

УДК 664.661.1

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2026.60>

ВПЛИВ ДОДАВАННЯ БУРЯКОВОГО КВАСУ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Ростислав Юрійович Кравченко

аспірант

<https://orcid.org/0000-0007-1974-5001>**Ігор Ярославович Стадник**

доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0003-4126-3256>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
46025, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, Україна**Ірина Михайлівна Белова**

кандидат економічних наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-1497-7133>Західноукраїнського національного університету,
46001 вул. Львівська 11, м. Тернопіль, Україна,

Анотація. Сучасний етап розвитку харчових технологій характеризується активним пошуком натуральних інгредієнтів, здатних підвищувати біологічну цінність продуктів масового споживання та водночас забезпечувати стабільність технологічного процесу. У зв'язку з цим перспективним напрямом є використання ферментованих рослинних напоїв природного походження, зокрема бурякового квасу, отриманого шляхом ферментації буряка з додаванням молочної сироватки та житніх сухарів. Такий підхід дозволяє не лише коригувати харчову та біологічну цінність готових виробів, а й покращувати їх органолептичні та структурно-механічні властивості. Метою роботи є визначення впливу бурякового квасу на перебіг технологічного процесу та показники якості пшеничного хліба. Для оцінювання сировини, напівфабрикатів і готових виробів використано комплекс стандартних і сучасних методів аналізу, які забезпечують визначення хімічного складу, харчової та біологічної цінності, а також фізико-хімічних характеристик тіста і готової продукції. Досліджено вплив бурякового квасу на підйомну силу хлібопекарських дріжджів, інтенсивність кислотонакопичення, структурно-механічні властивості тіста та якість готових виробів. У результаті проведених досліджень встановлено, що оптимальним є заміщення 50 % води буряковим квасом, оскільки саме за таких умов забезпечується раціональний рівень кислотонакопичення та активізація бродильних процесів. Готові вироби характеризуються збільшеним питомим об'ємом, покращеною формостійкістю та більш вираженою еластичністю м'якушки. Органолептична оцінка підтвердила формування рівномірної дрібнопористої структури, приємного смаку й аромату, а також легкого природного відтінку, зумовленого наявністю бурякових пігментів. Завдяки підвищеній гідратації колоїдів м'якушки та присутності продуктів ферментації інтенсивність черствіння хліба сповільнюється на 12–18 годин порівняно з контрольним зразком. Вироби характеризуються високою структурною цілісністю м'якушки та суттєвим зниженням крихтуватості. Отримані результати свідчать про доцільність використання бурякового квасу у технології пшеничного хліба та дозволяють рекомендувати запропоновану технологію для промислового впровадження на підприємствах хлібопекарської галузі.

Ключові слова: пористість, кислотність, вологість, черствіння, бродіння тіста

UDC 664.661.1

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2026.60>

INFLUENCE OF ADDING BEET KVAS ON THE QUALITY INDICATORS OF WHEAT BREAD

Rostyslav Kravchenyuk

Postgraduate student

<https://orcid.org/0000-0007-1974-5001>

Igor Stadnik

Doctor of Technical Sciences, Professor

<https://orcid.org/0000-0003-4126-3256>

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University,
46025, 56 Ruska Str., Ternopil, Ukraine*

Iryna Belova

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,

Western Ukrainian National University, 46001 Lvivska St. 11, Ternopil, Ukraine,

<https://orcid.org/0000-0002-1497-7133>

Abstract. The current stage of food technology development is characterized by an active search for natural ingredients that can enhance the biological value of mass-consumption products while ensuring the stability of the technological process.

In this regard, a promising direction is the use of fermented plant drinks of natural origin, in particular beet kvass, obtained by fermenting beets with the addition of whey and rye crackers. This approach allows not only to adjust the nutritional and biological value of finished products, but also to improve their organoleptic, structural, and mechanical properties. The aim of the work is to determine the influence of beet kvass on the course of the technological process and quality indicators of wheat bread. To evaluate raw materials, semi-finished products, and finished products, a set of standard and modern analytical methods was used, enabling the determination of the chemical composition, nutritional and biological value, and physicochemical characteristics of dough and finished products. The influence of beet kvass on the lifting force of baker's yeast, the intensity of acid accumulation, structural and mechanical properties of dough, and the quality of finished products was studied. As a result of the conducted studies, it was found that the optimal replacement of 50% of water with beet kvass is, since it is under such conditions that a rational level of acid accumulation and activation of fermentation processes are ensured. Finished products are characterized by increased specific volume, improved dimensional stability, and a more pronounced crumb elasticity. Organoleptic evaluation confirmed the formation of a uniform fine-porous structure, pleasant taste and aroma, as well as a light natural shade due to the presence of beet pigments. Due to increased hydration of crumb colloids and the presence of fermentation products, the intensity of bread staleness is delayed by 12–18 hours compared to the control sample. The products are characterized by high structural integrity of the crumb and a significant decrease in friability.

The results obtained indicate the feasibility of using beet kvass in wheat bread technology and allow us to recommend the proposed technology for industrial implementation at enterprises of the baking industry.

Keywords: porosity, acidity, humidity, leavening, dough fermentation

ВСТУП. У сучасних умовах одним із ключових напрямів розвитку хлібопекарської галузі є підвищення харчової цінності продукції шляхом збагачення її есенціальними нутрієнтами відповідно до фізіологічних потреб організму. Одним із ефективних підходів є використання сировини рослинного походження, зокрема продуктів переробки зернових,

бобових та олійних культур, а також інгредієнтів із підвищеним вмістом біологічно активних речовин.

Перспективним напрямом є застосування рослинної сировини різного ступеня переробки – овочевих та фруктово-ягідних пюре, соків, цукатів, а також порошків із гарбуза, шпинату та інших культур. Такі інгредієнти не лише підвищують біологічну цінність виробів, але й впливають на технологічні властивості тіста та якість готової продукції. Особливий інтерес у цьому контексті становлять коренеплоди, зокрема буряк столовий, який є джерелом харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин і комплексу біологічно активних сполук. Завдяки цьому його використання у хлібопекарських технологіях є обґрунтованим як з точки зору підвищення харчової цінності, так і формування функціональних властивостей виробів.

Водночас, ефективність практичної реалізації таких технологічних рішень значною мірою залежить від глибини вивчення біохімічного складу сировини та її впливу на мікробіологічні й колоїдні процеси у тістових системах. Аналіз сучасних наукових розробок та публікацій дозволяє систематизувати наявні підходи до використання продуктів переробки овочевої сировини й окреслити коло невирішених питань, що потребують подальшого дослідження.

У цьому контексті одним із найбільш перспективних рішень є створення інноваційних продуктів функціонального призначення на основі ферментованих інгредієнтів. Значний науково-практичний досвід у цьому напрямі накопичено завдяки дослідженням впливу кисломолочних продуктів, ферментованих овочевих сумішей і напоїв на якість хліба (Drobot and Sylchuk, 2016; Karjuk et al., 2018). Висока біологічна цінність таких добавок зумовлена формуванням унікального біохімічного складу в процесі бродіння, що супроводжується накопиченням есенціальних нутрієнтів та біологічно активних сполук (Shamanska, 2019; Kravchenyuk et al., 2025).

У технології хлібопекарських виробів запропоновано різні підходи до регулювання властивостей тіста, зокрема застосування комплексних підкислювачів і ферментних препаратів (Bondarenko, 2019). Водночас сучасні тенденції свідчать про доцільність використання натуральної сировини, здатної природним шляхом інтенсифікувати мікробіологічні та біохімічні процеси в напівфабрикатах (Drobot and Izhevskaya, 2017; Bondarenko et al., 2019).

Останніми роками спостерігається розширення спектра нетрадиційної рослинної сировини, що використовується у хлібопеченні. До неї належать продукти переробки рослин, ферментовані екстракти, а також функціональні інгредієнти різного походження, які сприяють підвищенню вмісту білків, антиоксидантів і мінеральних речовин та дозволяють коригувати органолептичні характеристики готових виробів (Iorgachova and Lebedenko, 2015; Dufour, and Loonis, 2020). Важливим аспектом є здатність таких інгредієнтів впливати на метаболічну активність мікрофлори та інтенсивність біохімічних перетворень у тісті. Окремі дослідження присвячені використанню компонентів, що забезпечує інтенсифікацію дозрівання заквасок, підвищення підйомної сили та формування оптимальної кислотності тіста (Kravchenyuk, and Stadnyk, 2025). Це позитивно впливає на ароматичні властивості виробів і їхню стабільність під час зберігання.

Показано також ефективність використання бобових культур, зокрема сочевичного борошна, для підвищення харчової цінності хліба та покращення його органолептичних характеристик (Stadnyk, et al., 2020). Крім того, розроблено підходи до оптимізації рецептур житньо-пшеничних виробів із застосуванням комплексних добавок, що містять органічні кислоти, молочну сироватку та ферментні препарати, які забезпечують регулювання кислотності та стабілізацію ферментативної активності тіста (Syrokhman and Zavgorodnya, 2009).

Водночас недостатньо дослідженим залишається вплив бурякового квасу як комплексного ферментованого середовища на технологічні властивості тіста та показники якості пшеничного хліба, що обумовлює актуальність подальших досліджень. Сучасні наукові

тенденції (Syrokhman, and Zavgorodnya, 2009; Pakhomska, 2019; Kravchenyuk, and Stadnyk, 2025) свідчать, що найбільш раціональним напрямом удосконалення хлібопекарських технологій є використання натуральних компонентів. Така сировина здатна природним чином інтенсифікувати мікробіологічні та ферментативні процеси, забезпечуючи покращення якості готової продукції. Застосування природних пігментів, таких як каротиноїди моркви та бетанін буряка, дозволяє формувати привабливе забарвлення м'якушки без використання синтетичних барвників.

Попри значну кількість досліджень, критичний аналіз існуючих технологічних рішень виявляє низку не вирішених питань. Більшість підходів передбачає використання овочевих добавок у вигляді висушених порошоків, що супроводжується підвищеними енерговитратами та частковою втратою термолабільних компонентів під час сушіння.

На відміну від наведених підходів, у даній роботі запропоновано використання бурякового квасу як часткової заміни рідкої фази (води) під час замішування тіста. Перевагою такого рішення є збереження нативного складу біологічно активних речовин, а також позитивний вплив на реологічні властивості тіста, зокрема зміцнення клейковинного каркаса. Це дозволяє знизити або повністю виключити використання хімічних поліпшувачів окиснювальної дії.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу технологічних параметрів приготування пшеничного хліба з борошна першого ґатунку із використанням бурякового квасу на показники якості готової продукції. Отримані результати дозволять розширити асортимент хлібобулочних виробів і обґрунтувати доцільність використання даного виду сировини.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ. Наукове обґрунтування технології пшеничного хліба з використанням ферментованого бурякового квасу як багатофункціонального інгредієнта, а також комплексна оцінка його впливу на біотехнологічні властивості тіста та фізико-хімічні показники якості готової продукції.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Випікання хліба здійснювали з використанням пшеничного борошна першого ґатунку, цукру-піску, пресованих хлібопекарських дріжджів і ферментованого напою, виготовленого на основі столового буряка сорту «Бордо».

До активованої дріжджової суспензії додавали буряковий квас, попередньо розведений водою у співвідношенні 1:1, а також сіль. Замішування тіста здійснювали протягом 5 хв у планетарному міксері GASTROMIX B10C до отримання однорідної еластичної консистенції. Бродіння тривало 90 хв з однією обминкою. Після виброджування тісто ділили на заготовки, формували та піддавали остаточному вистоюванню у змащених формах. Випікання проводили при температурі 200 °C протягом 45 хв з подальшим охолодженням на дерев'яних решітках.

Оцінювання якості напівфабрикатів і готових виробів проводили з використанням стандартних та загальноприйнятих методик. *Підймальна сила дріжджів* визначалася прискореним методом за часом спливання кульки тіста, приготовленого з додаванням досліджуваних збагачувачів (із розрахунку на 7 г борошна) (Bondarenko et al., 2019).

Вологість виробів визначали прискореним термогравіметричним методом згідно з ДСТУ 7045:2009 за втратою маси під час висушування. Пористість розраховували за стандартною методикою згідно з ДСТУ 7044:2009 на основі співвідношення об'єму виїмки м'якушки до її маси з урахуванням густини безпористої маси. Титрометричним методом згідно з ДСТУ 7041:2009 визначали кислотність. Крихкуватість м'якушки оцінювали згідно (Dorokhovych, et al., 2011) за масовою часткою крихт, що утворилися внаслідок механічного впливу на вібраційному змішувачі протягом 5 хв (за методикою ВНДІХ).

Мікробіологічну стійкість оцінювали методом провокаційної проби на «картопляну хворобу» при температурі 37 °C упродовж 24–72 год.

Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням програмного пакета *Statistica 6.0*. Різницю вважали статистично значущою при рівні достовірності $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Якість готових виробів оцінювали через 3 год після випікання, а також у процесі зберігання. Контролем слугував пшеничний хліб, виготовлений за традиційною рецептурою без додавання бурякового квасу. У ході лабораторних випікань встановлено, що використання бурякового квасу сприяє інтенсифікації бродіння тіста. Це, ймовірно, зумовлено наявністю у сировині макроелементів (K, Na, P, Mg, Ca), які виконують роль кофакторів ферментативних реакцій у тістовій системі (Kravchenyuk and Stadnyk, 2025).

Для всіх досліджуваних способів приготування тіста зафіксовано підвищення мікробіологічної активності. Зокрема, при безопарному способі (25–26 °С) встановлено скорочення тривалості досягнення заданої кислотності залежно від частки квасу: контроль – 60 хв; 50% квасу – 45 хв; 70% квасу – 35 хв.

Для візуалізації впливу досліджуваних чинників на основі отриманого рівняння регресії побудовано поверхню відгуку (рис. 1), яка відображає залежність питомого об'єму хліба від тривалості екстрагування (x_1) та гідромодуля (x_3) за фіксованого значення вмісту рослинної сировини на центральному рівні ($x_2 = 0$).

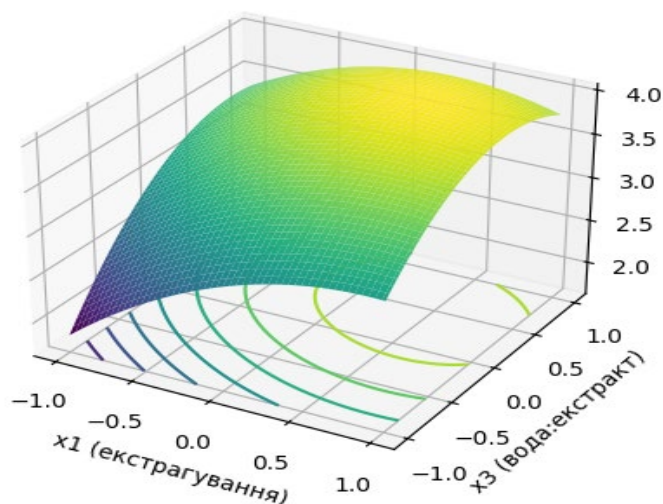


Рисунок 1. Поверхня відгуку залежності питомого об'єму хліба від тривалості екстрагування (x_1) та співвідношення «вода : екстракт» (x_3) за фіксованого значення вмісту рослинної сировини ($x_2 = 0$)

Джерело: розроблено автором

На основі проведених досліджень було побудовано трифакторну квадратичну регресійну модель, що описує вплив технологічних параметрів на питомий об'єм хліба. Після нормування факторів (x_1 – тривалість екстрагування, x_2 – вміст рослинної сировини, x_3 – співвідношення води й екстракту) отримано рівняння регресії:

$$Y = 3.85 + 0.42x_1 + 0.31x_2 + 0.55x_3 + 0.18x_1x_2 - 0.22x_1x_3 + 0.15x_2x_3 - 0.36x_1^2 - 0.41x_2^2 - 0.48x_3^2$$

Найбільший позитивний вплив на питомий об'єм має співвідношення «вода : екстракт» ($b_3 = 0,55$), що визначає оптимальну консистенцію тіста для утримання вуглекислого газу. Чинник тривалості екстрагування ($b_1 = 0,42$) також є вагомим, що пояснюється збагаченням середовища поживними речовинами для бродіння. Наявність коефіцієнтів b_{12} , b_{13} та b_{23} вказує на складну залежність між компонентами рецептури та режимами підготовки екстракту.

Від'ємні значення при квадратах факторів ($-0,36x_1^2$, $-0,41x_2^2$ та $-0,48x_3^2$) математично підтверджують, що функція має точку максимуму. Це свідчить про наявність чітко визначених оптимальних значень для кожного фактора, перевищення яких призводить до зниження якості та питомого об'єму виробу.

Графічне відображення отриманої математичної моделі у вигляді поверхні відгуку (рис. 1) дозволяє візуалізувати характер впливу чинників x_1 та x_3 на питомий об'єм хліба. Як видно з рис. 1, поверхня має чітко виражену область максимуму. Найвищі значення питомого об'єму (понад $3,8 \text{ см}^3/\text{г}$) досягаються за значень факторів, що близькі до верхньої межі планування (в області $+0,5... +1,0$ у кодіваних одиницях). Зокрема, інтенсивне зростання показника спостерігається при збільшенні співвідношення «вода : екстракт» (x_3), що забезпечує оптимальні реологічні параметри тістової системи.

Кривизна поверхні та наявність ліній рівного виходу на проекції (нижня частина графіка) свідчать про те, що обидва чинники мають синергічний вплив, проте вплив гідромодуля (x_3) є більш стрімким порівняно з тривалістю екстрагування (x_1). Це узгоджується з отриманими значеннями коефіцієнтів регресії $b_3 = 0,55$ та $b_1 = 0,42$.

Оптимізацію рецептури здійснювали на основі комплексної оцінки якості виробів залежно від дозування добавки. За органолептичними показниками (форма, стан скоринки та м'якушки, питомий об'єм) дослідні зразки відповідали нормативним вимогам і не поступалися контролю. Найвищі показники якості отримано для хліба, виготовленого опарним способом. Це пояснюється більш глибокими біохімічними перетвореннями білково-вуглеводного комплексу борошна в умовах двофазного бродіння за наявності біологічно активних компонентів квасу.

Порівняльний аналіз зовнішнього вигляду напівфабрикатів і готових виробів (рис. 2) виявив покращення структури тіста та стану м'якушки у зразках з використанням бурякового квасу з додаванням 10 % молочної сироватки.

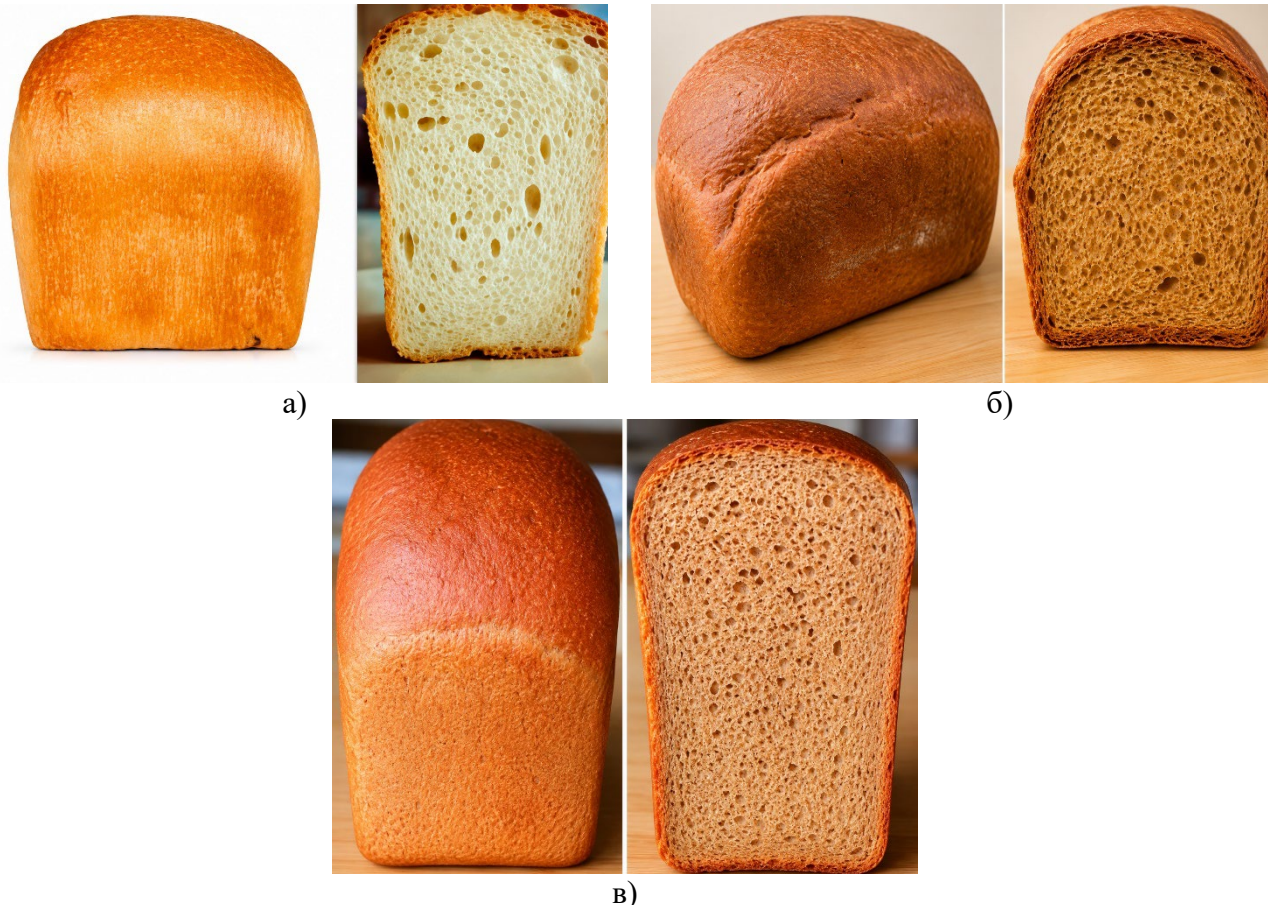


Рисунок 2. Зразки хліба: а) – контроль; б) – безопарний спосіб; в) – опарний спосіб

Аналіз фізико-хімічних показників показав, що дослідний зразок характеризується підвищеною кислотністю порівняно з контролем, що узгоджується з інтенсифікацією бродильних процесів. Пористість виробів із додаванням бурякового квасу становила 65,0–65,2%, що відповідає нормативним значенням і рівню контрольного зразка. Розвинена пориста структура забезпечує кращі споживчі властивості виробів, зокрема сприяє їхній засвоюваності.

Встановлено, що застосування бурякового квасу сприяє збагаченню хліба біологічно

Візуальний аналіз дослідних зразків (рис. 2б) виявив характерні відмінності від контролю, зумовлені специфікою хімічного складу бурякового квасу. Зокрема, скоринка набула вираженого рожевого відтінку, а м'якушка – жовтувато-коричневого забарвлення. Смаковий профіль виробів збагатився специфічними кислуватими нотками, притаманними ферментованим продуктам.

Результати кількісного аналізу фізико-хімічних параметрів представлені у таблиці 1. Дослідження проводили на зразках з різним співвідношенням компонентів: Дослідження проводили на зразках, що відображають характерні точки плану експерименту: контроль – хліб за традиційною рецептурою без використання добавок; зразок №1 – з мінімальним вмістом рослинної сировини ($x_2 = 15\%$) та мінімальним гідромодулем (x_3); зразок №2 – з мінімальним вмістом рослинної сировини ($x_2 = 15\%$) та максимальним гідромодулем (x_3); зразок №3 – з підвищеним вмістом рослинної сировини ($x_2 = 50\%$) та мінімальною тривалістю екстрагування (x_1); зразок №4 – з підвищеним вмістом рослинної сировини ($x_2 = 50\%$) та максимальною тривалістю екстрагування (x_1).

Таблиця 1. Фізико-хімічні характеристики хліба з додаванням бурякового квасу

Показники	Контроль	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3	Зразок №4
Вологість, %	44,0±0,2	43,5±0,2	43,5±0,2	44,0±0,2	44,0±0,2
Пористість, %	72,0±0,5	69,0±0,5	69,0±0,5	71,0±0,5	73,0±1,0
Крихтуватість, %	2,6±0,1	0,7±0,1	0,7±0,1	1,1±0,1*	1,3±0,1*
Кислотність, град.	2,5±0,2	3,0±0,1	3,0±0,1	4,0±0,1*	4,2±0,1*

Джерело: авторська розробка

Примітка: * $P < 0,05$ – статистично значуща різниця відносно контролю.

Масова частка вологи у більшості дослідних зразків залишалася стабільною. Найвищі показники пористості (73,0±1) отримано для зразка № 4. Це свідчить про інтенсифікацію процесів газоутворення та формування структури тіста внаслідок синергетичної дії компонентів бурякового квасу та молочної сироватки. М'якушка всіх зразків характеризувалася високою еластичністю та здатністю до відновлення форми після деформації.

У зразках № 3 і № 4 зафіксовано підвищену кислотність (4,0 та 4,2 град. відповідно), що зумовлено накопиченням органічних кислот у процесі ферментації. При цьому зразок № 4, незважаючи на вищу кислотність, відзначався найбільш гармонійними органолептичними характеристиками. Використання бурякового квасу сприяло також зниженню крихтуватості виробів: її значення були достовірно нижчими порівняно з контролем, що вказує на зміцнення білково-полісахаридного комплексу м'якушки. З урахуванням отриманих результатів як оптимальний обрано зразок № 4, для якого крихтуватість була в середньому у 2 рази нижчою порівняно з контрольним варіантом. Подальші дослідження були спрямовані на оцінку змін показників якості під час зберігання.

Зберігання виробів здійснювали при температурі (19 ± 0,2) °С протягом 3 діб. Динаміку змін основних показників наведено на рис. 3.

Отримані зразки пшеничного хліба з борошна 1-го гатунку з додаванням бурякового квасу, порівняно з контрольною групою, характеризувалися підвищеною стійкістю до черствіння (на 15–20%) та більш інтенсивним ароматом, що зумовлено накопиченням органічних сполук у процесі ферментації.

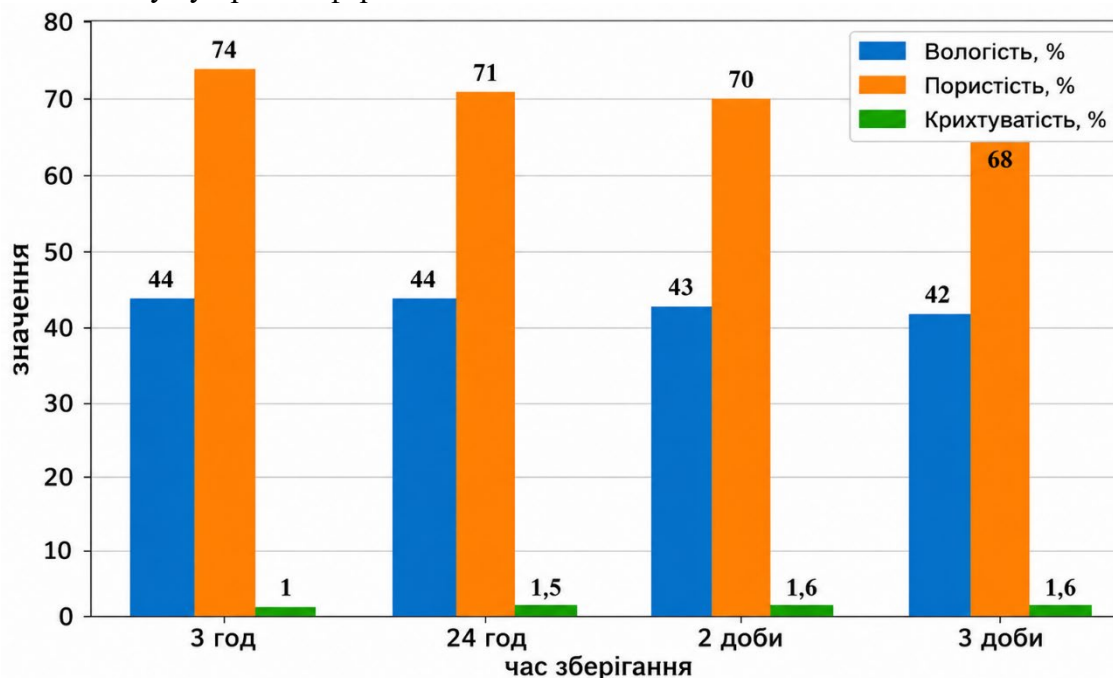


Рисунок 3. Вплив тривалості зберігання на якісні характеристики пшеничного хліба з використанням ферментованої сировини

Примітка: результати подано як середнє значення \pm стандартне відхилення; статистичну значущість відмінностей оцінювали при $p < 0,05$.

Джерело: розроблено автором

Як видно з рис.3, використання квасу сприяє стабілізації структурно-механічних властивостей м'якушки: показник крихтуватості змінюється незначно протягом усього періоду зберігання (у межах 1,3–1,6%). Встановлено, що найбільш інтенсивне зниження вологості спостерігається протягом першої доби зберігання (з 44,0 до 43,6%), після чого темпи її втрати уповільнюються. Одночасно відбувається поступове зниження пористості (з 73,0 до 69,8%), що свідчить про ущільнення структури м'якушки. На третю добу зберігання м'якушка набуває помірної жорсткості, а характерний кислуватий присмак стає більш вираженим.

Зміна частини води на буряковий квас суттєво корегує реологічний профіль пшеничного тіста. Зниження активної кислотності середовища під дією квасу обмежує набухання білків клейковини, спричиняючи часткову дегрегацію білкових молекул і зниження динамічної в'язкості на початкових етапах замішування. Пектинові речовини та бетаїн бурякового квасу утворюють колоїдну систему, яка зв'язує вільну вологу, підвищуючи коагуляційну структуру тіста та підтримуючи його формотримувальні властивості.

Результати комплексних досліджень впливу бурякового квасу на технологічні показники пшеничного хліба свідчать про високу ефективність використання ферментованих систем як багатофункціональних природних поліпшувачів. Встановлена нами інтенсифікація процесів бродіння та дозрівання тіста повністю корелює із загальносвітовими тенденціями хлібопекарської галузі, що спрямовані на скорочення тривалості виробничого циклу за умови збереження або покращення якісних характеристик готової продукції.

Особливої уваги заслуговує аналіз реологічних властивостей тістових мас. Ми пов'язуємо цей ефект із пластифікуючою дією вільних цукрів та специфічних органічних комплексів, що містяться в основі бурякової сировини. Зазначена закономірність частково

перегукується з результатами досліджень (Stadnyk et al., 2020). Проте, якщо у згаданій праці науковий акцент було зміщено на кінетику замішування в апаратах ротаційного типу як домінуючий механічний фактор, то дослідження розширює це розуміння, розкриваючи біохімічну природу явища. Зокрема, встановлено, що зниження в'язкості та підвищення пластичності системи відбувається внаслідок цілеспрямованої взаємодії компонентів ферментованого квасу з білково-протеїназним комплексом пшеничного борошна. Це дозволяє оптимізувати структуру тіста вже на початкових етапах його формування, забезпечуючи стабільні реологічні параметри незалежно від коливань механічного впливу.

У контексті панівного глобального тренду на мінімізацію використання синтетичних поліпшувачів, результати нашої роботи корелюють із концепціями (Lebedenko et al., 2014) та (Aguera & Abasi, 2018). Згадані автори обґрунтовують стратегічну пріоритетність розроблення продуктів функціонального спрямування. Спільним у наших підходах є використання природних агентів для корекції технологічних недоліків сировини та підвищення харчової цінності готових виробів. Однак, на відміну від результатів де акцент зміщено на застосування суто рослинних екстрактів, ми пропонуємо складну ферментовану систему. Використання бурякового квасу виступає ефективною біотехнологічною альтернативою хімічним поліпшувачам, оскільки він синергетично поєднує властивості біологічного розпушувача та природного нутрієнтного збагачувача.

Науковий інтерес до бурякового квасу як рецептурного компонента зумовлений його унікальним біохімічним профілем, який наразі залишається недостатньо реалізованим у промислових масштабах. Запропонована технологія ферментованого напою, що інтегрує властивості молочної сироватки та житнього солоду, дозволяє акумулювати переваги декількох інгредієнтів у єдиній технологічній системі. Такий мультикомпонентний підхід узгоджується з фундаментальними дослідженнями авторів (Drobot and Sylchuk, 2016; Drobot and Izhevskaya, 2017). У цих працях науково обґрунтовано доцільність поєднання молочної сироватки з продуктами переробки зерна для інтенсифікації технологічних процесів. Проте, якщо у дослідженнях (Drobot and Sylchuk, 2016) основна роль відведена корекції вуглеводно-амілазного комплексу, то наше використання бурякової основи додатково забезпечує хлібобулочні вироби специфічними біоактивними сполуками, зокрема бетанінами та пектиновими речовинами, що посилює детоксикаційні властивості кінцевого продукту.

Експериментально підтверджено, що поєднання бурякового квасу з молочною сироваткою створює оптимальне поживне середовище для бродильної мікрофлори тіста. Отримані дані узгоджуються з висновками Lebedenko, (2014) та (Gawlik-Dziki et al., 2023) щодо позитивного впливу рослинних екстрактів на метаболічну активність мікроорганізмів. Висока концентрація вітамінів групи В та есенціальних мікроелементів (Mg, K, I, Mn, Fe), що переходять у квас із буряка та житньої сировини, інтенсифікує ферментативні процеси, що, своєю чергою, прискорює дозрівання напівфабрикатів.

Окремо слід відзначити специфічну роль молочної сироватки у складі квасу як стимулятора розвитку молочнокислих бактерій. Це чітко відображається на динаміці накопичення кислотності: у дослідному зразку № 4 цей показник сягнув $4,2 \pm 0,1$ град., що на $1,7$ град. перевищує контрольні значення. На відміну від результатів досліджень, де використовувалися штучні підкислювачі, встановлене нами підвищення титрованої кислотності має природне походження. Це не лише формує виразний, гармонійний смаковий профіль готових виробів, а й виконує функцію біоконсерванту, що суттєво пролонгує термін збереження свіжості хліба та захищає його від мікробіологічного псування.

Таким чином, часткова заміна водної фази буряковим квасом є високоефективним технологічним прийомом, який дозволяє скоротити виробничий цикл та харчову цінність пшеничного хліба. Розроблена технологія є кроком вперед у порівнянні з існуючими аналогами, оскільки дозволяє синтезувати переваги молочної сироватки, житнього солоду та столового буряка в межах однієї рецептурної одиниці. Це забезпечує реологічну стабільність тіста без застосування синтетичних добавок. Результати свідчать, що використання

бурякового квасу як природного модифікатора та нутрієнтного коректора забезпечує пшеничному хлібу вагому конкурентну перевагу на ринку продуктів функціонального призначення.

ВИСНОВКИ. Розроблено комплексну технологію пшеничного хліба з використанням бурякового квасу (50% до маси борошна) як багатофункціонального інгредієнта. Встановлено, що застосування квасу при опарному способі приготування стимулює метаболізм бродильної мікрофлори та прискорює дозрівання тіста, забезпечуючи оптимальний рівень кінцевої кислотності напівфабрикатів.

Доведено, що використання ферментованого бурякового напою позитивно впливає на якість готових виробів: хліб характеризується рівномірною тонкостінною пористістю, високою структурною цілісністю м'якуша та суттєвим зниженням крихтливості. Специфічний хімічний склад добавки дозволяє ефективно уповільнювати процеси черствіння.

Науково обґрунтовано підвищення біологічної цінності розроблених виробів за рахунок збагачення їх есенціальними мінеральними елементами (K, Fe) та антиоксидантами. Органічні сполуки квасу та сироватки забезпечують посилену резистентність хліба до мікробіологічного псування, що гарантує стабільну якість продукту протягом тривалого терміну зберігання.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

- Arueya, C. C., & Abasi, O. A. (2018). Proximate composition, physical and sensory properties of carrot–wheat flour bread. *Food Science and Technology*, 38(1), 164–169.
- Bondarenko, S. A. (2019). Research on the influence of carrot flour on the quality of bread. *Collection of Scientific Works of the National University of Chemistry and Technology*, 25(2), 85–91.
- Bondarenko, Y., Mykhonik, L., Bilyk, O., Kochubei-Lytvynenko, O., Andronovych, G., & Hetman, I. (2019). The use of golden flax seeds and oat sourdough in the production of wheat bread. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11), 46–55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174643>
- Dorokhovych, A. V., Lazarijeva, T. O., & Obolkina, V. I. (2011). *Technology of confectionery and bakery production*. Firma INKOS.
- Drobot, V. I., & Izhevskaya, O. P. (2017). The use of flaxseed meal to give bread health properties. *Grain Storage and Processing*, 209(1), 47–49.
- Drobot, V. I., & Sylchuk, T. A. (2016). Using spontaneous fermentation sourdough in the production of rye–wheat bread. *Scientific Works of the National University of Food Technologies*, 22(1), 180–184.
- Dufour, C., & Loonis, M. (2020). Kinetics of the oxidation of lutein and zeaxanthin in a model of liquid–solid extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(15), 4456–4463.
- Gawlik-Dziki, U., et al. (2023). Bioactive compounds retention in vegetable-enriched bakery products: The role of fermentation. *Food Chemistry*, 395, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101097>
- Iorgachova, K. G., & Lebedenko, T. E. (2015). *Bakery products for health purposes using phytoadditives*. K-Press.
- Karpyk, G. V., Kukhtyn, M. D., Selskyi, V. R., et al. (2018). Research on the technological properties of beet kvass for bread making. *Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology Named after S. Z. Gzhytskyi*, 23(96), 3–7.
- Kravchenyuk, R., & Stadnyk, I. (2025). Influence of the properties of beet kvass on the quality of wheat bread. *Health of Man and Nation*, 3(1), 37–49.
- Kravchenyuk, R. Yu., Stadnyk, I. Ya., Piddubnyi, V. A., & Veselovska, T. Ye. (2025). The influence of dough preparation methods with the addition of table beet kvass on the quality indicators of

- wheat bread. *Tavria Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences*, (1), 393–399. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.39>
- Lebedenko, T. Ye., Novichkova, T. N., & Kozhevnikova, V. O. (2014). Role of bakery products in human health formation and ways to improve their quality using phytoadditives. *Visnyk of Donetsk National University of Economics and Trade*, 1(61), 79–89.
- Pakhomska, O. V. (2019). Scientific approach to the creation of functional bakery products. *Scientific Works of the National University of Food Technologies*, 25(2), 276–283.
- Shamanska, O. M. (2018). Technology of beverages for therapeutic and prophylactic purposes using beets. *Collection of Scientific Works of Young Scientists, Postgraduates and Students of Odessa National Academy of Food Technologies*, 100–101.
- Stadnyk, I., Piddubnyi, V., Krasnozhon, S., & Antoshkova, N. (2020). Influence of reduction on adhesive properties. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 76–87. <https://doi.org/10.5219/1195>
- Syrokhnman, I. V., & Zavgorodnya, V. M. (2009). *Commodity science of functional food products*. TsUL.