Отримано 18.09.2026, прийнято 02.11.2026, опубліковано 22.12.2026 ISSN 2786-8974 (Online)

УДК 664.6:635.7
https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2026.119

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ФІТОНЦИДІВ В ТЕХНОЛОГІЇ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Родіон Станіславович Рибчинський
кандидат технічних наук, доцент
https://orcid.org/0000-0001-8396-5315
Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, вул. Виставкова, 16, м. Київ, Україна
Анастасія Тарасівна Лялик
кандидат технічних наук, доцент
https://orcid.org/0000-0003-3013-1784
Христина Юріївна Кравченюк
кандидат технічних наук, доцент
https://orcid.org/0000-0002-7547-6834
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
46001, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, Україна
Олена Миколаївна Очколяс
кандидат технічних наук, доцент
https://orcid.org/0000-0002-8483-578X
Любов Володимирівна Ткаченко
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
https://orcid.org/0000-0003-2731-1178
Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041, вул. Виставкова, 16, м. Київ, Україна

Анотація. Актуальним напрямом сучасних досліджень у технології пшеничного хліба є використання рослинної сировини з біологічно активними речовинами, які мають антимікробний ефект, що сприяє подовженню терміну зберігання готового хлібу. Вираженими антибактеріальні та протигрибкові властивості мають фітонциди деяких видів рослин. Саме фітонциди відносяться до біологічно активних речовин рослин і виробляються для захисту від мікроорганізмів, грибків і шкідників, тому використання у виробництві хліба рослинної сировини, яка містить фітонциди є перспективним завданням для науковців.

У статті представлено результати дослідження доцільності та ефективності використання фітонцидів рослинної сировини в технології виготовлення пшеничного хліба. Вивчено вплив натуральних фітонцидних компонентів (коріння хрону; часнику, цибулі, цедри лимону, екстрактів ромашки та насіння кропу) на мікробіологічну стійкість та якість готових виробів.

Наведено порівняльний аналіз органолептичних, фізико-хімічних характеристик зразків хліба з додаванням 15% визначеної рослинної сировини до класичної рецептури пшеничного хліба. Встановлено антимікробну дію використання фітонцидів визначених видів сировини у хлібі: показник КМАФАМ через чотири доби після випікання був у 3,6; 2,4; 3 рази менший (відповідно у зразках № 2, № 3 та № 4) порівняно з контрольним зразком.

Визначено, що кількість внесених натуральних фітонцидних добавок не погіршують технологічні властивості тіста. Результати дослідження показали, що фітонциди додаткової сировини позитивно впливають на аромат і смак готового продукту. Відмічено, що додавання кореня хрону позитивно вливає на свіжість хліба, а зразок хліба з внесенням екстракту ромашки та насіння кропу мав найбільший об’єм порівняно з іншими зразками та контролем.

 Creative Commons Attribution 4.0 International Public License

Практична цінність одержаних результатів полягає: в доведенні доцільності внесення до класичної рецептури пшеничного хліба рослинної сировини, яка містить фітонциди, а також дає змогу розширити асортимент хліба та збільшити термін його зберігання.

Ключові слова: *рослинна сировина, біологічно активні речовини, заміс, зразки хліба, мікробіологічна стійкість, термін зберігання.*

UDC664.6:635.7
https://doi.org/10.31548/humanhealth.4.2026.119

RESEARCH ON THE USE OF PHYTONCIDES IN WHEAT BREAD TECHNOLOGY

Rodion Rybchynskyi
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
https://orcid.org/0000-0001-8396-5315
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
03041, Vystavkova St., 16, Kyiv, Ukraine Kyiv, Ukraine
Anastasiia Lialyk
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
https://orcid.org/0000-0003-3013-1784
Khrystyna Kravcheniuk
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
https://orcid.org/0000-0002-7547-6834
Ternopil Ivan Puluj National Technical University
46001, Ruska Str., 56, Ternopil, Ukraine
Olena Ochkolyas
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
https://orcid.org/0000-0002-8483-578X
Lyubov Tkachenko
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
https://orcid.org/0000-0003-2731-1178
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
03041, Vystavkova St., 16, Kyiv, Ukraine

Abstract. A relevant direction of modern research in wheat bread technology is the utilization of plant raw materials rich in bioactive substances with antimicrobial effects, which contributes to extending the shelf life of finished bread. Phytoncides found in certain plant species exhibit distinct antibacterial and antifungal properties. As bioactive plant substances produced for defense against microorganisms, fungi, and pests, the incorporation of phytoncide-containing plant raw materials into bread production represents a promising challenge for researchers.

This article presents the results of a study investigating the feasibility and efficiency of utilizing plant-derived phytoncides in wheat bread technology. The impact of natural phytoncide components (horseradish root, garlic, onion, lemon zest, chamomile extracts, and dill seeds) on the microbiological stability and quality of finished products was examined.

A comparative analysis of the organoleptic and physicochemical characteristics of bread with the addition of 15% of the specified plant raw materials to the classic wheat bread formulation is provided. The antimicrobial effect of using phytoncides from designated types of raw materials in bread was established: four days after baking, the total aerobic microbial counts in samples No. 2, No. 3, and No. 4 were, respectively, 3.6, 2.4, and 3 times lower than the control sample.

It was determined that the amount of natural phytoncide additives introduced does not impair the dough's technological properties. The research results demonstrated that phytoncides from the supplementary raw materials positively affect the finished product's aroma and taste. Notably, the

addition of horseradish root improves bread freshness, while the bread sample enriched with chamomile extract and dill seeds exhibited the largest volume among the samples and the control.

The practical value of the results lies in demonstrating the feasibility of incorporating phytoncide-rich plant raw materials into the classic wheat bread formulation, thereby diversifying the bread assortment and extending its shelf life.

Key words: plant raw materials, biologically active substances, dough, bread samples, microbiological stability, shelf life.

ВСТУП. У сучасному хлібопекарстві все більше уваги приділяють створенню функціональних продуктів, які можуть не лише забезпечувати організм необхідними поживними речовинами, а й мати додаткову користь для здоров'я людини (Amoah et al., 2022). Одним із можливих напрямів є використання рослинної сировини, багатої на біологічно активні речовини (Horach et al., 2024), зокрема фітонциди. До рослин, які містять такі сполуки, належать часник, цибуля, хрін, імбир, базилік, кріп та інші. Фітонциди мають природну здатність стримувати розвиток окремих мікроорганізмів, тому їх використання у виробництві хліба є досить перспективним.

Додавання фітонцидної рослинної сировини до пшеничного хліба може позитивно впливати на його харчову та біологічну цінність. Разом із рослинними компонентами до складу виробу надходять вітаміни, мінеральні речовини, антиоксиданти та інші біологічно активні сполуки. Особливо цінними є вітаміни групи В та вітамін С. Завдяки цьому використання такої сировини можна розглядати як один із способів урізноманітнення складу хлібобулочних виробів (Melguizo-Rodríguez et al., 2022).

Важливою властивістю фітонцидів є також їх природна антимікробна дія. Вони можуть стримувати розвиток небажаної мікрофлори та пліснявих грибів, що особливо важливо під час зберігання хліба. Це може сприяти довшому збереженню його свіжості та дає можливість частково зменшити потребу у використанні додаткових консервувальних речовин (Redondo-Blanco et al., 2020).

Не менш важливим є вплив рослинних добавок на смакові та ароматичні властивості хліба. Залежно від виду використаної сировини вироби можуть набувати приємного пряного аромату, характерного смаку та більш виражених органолептичних властивостей. Це робить хліб із рослинними компонентами цікавішим для споживача та дає можливість створювати нові види продукції (Nouska et al., 2023).

Використання фітонцидних рослинних добавок у виробництві пшеничного хліба є перспективним напрямом. Така продукція може поєднувати звичні споживчі властивості хліба з додатковими функціональними характеристиками, що особливо актуально для дієтичного, профілактичного та інших видів спеціалізованого харчування.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ. У сучасному харчовому виробництві спостерігається активне впровадження інноваційних технологій, орієнтованих на створення функціональних та оздоровчих продуктів (Hrishchenko, 2025).

Способи покращання якості хлібобулочних виробів базуються на частковій заміні пшеничного борошна іншими видами, а також пропонують використання різних рослинних добавок (Simakhina et al., 2019; Tkachenko et al., 2025). Найбільш перспективним є спосіб додавання до рецептури рослинної сировини, який дає змогу не тільки розширити асортимент, а також покращити споживчі властивості готових виробів.

Одним із найперспективніших напрямів є використання рослинної сировини – зокрема овочів, пряноощів, фітонцидних культур та екстрактів – у рецептурах хлібобулочних виробів. Це підтверджується численними науковими дослідженнями, присвяченими підвищенню біологічної цінності, мікробіологічної стійкості та функціональних властивостей хліба (Horach et al., 2024; Sokot et al., 2026). Наприклад, за результатами досліджень, встановлено, що додавання таких рослинних інгредієнтів, як часник, цибуля,

шпинат, гарбуз, імбир, хрін, сприяє збагаченню хліба вітамінами, антиоксидантами, клітковиною та фітонцидами. Зокрема, введення 0,5 - 1,0% пасти або порошку з цибулі та часнику дозволяє зменшити ризик пліснявіння хліба, зберігаючи його свіжість до 5 - 7 днів без додаткових консервантів.

У роботах українських науковців також наголошено на тому, що рослинна сировина позитивно впливає на органолептичні властивості хліба, надаючи приємного смаку й аромату, а також може виступати як натуральний замінник частини цукру, солі або жиру, що відповідає стандартам правильного харчування.

В деяких наукових статтях описують застосування рослинних компонентів часнику та цибулі у поєднанні, що створює природний комплекс захисту, який не потребує додавання синтетичних консервантів до хлібобулочних виробів. Упродовж століть у різних суспільствах часник застосовували для боротьби з інфекційними хворобами. Нещодавні дослідження підтвердили, що він є дієвим проти багатьох грампозитивних, грамнегативних та кислотостійких бактерій. Крім того, він містить такі фітонцидні речовини, як аліцин, які мають потужну антибактеріальну, противірусну та протигрибкову дію (Bayan et al., 2014).

Цибуля багата на кверцетин, ефірні олії та сірковмісні сполуки, що також мають антисептичний ефект і підтримують імунну систему. Додавання лушпиння цибулі (2% - 3%) значно покращило антиоксидантні властивості хліба. Флавоноїди лимона (0,50 %; отриманий з лимонної шкірки) посилював антиоксидантну активність хліба. Дослідження показали, що бажаний смак можна зберегти, додавши до 0,50 % флавоноїду лимона, оскільки додавання більшої кількості надає хлібу гіркий присмак (Ohyabu et al., 2008; Gawlik-Dziki et al., 2008).

Використання фітонцидів хрону в хлібопеченні є ефективним способом збагачення виробу біологічно активними речовинами природного походження. Хрін (лат. *Armoracia rusticana*) – одна з найпотужніших фітонцидних рослин, багата на глікозиди (сінігрин), ферменти (мірозин), ефірні олії та вітаміни. Він відомий своєю сильною антибактеріальною, протигрибковою та протизапальною дією**,** що створює широкі перспективи для застосування його як натуральної добавки у виробництві функціонального хліба. Основні фітонцидні речовини хрону це: сінігрин, що має потужну антисептичну сполуку; ефірні олії антимікробної активності**,** що знищують патогенні бактерії й плісняву; аскорбінова кислота, як антиоксидант (Icka et al., 2018; Walters, 2021).

У роботах науковців зазначено, що ефірні олії, які містяться у кропі, мають потужну антибактеріальну та протигрибкову дію, що дозволяє гальмувати розвиток плісняви на хлібі та продовжувати термін зберігання без застосування штучних консервантів. Також доведено, що додавання сушеного або екстрагованого кропу (у межах 0,3 - 0,5% до маси борошна) покращує аромат хліба, не змінюючи структуру м’якушки.

Щодо ромашки лікарської *(Matricaria chamomilla)*, наукові джерела свідчать про високий вміст флавоноїдів, ефірних олій, які забезпечують протизапальні, антисептичні та антиоксидантні властивості. Зокрема, у дослідженнях показано, що використання водного або спиртового екстракту ромашки як добавки до тіста сприяє зменшенню мікробного забруднення та зменшує активність умовно-патогенних бактерій, крім того вироби набувають легкий квітковий аромат. У деяких авторів зазначається, що фітонциди ромашки у хлібі позитивно впливають на антиоксидантну активність продукту, зменшують окислення жирів та сприяють збереженню свіжості протягом 4–6 днів (Khaki et al., 2012; Craig, 1999).

Результати Kerbab K. та інших авторів свідчать, що додавання ромашки лікарської *(Matricaria chamomilla)*, особливо у кількості 30%, покращує харчову цінність та антиоксидантні властивості хліба, зберігаючи при цьому сенсорні характеристики, близькі до традиційного хліба (Kerbab et al., 2025).

Таким чином, проаналізувавши наукові джерела підтвердили доцільність додавання рослинних добавок до складу пшеничного хліба з метою покращення його оздоровчих властивостей, що особливо актуально в умовах сучасного попиту на безпечні та корисні продукти харчування.

МЕТОЮ СТАТТІ є дослідження впливу рослинної сировини збагаченої фітонцидами, на показники якості та мікробіологічної стійкості пшеничного хліба.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Дослідження здійснювали на кафедрі харчової біотехнології і хімії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Як основу використано рецептуру класичного пшеничного формового хліба, за безопарним способом приготування. Взято рецептуру хліб пшеничний формовий (Drobot, 2019). До складу якого входить пшеничне борошно першого сорту, дріжджі пресовані, сіль, олія соняшникова.

Для дослідження було обрано сировину багату на фітонциди (табл.1).

Таблиця 1. Кількісні показники фітонцидних речовин у складі обраної для досліджень рослинної сировини

№ за/п	**Назва рослинної сировини**	**Головна фітонцидна сполука (активний компонент)**	**Середній вміст ефірної олії (%)**	**Кількісний вміст діючої речовини**
1	Корінь хрону (свіжий)	Алілізотіоціанат (продукт розпаду глікозиду синігріну)	0,05 – 0,2%	Глікозид синігрін 0,15–0,25%
2	Ромашка лікарська (сухі квітки)	Хамазулен, альфа-бісаболол	0,3 – 1,5%	Хамазулен 1–15% від маси ефірної олії
3	Стебла кропу (зелень)	Карвон, фелландрен та лімонен	2,5 – 4,0%	Карвон до 50% антимікробної активності олії фелландрен 20–30% та лімонен 15–20%
4	Часник (свіжі зубчики)	Аліцин	0,1 – 0,4%	Аліцин 0,2 – 0,5% від свіжої маси
5	Цибуля ріпчаста (цибулина)	Тіосульфінати, дисульфіди	0,01 – 0,05%	0,03% сірковмісних сполук
6	Лимон (шкірка плодів)	Лимонен (монотерпен)	1,0 – 3,0%	Лимонен 90% від об'єму ефірної олії шкірки

Джерело: розроблено авторами

На основі контрольного (зразок №1) за класичною рецептурою розроблено три варіанти замісів тіста з використанням рослинної сировини. Зроблено 4 заміси. Контрольний заміс це зразок №1. В три інші заміси вносили додаткову рослинну сировину в кількості 15 %.

Для приготування зразка №2 хліба пшеничного формового з додаванням хрону: підготували коріння хрону та подрібнювали до дрібнодисперсного стану. Вносили у заміс розрахункову кількість підготовленого хрону замість відповідної кількості пшеничного борошна з урахуванням зменшення кількості води за рахунок вологості хрону.

Для зразка №3 хліба пшеничного формового з ромашкою та кропом підготували водну витяжку. Сухі квіти ромашки та підготовлену зелень кропу подрібнювали та змішували у співвідношенні 1:1, далі заливали водою температурою 50 °С у співвідношенні рослинна сировина – вода 1:10. Екстрагування проводили протягом 20 хв за періодичного перемішування. Після цього витяжку фільтрували, охолоджували та використовували для приготування замісу тіста замість 15% води.

Для зразка №4 хліба пшеничного формового з цибулею, часником та цедрою лимона – компоненти попередньо очищували та піддавали механічному тонкому подрібненню, а цедру лимона тонко натирали. Компоненти використовували у співвідношенні 2:1:1, відповідно цибуля:часник:цедра лимона. Розрахункову кількість підготовленої суміші вносили замість 15 % пшеничного борошна з урахуванням зменшення води за рахунок вологості внесених рослинних інгідієнтів.

Використовували пресовані хлібопекарські дріжджі «Ензим» з розрахунку 2% від кількості борошна. Час бродіння замісів тіста становив 15 хв за температури 26 °С. Тістові заготовки вистоювалися 55 хвилин у формах. Випікання тривало 36 хвилин за температури 200 °С.

Через чотири години випікання в отриманих виробах контролі, зразках № 2,3,4 визначали органолептичні якісні показники: зовнішній вигляд, стан поверхні, колір, запах, смак. Оцінювання органолептичних показників якості виробів проводили згідно з ДСТУ 7044:2009.

Фізико-хімічні показники готових виробів (масова частка вологи в мякушці, кислотність мякушки, пористість м'якушки визначали через 5 годин після випікання та проводили за ДСТУ 7517:2024; ДСТУ 7045:2009.

Мікробіологічні показники (КМАФАМ, БГКП, дріжджі, плісняві гриби та гнилісні бактерії) у готових виробах визначали у готовому хлібі та через 4 доби після випікання відповідно до ДСТУ EN ISO 4833-1:2014; ДСТУ ISO 21527-1:2014; ДСТУ 8051:2015.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ. Результати наших досліджень показали, що всі виготовлені зразки хліба відповідають встановленим вимогам якості для цього виду продукції. Водночас, із додаванням сировини збагаченої фітонцидами, тісто добре підросло порівняно з контрольним зразком. Це зумовлено наявністю у такій сировині додаткових ефірних олій, що мають позитивний вплив на бродіння та піднімання тіста. Завдяки цьому покращуються показники якості готової продукції.



Рисунок 1. Зовнішній вигляд дослідних зразків хліба
Джерело: отримано авторами в результаті експериментальних досліджень

Використання рослинних добавок, збагачених біологічно активними речовинами, зокрема фітонцидами, помітно вплинуло на формування органолептичних характеристик хлібобулочних виробів (табл. 2). Проведене органолептичне оцінювання засвідчило, що всі досліджувані зразки хліба характеризувалися правильною формою, відсутністю тріщин і

підривів скоринки, а також незначною шорсткістю поверхні, що свідчить про збереження належних структурно-механічних властивостей виробів за умов внесення рослинної сировини.

Таблиця 2. Органолептичні показники готових виробів

Назва показників	**Характеристика**			
	Зразок 1 хліб пшеничний формовий (контроль)	**Зразок 2 хліб пшеничний формовий з додаванням хрону**	**Зразок 3 хліб пшеничний формовий з додаванням ромашки та кропу**	**Зразок 4 хліб пшеничний формовий з додаванням цибулі, часнику та цедри лимона**
Зовнішній вигляд	Виріб правильної форми, без деформацій, рівномірно пропечений	Форма зберігається, поверхня дещо темніша, без значних деформацій	Правильної формової форми	Правильної формової форми, можливі незначні включення цибулі, часнику та цедри
Стан поверхні	Поверхня гладка, без тріщин і підривів	Поверхня гладка, без тріщин і підривів	Поверхня гладка, без тріщин і підривів	Поверхня рівна, з поодинокими часточками рослинних добавок
Колір	Світло-золотистий, рівномірний	Золотисто-коричневий, дещо темніший за контрольний	Золотистий із незначним зеленуватим відтінком	Золотисто-коричневий, з незначними темнішими вкрапленнями
Запах	Властивий пшеничному хлібу, приємний, без сторонніх запахів	Властивий пшеничному хлібу, з характерним легким ароматом хрону	Хлібний, з приємним ароматом ромашки та кропу	Виражений приємний аромат цибулі та часнику з легкою цитрусовою нотою цедри лимона
Смак	Властивий пшеничному хлібу, приємний, без стороннього присмаку	Приємний, із характерним, помірно гострувати присмаком хрону	Приємний, із характерними легкими нотами ромашки та кропу	Приємний, із характерними пікантними нотами цибулі та часнику

Джерело: розроблено авторами на основі проведених досліджень

Водночас додавання рослинних компонентів позначилося на зовнішньому вигляді, забарвленні м’якушки та формуванні смако-ароматичних характеристик готової продукції. Зміни кольору м’якушки можуть бути пов’язані з наявністю у складі рослинних витяжок природних пігментів, фенольних сполук та інших біологічно активних компонентів, здатних впливати на забарвлення виробів під час технологічного оброблення. Найбільш виражені органолептичні зміни спостерігалися у зразку № 3, виготовленому з додаванням витяжок ромашки та кропу. Поєднання зазначених рослинних компонентів могло зумовити специфічні

особливості забарвлення м'якушки та формування характерних ароматичних відтінків, пов'язаних із присутністю ефірних олій та інших летких сполук рослинного походження. Отримані результати вказують на необхідність урахування виду та співвідношення рослинних добавок під час розроблення рецептур хлібобулочних виробів функціонального призначення, оскільки їх внесення може впливати не лише на біологічну цінність продукції, а й на її споживчі властивості та органолептичну привабливість.



Рисунок 2. Зовнішній вигляд дослідних зразків хліба в розрізі:
1 – хліб пшеничний формовий (контроль); 2 – хліб пшеничний формовий з додаванням хрону; 3 – хліб пшеничний формовий з додаванням ромашки та кропу; 4 – хліб пшеничний формовий з додаванням цибулі, часнику та цедри лимона.
Джерело: отримано авторами в результаті експериментальних досліджень

Для кількісної характеристики якості хліба та встановлення відповідності досліджуваних зразків нормативним вимогам проводили фізико-хімічні дослідження, які наведено у табл. 3.

Таблиця 3. Фізико хімічні показники якості готових виробів (n=3, p≤0,05)

Виріб	**Масова частка вологи в мякушці, %**	**Кислотність мякушки, град**	**Пористість мякушки, %, не менше як**
Зразок 1 Хліб пшеничний формовий (контроль)	42,0	2,6	75
Зразок 2 Хліб пшеничний формовий з додаванням хрону	41,0	3,0	73
Зразок 3 Хліб пшеничний формовий з додаванням ромашки та кропу	42,5	2,8	73
Зразок 4 Хліб пшеничний формовий з додаванням цибулі, часника та цедри лимона	43,0	2,9	70

Джерело: розроблено авторами на основі проведених досліджень

Відповідно до стандарту у готовому хлібі через 4 доби після випікання визначали мікробіологічні показники (КМАФАМ, БГКП, дріжджі, плісняві гриби та гнилісні бактерії). Дослідження проводилися за стандартною методикою згідно ДСТУ EN ISO 4833-1:2014.

Таблиця 4. Мікробіологічні показники готових зразків хліба (n=3, p≤0,05)

Мікробіологічні показники, КУО/г	**Зразок 1 Хліб пшеничний формовий (контроль)**	**Зразок 2 Хліб пшеничний формовий з додаванням хрону**	**Зразок 3 Хліб пшеничний формовий з додаванням ромашки та кропу**	**Зразок 4 Хліб пшеничний формовий з додаванням цибулі, часника та цедри лимона**
КМАФАМ	$1{,}0\times10^3$	$1{,}0\times10^3$	$1{,}0\times10^3$	$1{,}0\times10^3$
БГКП	н/в	н/в	н/в	н/в
Дріжджі	< 100	< 100	< 100	< 100
Плісняві гриби	< 100	< 100	< 100	< 100
Гнилісні бактерії	$< 10^3$	$< 10^3$	$< 10^3$	$< 10^3$

Джерело: розроблено авторами на основі проведених досліджень

Таблиця 5. Мікробіологічні показники зразків хліба під час зберігання на 4 добу (n=3, p≤0,05)

Мікробіологічні показники, КУО/г	**Зразок 1 Хліб пшеничний формовий (контроль)**	**Зразок 2 Хліб пшеничний формовий з додаванням хрону**	**Зразок 3 Хліб пшеничний формовий з додаванням ромашки та кропу**	**Зразок 4 Хліб пшеничний формовий з додаванням цибулі, часнику та цедри лимона**
КМАФАМ	$3{,}6\times10^3$	$1{,}0\times10^3$	$1{,}5\times10^3$	$1{,}2\times10^3$
БГКП	н/в	н/в	н/в	н/в
Дріжджі	< 100	< 100	< 100	< 100
Плісняві гриби	< 100	< 100	< 100	< 100
Гнилісні бактерії	$< 10^3$	$< 10^3$	$< 10^3$	$< 10^3$

Джерело: розроблено авторами на основі проведених досліджень

Одержані результати також узгоджуються з даними Jimenez Negro et al. (2022), які досліджували фітохімічний склад і функціональні властивості ферментованих та неферментованих екстрактів кореня хрону (*Armoracia rusticana*). Дослідниками встановлено, що антимікробні властивості цієї рослинної сировини пов'язані, зокрема, з наявністю ізотіоціанатів, які утворюються внаслідок ферментативного перетворення глюкозинолатів. Спільною рисою дослідження є використання кореня хрону як джерела природних антимікробних компонентів. Відмінність полягає в тому, що автори вивчали хімічний склад і функціональні властивості екстрактів, тоді як у нашому дослідженні використовували подрібнений корінь хрону безпосередньо в технології пшеничного хліба. Вплив добавки оцінювали за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками готових виробів. На четверту добу зберігання кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів у зразку з хроном становила $1{,}0 \times 10^3$ КУО/г

порівняно з 3,6 × 10^3 КУО/г у контрольному зразку. Отримані результати свідчать про нижчий рівень мікробного обсіменіння хліба з додаванням хрону за досліджених умов.

Перспективність застосування ромашки в технології хлібобулочних виробів підтверджено в роботі Kerbab et al. (2025), які досліджували вплив ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla*) на харчову цінність, фізико-хімічні властивості, антиоксидантну активність і сенсорні характеристики пшеничного хліба. Авторами встановлено, що використання порошку та настою ромашки сприяє підвищенню антиоксидантної активності й зміні нутрієнтного складу готових виробів, водночас вплив добавки залежить від її форми та концентрації.

Подібний підхід до збагачення хлібобулочних виробів рослинною сировиною представлено в дослідженні Ateeq et al. (2023), присвяченому використанню порошку цибулевого лушпиння в технології функціонального хліба. На відміну від зазначеної роботи, у нашому дослідженні застосовували композицію свіжої подрібненої цибулі, часнику та лимонної цедри, ефективність якої оцінювали за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками.

На четверту добу зберігання кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів у дослідному зразку становила 1,2 × 10^3 КУО/г, що втричі менше порівняно з контролем 3,6 × 10^3 КУО/г. Отримані результати свідчать про нижчу чисельність зазначеної групи мікроорганізмів у дослідному зразку. Водночас через комплексне внесення рослинних компонентів встановлений ефект не можна однозначно пов’язати з дією окремого інгредієнта.

Одержані результати частково узгоджуються з дослідженням Gómez-Mejía et al. (2023), у якому вивчали збагачення пшеничного хліба фенольним екстрактом зі шкірки мандарина (*Citrus reticulata* Blanco). Автори встановили, що використання фенольного екстракту зі шкірки мандарина (*Citrus reticulata* Blanco) у технології пшеничного хліба сприяє підвищенню вмісту флавоноїдів та антиоксидантної активності готових виробів.

Антимікробні властивості часникової сировини досліджували Maietti et al. (2025), які оцінювали вплив порошку чорного часнику на функціональні характеристики пшеничного хліба та його стабільність під час зберігання. Авторами встановлено, що внесення цієї рослинної добавки сприяє підвищенню антиоксидантної активності готових виробів і зменшенню розвитку мікроорганізмів у процесі зберігання.

Функціональні властивості кропу як джерела біологічно активних сполук досліджували Jannesar et al. (2024), зосередивши увагу на фізико-хімічних характеристиках і антибактеріальній активності мікрокапсульованої ефірної олії кропу (*Anethum graveolens*). Автори розглядали мікрокапсулювання як спосіб стабілізації ефірної олії та досліджували її антибактеріальну дію щодо окремих представників мікрофлори ротової порожнини. Отримані результати засвідчують перспективність використання ефірної олії кропу як джерела природних сполук із потенційною антимікробною активністю та обґрунтовують науковий інтерес до рослинної сировини цього виду в розробленні продуктів із цілеспрямовано сформованими функціональними властивостями.

Одержані результати узгоджуються з дослідженням Kerbab et al. (2025), у якому вивчали вплив порошку та настою ромашки (*Matricaria chamomilla L.*) на фізико-хімічні, антиоксидантні й органолептичні характеристики пшеничного хліба. Авторами встановлено, що внесення ромашкової сировини сприяє підвищенню вмісту фенольних сполук, флавоноїдів та антиоксидантної активності готових виробів, водночас впливаючи на забарвлення м’якушки, текстуру та смако-ароматичні властивості. Зокрема, використання ромашкового настою забезпечувало формування м’якого трав’яного аромату, тоді як додавання порошку могло спричиняти появу гіркуватого присмаку. Це підтверджує важливість вибору форми внесення рослинної сировини для забезпечення прийнятних органолептичних характеристик хлібобулочних виробів.

Подібні закономірності встановлено у дослідженні Nouska et al. (2023), присвяченому оцінюванню впливу рослинної сировини орегано, розмарину, меліси та м'яти на фізико-хімічні й органолептичні властивості пшеничного хліба. Автори встановили, що внесення рослинних компонентів у кількості 1–2 % спричиняло потемніння скоринки та м'якушки, формування характерних ароматичних відтінків і підвищення антиоксидантної активності готових виробів. Водночас основні текстурні характеристики хліба залишалися відносно стабільними, тоді як надмірне внесення рослинних добавок негативно позначалося на споживчому сприйнятті продукції. Зазначені результати частково узгоджуються з одержаними експериментальними даними та підтверджують, що використання рослинної сировини потребує обґрунтування оптимального дозування для забезпечення належної якості хлібобулочних виробів.

Вплив рослинних екстрактів на формування органолептичних властивостей хлібобулочних виробів також досліджували Kessler et al. (2022), які розглядали можливість використання екстрактів розмарину (*Rosmarinus officinalis L.*), одержаних із застосуванням екологічно орієнтованих методів екстрагування. Автори приділили увагу хімічному складу рослинних екстрактів та їхньому впливу на органолептичні характеристики збагаченого хліба. Зокрема, встановлено зв'язок окремих летких компонентів розмарину з формуванням свіжих і трав'янистих ароматичних відтінків. Результати цього дослідження підтверджують доцільність урахування складу ароматичних сполук рослинної сировини під час розроблення рецептур хлібобулочних виробів, оскільки вони можуть суттєво впливати на сприйняття смаку й аромату готової продукції.

Проведені мікробіологічні дослідження довели вплив фітонцидів на показник КМАФАМ, у готових виробах їх кількість була значно нижчою порівняно з контролем. Це свідчить про антимікробну дію фітонцидів, що сприяє тривалішому зберіганню хліба.

ВИСНОВКИ. За результатами проведених досліджень встановлено, що додавання у хліб з пшеничного борошна 15% різних варіантів додаткової сировини, яка містить фітонциди (коріню хріну; водних екстрактів квітів ромашки та листя кропу; суміші цибулі, часнику та цедри лимону), збагачує продукт на біологічно активні речовини, позитивно впливають на аромат і смак готового продукту та дає змогу подовжити терміни зберігання виробів.

Встановлено антимікробну дію використання фітонцидів визначених видів сировини у хлібі: показник КМАФАМ через чотири доби після випікання був у 3,6; 2,4; 3 рази менший (відповідно у зразках № 2, № 3 та № 4 порівняно з контролем.

Результати мікробіологічних досліджень підтвердили пролонговану антимікробну дію фітонцидних сполук досліджуваної рослинної сировини у складі розроблених зразків пшеничного хліба.

Встановлено, що на четверту добу зберігання показник кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАМ) у дослідних зразках № 2, № 3 та № 4 був відповідно у 3,6; 2,4 та 3,0 раза меншим порівняно з контрольним зразком, що свідчить про ефективне пригнічення розвитку сторонньої мікрофлори.

Одержані результати можна рекомендувати для використання у крафтових пекарнях для розширення асортименту пшеничного хліба з новими смаками, покращеними властивостями та збільшеною тривалістю зберігання.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає.

References

Amoah, I., Cairncross, C., Osei, E. O., Yeboah, J. A., Cobbinah, J. C., & Rush, E. (2022). Bioactive Properties of Bread Formulated with Plant-based Functional Ingredients Before Consumption and Possible Links with Health Outcomes After Consumption—A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 77(3), 329–339. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9463282/

Ateeq, H., Ahmad, R. S., Imran, M., Afzaal, M., & Shah, M. A. (2023). Valorization and structural characterization of onion peel powder for the development of functional bread. *International Journal of Food Properties*, 26(1), 2553–2562. https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2250573

Bayan, L., Koulivand, P. H., & Gorji, A. (2014). Garlic: A review of potential therapeutic effects. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 4(1), 1–14. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4103721/

Craig, W. J. (1999). Health-promoting properties of common herbs. The American *Journal of Clinical Nutrition*, 70(3), 491S–499S. https://doi.org/10.1093/ajcn/70.3.491s

Drobot, V. I. (2019). Dovidnyk z tekhnolohii khlibopekarskoho vyrobnytstva [Handbook of bakery production technology] (2nd ed., revised and expanded). Kyiv: ProfKnyha. 580 p.

Gawlik-Dziki, U., Świeca, M., Dziki, D., Baraniak, B., Tomiło, J., & Czyż, J. (2013). Quality and antioxidant properties of breads enriched with dry onion (Allium cepa L.) skin. *Food Chemistry*, 138(2–3), 1621–1628. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.151

Gómez-Mejía, E., Sacristán, I., Rosales-Conrado, N., León-González, M. E., & Madrid, Y. (2023). Valorization of Citrus reticulata Blanco peels to produce enriched wheat bread: Phenolic bioaccessibility and antioxidant potential. *Antioxidants*, 12(9), 1742. https://doi.org/10.3390/antiox12091742

Horach, O. O., Polodiuk, R. I. (2024). Use of Medicinal Plant Raw Materials in the Technology of Producing Functional Bakery Products. *Tavriyskyi Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences*, (5), 100-107. https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.11

Icka, P., & Damo, R. (2018). Reheni (Armoracia rusticana) and wheat of Qabesë (Trigonella foenum-graecum): Two undervalued local varieties. *Journal of Agriculture and Animal Production Science for Rural Development*, 8(2), 17–26.

Jannesar, N., Bassiri, A., Ghavami, M., Ahmadi Chenarbon, H., & Ghiassi Tarzi, B. (2024). Investigation of physicochemical and antibacterial properties of dill (Anethum graveolens L.) microencapsulated essential oil using fluidized bed method. *Food Chemistry*: X, 23, 101708. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101708

Jimenez Negro, E., Sendker, J., Stark, T., Lipowicz, B., & Hensel, A. (2022). Phytochemical and functional analysis of horseradish (Armoracia rusticana) fermented and non-fermented root extracts. *Fitoterapia*, 162, 105282. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2022.105282

Kerbab, K., Sanah, I., Djeghim, F., Belattar, N., Santoro, V., D'Elia, M., & Rastrelli, L. (2025). Nutritional Composition, Physicochemical Properties, Antioxidant Activity, and Sensory Quality of Matricaria chamomilla-Enriched Wheat Bread. *Foods*, 14(5), 838. https://doi.org/10.3390/foods14050838

Kessler, J. C., Vieira, V., Martins, I. M., Manrique, Y. A., Ferreira, P., Calhelha, R. C., Afonso, A., Barros, L., Rodrigues, A. E., & Dias, M. M. (2022). Chemical and organoleptic properties of bread enriched with Rosmarinus officinalis L.: The potential of natural extracts obtained through green extraction methodologies as food ingredients. *Food Chemistry*, 384, 132514. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132514

Khaki, M., Sahari, M. A., & Barzegar, M. (2012). Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of chamomile (Matricaria chamomilla L.) essential oil on cake shelf life. *Journal of Medicinal Plants*, 11(43), 9–18.

Maietti, A., Marchetti, N., Baraldo, N., Fontana, R., & Tedeschi, P. (2025). Black garlic powder as an ingredient to enhance the functional and sensorial properties of bread and its shelf life. *Applied Sciences*, 15(9), 5174. https://doi.org/10.3390/app15095174

Melguizo-Rodríguez, L., García-Recio, E., Ruiz, C., De Luna-Bertos, E., Illescas-Montes, R., & Costela-Ruiz, V. J. (2022). Biological properties and therapeutic applications of garlic and its components. *Food & Function*, 13, 2415–2426. https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2022/fo/d1fo03180e

Nouska, C., Irakli, M., Georgiou, M., Lytou, A. E., Skendi, A., Bouloumpasi, E., Chatzopoulou, P., Biliaderis, C. G., & Lazaridou, A. (2023). Physicochemical Characteristics, Antioxidant Properties, Aroma Profile, and Sensory Qualities of Value-Added Wheat Breads Fortified with Post-Distillation Solid Wastes of Aromatic Plants. *Foods*, 12(21), 4007. https://doi.org/10.3390/foods12214007

Ohyabu, K., Kimura, T., & Miyake, Y. (2008). Effect of Lemon Flavonoid on the Properties of Bread. *Journal of Cookery Science of Japan*, 41(5), 297–303. https://doi.org/10.11402/cookeryscience1995.41.5_297

Redondo-Blanco, S., Fernández, J., López-Ibáñez, S., Miguélez, E. M., Villar, C. J., & Lombó, F. (2020). Plant Phytochemicals in Food Preservation: Antifungal Bioactivity: A Review. *Journal of Food Protection*, 83(1), 163–171. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-163

Simakhina, G.O., Naumenko, N.V. (2019). The feasibility of using medicinal herbs in the food industry. *Academic notes of TNU named after V.I. Vernadskyi. Series*: *Technical sciences*, 6,140-145.

Sokot, O., & Bisko, N. (2026). The Use of Plant and Fungal Additives in the Production of Bakery Products. Herald of Khmelnytskyi National University. *Technical Sciences*, 369(5), 175-180. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-369-22.

State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy. (2010). DSTU 7045:2009. Bakery products. Methods for determining physicochemical parameters. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83710.

State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy. (2010). DSTU 7045:2009. Bakery products. Methods for determining physicochemical parameters. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine.

State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy. (2014). DSTU EN ISO 4833-1:2014. Microbiology of the food chain. Horizontal method for the enumeration of microorganisms. Part 1: Colony count at 30 °C by the pour plate technique. Kyiv: Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine.

State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy. (2014). DSTU ISO 21527-1:2014. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds. Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95. Kyiv: Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine.

State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy. (2015). DSTU 8051:2015. Bakery products. Methods for determining microbiological indicators. Kyiv: Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine.

Tkachenko, L., Ochkolyas, O., Ivaniuta, A., Kharsika, I., & Momot, I. (2025). Use of plant raw materials to increase the biological value of muffins. *Human and nation's Health*, 3(2), 81-92. https://doi.org/10.31548/humanhealth.2.2025.81.

Walters, S. A. (2021). Horseradish: A Neglected and Underutilized Plant Species for Improving Human Health. *Horticulturae*, 7(7), 167. https://doi.org/10.3390/horticulturae7070167