статистичного моделювання з використанням методу Бокса–Уілсона визначено оптимальні умови культивування хеномелесової закваски: масова частка вологи – 52 %, тривалість ферментації – 120 год, температура процесу – 28 °С. Реалізація зазначених параметрів забезпечує інтенсивне

утворення діоксиду вуглецю за збереження стабільного кислотного режиму, що підтверджує доцільність використання хеномелесової води як ефективного біотехнологічного чинника у виробництві пшеничних бездріжджових хлібобулочних виробів.

6. Дослідний зразок хліба на хеномелесовій заквасці характеризується вираженим смаком, унікальним фруктовим-медовим ароматом та еластичною, тонкостінною пористістю м'якушки. За результатами бальної оцінки комплексний показник якості дослідного зразка зріс на 12,9 % порівняно з контрольним зразком на класичній заквасці.

7. Виявлено високу мікробіологічну стійкість розробленого хліба. Завдяки природному зниженню рН м'якушки до 4,8–5,0 під дією органічних кислот хеномелесу, термін до появи перших ознак пліснявіння подовжився у 2 рази (до 144 год), а ризики розвитку картопляної хвороби було повністю нівельовано.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним є вивчення мікробіологічного складу заквасок із застосуванням молекулярно-біологічних методів, а також дослідження мікроструктури тіста й м'якушки хліба, сформованих із використанням таких заквасок. Окремої уваги потребує оцінка впливу хеномелесових заквасок на органолептичні характеристики, харчову та біологічну цінність хлібобулочних виробів упродовж зберігання, а також дослідження можливостей розширення асортименту хлібної продукції оздоровчого та функціонального призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лозова Т. М. Сучасні наукові дослідження нових способів поліпшення якості і зберігання хліба. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки*. 2022. № 32. С. DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-32-07>.
2. Chauhan K., Rao A. Clean-label alternatives for food preservation: An emerging trend. *Heliyon*. 2024. e35815. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35815>
3. Гончар Є. Р., Науменко О. В., Лук'ячук І. В., Голуб В. О., Маринченко Л. В. Дріжджі у хлібопекарських заквасках: загальні відомості та роль у функціональних процесах. *Biotechnologia Acta*. 2024. Т. 17, № 3. С. 5–15. DOI: <https://doi.org/10.15407/biotech17.03.005>
4. Klymenko S., Kucharska A. Z., Sokół-Łętowska A., Piórecki N. Determination of antioxidant capacity and polyphenols contents in fruits of genotypes of *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2019. Vol. 3. P. 315–322.
5. Wojdyło A., Oszmiański J., Bielicki P. Polyphenolic composition, antioxidant activity and polyphenol oxidase activity of quince (*Cydonia oblonga*) and Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. Vol. 61, No. 11. P. 2762–2772.
6. Михонік Л. А., Гетьман І. А., Науменко О. В. Ефективність заквасок спонтанного бродіння з борошна круп'яних культур в технології хлібних виробів. *Продовольчі ресурси*. 2023. Т. 11, № 20. С. 28–34. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-03>
7. Челябієва В. М., Соседова К. Ю. Використання заквасок спонтанного бродіння та борошна бобових культур у виробництві житньо-пшеничного хліба. *Технічні науки та технології*. 2025. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2018-3\(13\)-251-257](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2018-3(13)-251-257)
8. Лебеденко Т., Кожевнікова В., Котузакі О., Новичкова Т. Determining the efficiency of spontaneous sourdough for stabilizing the quality of bread products in bakeries and catering enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174289>
9. Gobetti M., De Angelis M., Di Cagno R. Sourdough fermentation: from traditional to modern biotechnology. *Food Microbiology*. 2020. Vol. 89. 103104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103104>
10. Gänzle M. G., Zheng J. Lifestyles of sourdough lactic acid bacteria – do they matter for bread quality? *International Journal of Food Microbiology*. 2021. Vol. 339. 109009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.109009>

REFERENCES

1. Lozova, T. M. (2022). Suchasni naukovi doslidzhennia novykh sposobiv polipshennia yakosti i zberihannia khliba [Modern scientific research on new methods of improving bread quality and storage]. *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky*, (32). <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-32-07> [in Ukrainian].
2. Chauhan, K., & Rao, A. (2024). Clean-label alternatives for food preservation: An emerging trend. *Heliyon*, e35815. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35815>
3. Honchar, Ye. R., Naumenko, O. V., Lukianchuk, I. V., Holub, V. O., & Marynchenko, L. V. (2024). Drizhdzhi u khlibopekarskykh zakvaskakh: zahalni vidomosti ta rol u funktsionalnykh protsesakh [Yeasts in bakery sourdoughs: General information and role in functional processes]. *Biotechnologia Acta*, 17(3), 5–15. <https://doi.org/10.15407/biotech17.03.005> [in Ukrainian].
4. Klymenko, S., Kucharska, A. Z., Sokół-Łętowska, A., & Piórecki, N. (2019). Determination of antioxidant capacity and polyphenols contents in fruits of genotypes of *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 3, 315–322.
5. Wojdyło, A., Oszmiański, J., & Bielicki, P. (2013). Polyphenolic composition, antioxidant activity and polyphenol oxidase activity of quince (*Cydonia oblonga*) and Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(11), 2762–2772.
6. Mykhonik, L. A., Hetman, I. A., & Naumenko, O. V. (2023). Efektyvnist zakvasok spontannoho brodinnia z boroshna krupianykh kultur v tekhnolohiiakh khlibnykh vyrobiv [Efficiency of spontaneous fermentation starters from cereal flour in bread technologies]. *Prodovolchi resursy*, 11(20), 28–34. <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-03>[in Ukrainian].
7. Cheliabieva, V. M., & Sosedova, K. Yu. (2025). Vykorystannia zakvasok spontannoho brodinnia ta boroshna bobovykh kultur u vyrobnytstvi zhytno-pshenychnoho khliba [Use of spontaneous fermentation starters and legume flour in rye-wheat bread production]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii*. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2018-3\(13\)-251-257](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2018-3(13)-251-257) [in Ukrainian].
8. Lebedenko, T., Kozhevnykova, V., Kotuzaki, O., & Novychkova, T. (2019). Determining the efficiency of spontaneous sourdough for stabilizing the quality of bread products in bakeries and catering enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174289>
9. Gobetti, M., De Angelis, M., & Di Cagno, R. (2020). Sourdough fermentation: From traditional to modern biotechnology. *Food Microbiology*, 89, 103104. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103104>
10. Gänzle, M. G., & Zheng, J. (2021). Lifestyles of sourdough lactic acid bacteria – do they matter for bread quality? *International Journal of Food Microbiology*, 339, 109009. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.109009>

O. Horobets, PhD, Associate Professor; **T. Sutkovych**, PhD, Associate Professor; **A. Heredchuk**, PhD, Associate Professor; **N. Hnitiu**, Senior Lecturer; **I. Choni**, PhD, Associate Professor (Poltava University of Economics and Trade). **Standardization of parameters for the technology of yeast-free products using natural starter culture based on *Chaenomeles***

Abstract. The scientific results presented in the article reflect an approach to the use of Japanese quince fruits (*Chaenomeles japonica*) as a natural source of organic acids and sugars for the development of an effective natural starter culture in the technology of yeast-free wheat bread. The aim of the study was the scientific substantiation and development of a technology for wheat bread based on the use of a spontaneous fermentation starter obtained from an aqueous infusion of Japanese quince.

The results of experimental studies confirmed the feasibility of using Japanese quince water diluted at a ratio of 1:5 as a nutrient medium for the formation of a stable microbiological association of the starter culture. It was established that under these conditions active development of lactic acid bacteria and acid-tolerant yeasts occurs, an optimal level of acidity is achieved, and a pronounced aromatic profile of the fermented system is formed. In comparison with a conventional apple starter, the medium based on Japanese quince water is characterized by more stable acidity parameters and a reduced risk of undesirable microflora development during fermentation.

Using experimental–statistical modeling methods (Box–Wilson method), the optimal technological parameters for starter cultivation were determined: moisture content – 52%, fermentation time – 120 h, and temperature – 28°C. The obtained results confirm the prospects of using an aqueous extract of Japanese quince as a functional ingredient in the technology of yeast-free wheat bread with enhanced organoleptic properties and increased nutritional value.

Key words: bread, yeast-free starter culture, Japanese quince, fermentation, technological process, organoleptic properties, nutritional value, standardization.

Дата першого надходження статті до видання: 28.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.12.2025