

УДК 664.644.2

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.38>

ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ВИРОБНИЦТВА ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ CO₂-ЕКСТРАКТІВ ПРЯНО-АРОМАТИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ КРОПУ ТА КУНЖУТУ

Коляновська Л. М. – кандидат технічних наук, доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій Вінницького національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-8645-3515

Хліб залишається важливим джерелом енергії, білків, вуглеводів, клітковини, вітамінів і мінералів, що робить його незамінною частиною раціону людини. Особливо цінним є хліб із цільнозернового та житнього борошна, багатий клітковиною, яка сприяє нормалізації травлення, контролю ваги та рівня цукру в крові.

Додавання CO₂-екстрактів кропу та коріандру до житньо-пшеничного хліба дозволяє підвищити його біологічну цінність за рахунок збереження антиоксидантів, ефірних олій та інших корисних речовин. Використання CO₂-екстракції забезпечує високу якість екстрактів і їхню ефективність у збагаченні хлібобулочних виробів. Запропонована технологія виготовлення житньо-пшеничного хліба з рослинними екстрактами має наукову новизну та практичне значення, оскільки поєднує інноваційні підходи і традиційні методи. Визначено оптимальні концентрації добавок для досягнення балансу між покращенням смакових властивостей і збереженням корисних речовин: рецептура № 1 по 0,2 г екстрактів CO₂ та рецептура № 2 по 0,1 г екстрактів CO₂ з додатковою композицією сушених трав чебрецю, орегано. Практичне значення: розроблена рецептура і технологія можуть бути успішно впроваджені у хлібопекарську промисловість для створення продуктів із додатковими функціональними властивостями. Такий продукт здатен відповідати зростаючому попиту на здорове харчування і посилити конкурентоспроможність виробників. Виробництво хліба зі збагаченим складом відкриває нові можливості для харчової промисловості, орієнтованої на підтримку здоров'я споживачів. Для виконання поставленого завдання переслідувались наступні задачі: огляд сучасних технологій виробництва хлібобулочних виробів із використанням рослинних екстрактів. Дослідження особливостей CO₂-екстрагування кропу та коріандру та оцінка біологічно активних компонентів отриманих екстрактів. Розробка рецептури житньо-пшеничного хліба з додаванням CO₂-екстрактів кропу та коріандру. Дослідження впливу доданих екстрактів на міхмічний склад, органолептичні та функціональні характеристики хліба. Визначення показників безпеки та якості розробленого продукту. Оцінка потенційної споживчої привабливості та практичного застосування розробленої технології у хлібопекарській промисловості.

Ключові слова: CO₂-екстракти, кріп, коріандр, житньо-пшеничний хліб, рослинні екстракти, біологічна цінність.

Kolianovska L. M. Innovative approach to the production of rye-wheat bread using CO₂ extracts of aromatic-spicy components of dill and sesame

Bread remains an important source of energy, proteins, carbohydrates, fiber, vitamins, and minerals, making it an essential part of the human diet. Particularly valuable is bread made from whole grain and rye flour, which is rich in fiber that promotes digestion regulation, weight control, and blood sugar balance.

The addition of CO₂ extracts of dill and coriander to rye-wheat bread enhances its biological value by preserving antioxidants, essential oils, and other beneficial compounds. The use of CO₂ extraction ensures high-quality extracts and their effectiveness in enriching baked goods. The proposed technology for producing rye-wheat bread with plant extracts is scientifically innovative and practically significant, as it combines innovative approaches with traditional methods. Optimal additive concentrations were determined to achieve a balance between improved taste properties and the preservation of beneficial substances: Formula No. 1 includes 0.2 g of CO₂ extracts, while Formula No. 2 contains 0.1 g of CO₂ extracts with an additional blend of dried thyme and oregano herbs. Practical significance. The developed recipe and technology can be successfully implemented in the baking industry to create functional products with additional health benefits. This product meets the growing demand for healthy nutrition and enhances the

competitiveness of manufacturers. The production of bread with an enriched composition opens new opportunities for the food industry, focusing on consumer health support. To achieve the set goal, the following tasks were pursued: Review of modern bread production technologies incorporating plant extracts. Investigation of the CO₂ extraction process of dill and coriander and evaluation of the bioactive components in the obtained extracts. Development of a rye-wheat bread recipe with added CO₂ extracts of dill and coriander. Study of the impact of added extracts on the chemical composition, organoleptic properties, and functional characteristics of bread. Determination of safety and quality indicators of the developed product.

Assessment of potential consumer appeal and practical application of the proposed technology in the baking industry.

Key words: CO₂ extracts, dill, coriander, rye-wheat bread, plant extracts, biological value.

Постановка проблеми. Хліб – це більше, ніж просто продукт харчування. Він забезпечує організм енергією і корисними речовинами, сприяє підтримці здоров'я та гарного самопочуття. Завдяки багатству вітамінів, мінералів і клітковини, хліб залишається важливою частиною нашого раціону, яка допомагає підтримувати енергію, здоров'я і активність у повсякденному житті.

Останнім часом все більше уваги приділяється розробці нових видів хлібобулочних виробів, які, окрім основної харчової функції, мають і додаткові корисні властивості. Зростаючий попит на продукти зі збагаченим складом, які можуть підтримати здоров'я, посилити імунітет і сприяти травленню, відкриває нові можливості для харчової промисловості.

У цьому контексті житньо-пшеничний хліб із додаванням екстрактів кропу та коріандру, отриманих за допомогою сучасної CO₂-екстракції, є особливо актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для хлібопекарної промисловості підвищення білкової цінності хлібобулочних виробів є одним із найважливіших завдань, яке слід вирішувати не тільки збільшенням виробництва пшеничних хлібобулочних виробів із борошна односортного помелу та підвищених виходів. Дуже ефективним є шлях включення до рецептури й складу хліба харчових за природою високобілкових добавок з більш високим, ніж у білках зерна і борошна, вмістом лізину та метіоніну. Так в праці [1] розглядаються різні підходи до збагачення хліба білковими добавками, зокрема з високим вмістом лізину та метіоніну, що сприяє підвищенню його харчової цінності. Дослідження [2] аналізує вплив додавання лізину та метіоніну для поживної цінності та органолептичних властивостей хліба, підтверджуючи покращення амінокислотного профілю продукту. Стаття [3] досліджує збагачення пшеничного хліба соєвим білковим ізолятом та концентратом сироваткового білка, що призводить до підвищення вмісту незамінних амінокислот, включаючи лізин та метіонін.

Серед продуктів тваринного походження в якості добавок найбільш бажаними є молочні продукти – цільне молоко, сир, сухе знежирене молоко, сухе цільне молоко та молочні сироватки: сирна, підсирна та інші. Особливо бажаним і ефективним є використання сироваток у їхньому згущеному, а ще краще – у висушеному стані. У цій статті [4] досліджується вплив додавання сухої молочної сироватки на якість хлібобулочних виробів. Результати показують, що використання сухої молочної сироватки в дозуванні 3–5% до маси борошна позитивно впливає на якість хліба, зокрема на його об'єм, пористість та тривалість зберігання свіжості. Стаття [5] розглядає вплив кислої молочної сироватки на якість хліба із суміші пшеничного та кукурудзяного борошна. Дослідження показують, що додавання молочної сироватки покращує органолептичні властивості хліба та подовжує термін його зберігання. У цій праці [6] аналізується доцільність застосування

сухої молочної сироватки у виробництві хліба. Встановлено, що додавання сухої молочної сироватки підвищує харчову цінність виробів та сприяє подовженню терміну їх зберігання.

Серед інших харчових продуктів тваринного походження для білкового збагачення хліба можуть бути використані не тільки молочні продукти, але також рибне харчове борошно і білки бичачої крові. Так в праці [7] досліджується вплив додавання рибного борошна на харчову цінність та органолептичні властивості хліба. Результати показують, що введення рибного борошна підвищує вміст білка та незамінних амінокислот у готовому продукті. А дослідження [8] аналізує можливість використання білків бичачої крові як добавки у виробництві хліба. Встановлено, що така добавка підвищує вміст білка та покращує амінокислотний склад хлібобулочних виробів. В статтях [9, 10] розглядає ефективність використання різних джерел тваринних білків, включаючи рибне борошно та білки крові, для підвищення харчової цінності хліба. Результати свідчать про позитивний вплив цих добавок на вміст білка та амінокислотний профіль продукту.

Великі білкові ресурси містяться також у білках бобових і олійних культур, які є більш повноцінними за амінокислотним складом, ніж білки основних зернових культур. Перше місце в цьому відношенні слід відвести білкам соєвих бобів. У статті [11] розглядаються харчові та функціональні властивості соєвих білків, підкреслюючи їхній збалансований амінокислотний профіль та високу біологічну цінність. Дослідження [12] порівнює харчову цінність білків бобових та зернових культур, зазначаючи переваги бобових щодо вмісту незамінних амінокислот. Стаття [13] аналізує амінокислотний склад та харчову якість різних олійних шротів, включаючи соєвий, підкреслюючи їхню перевагу над зерновими білками.

Збагачення хлібобулочних виробів мінеральними речовинами є важливим напрямом у харчовій промисловості, спрямованим на підвищення їхньої харчової цінності та забезпечення споживачів необхідними мікроелементами. У цьому огляді [14] розглядаються різні методи збагачення хліба кальцієм, їх вплив на органолептичні властивості та біодоступність мінералу. Автори аналізують ефективність різних сполук кальцію та їх взаємодію з іншими інгредієнтами хліба. Стаття [15] присвячена збагаченню пшеничного борошна залізом та його впливу на якість хліба. Розглядаються різні форми заліза, їх стабільність під час випікання та вплив на смак, колір і текстуру готового продукту. Дослідження [16] аналізує вплив додавання цинку на харчову цінність та органолептичні характеристики хліба. Результати показують, що збагачення хліба цинком може підвищити його поживну цінність без значного впливу на смакові властивості. У даній праці [17] розглядаються технологічні аспекти виробництва хліба, збагаченого селеном, та його потенційні переваги для здоров'я. Автори обговорюють джерела селену, методи його введення в тісто та вплив на якість хліба.

Найбільш актуальним є збагачення вітамінами хліба з борошна низького виходу, бідного на вітаміни.

Щодо вітамінів, наявних у зерні, а, отже, і в борошні та хлібі, підвищення їх вмісту в хлібі може бути досягнуто двома шляхами: 1) підвищенням вмісту вітамінів у зерні шляхом селекції, спрямованої на це, і 2) застосуванням таких методів помолу зерна на сортове борошно, при яких зародок, найбільш багатий вітамінами, повністю залишається в борошні. А також використання способу, доволі популярного в сучасній технології, – збагачення додатковою сировиною в якості добавок до тіста з метою поліпшення хімічного складу, в т.ч. і розширення вітамінного ряду.

Найбільше значення має збагачення хліба вітаміном B₂, вміст якого в зерні, борошні та хлібі є найменшим. Збагачення хліба вітаміном B₂ (рибофлавіном) є актуальною темою, оскільки його вміст у зерні, борошні та готових хлібобулочних виробів зазвичай низький. Рибофлавін відіграє ключову роль у метаболізмі та енергетичному обміні організму, тому його дефіцит може призвести до різних порушень здоров'я. У зарубіжних наукових дослідженнях розглядаються різні підходи до збагачення хліба рибофлавіном. Так, у статті [18] аналізуються методи додавання вітамінів групи B, включаючи рибофлавін, до хлібобулочних виробів, а також їх вплив на органолептичні властивості та стабільність вітамінів під час випікання. Інше дослідження [19] вивчає вплив додавання рибофлавіну на харчову цінність та споживчі характеристики хліба. Результати показують, що збагачення хліба рибофлавіном може суттєво підвищити його вміст у готовому продукті без негативного впливу на смак та текстуру.

Також варто зазначити, що в деяких країнах збагачення борошна та хліба вітамінами групи B є обов'язковою практикою для запобігання дефіциту цих нутрієнтів у населення.

У монографії [20] наведені розробки новітніх технологій борошняних виробів із заданими властивостями з метою покращення харчування людини. З метою збагачення борошняних виробів біологічно активними природними речовинами досліджений хімічний склад гарбуза, екстракт зеленого чаю, меду бджолиного соняшникового, меду бджолиного квіткового. Розроблені і запропоновані оптимальні рецептури і технології переробки різних видів продовольчої сировини: гарбуза, екстракту зеленого чаю, меду бджолиного соняшникового, меду бджолиного квіткового. З урахуванням опірних даних експериментальних дослідів і узагальнення традиційних технологій розроблена загальна технологічна схема виробництва, окремі технології і рецептури борошняних виробів із заданими властивостями [20].

У дослідженні [21] вивчено вплив додавання лляного та соняшникового борошна на реологічні властивості тіста та якість хліба. Результати показали покращення харчової цінності та текстури виробів. Дослідження [22] аналізує вплив додавання насіння чіа на якість пшеничного хліба, включаючи його поживну цінність та органолептичні властивості. У цій роботі [23] розглядається використання борошна з гарбузового насіння як добавки до пшеничного тіста, що призводить до підвищення вмісту білка та мінералів у готовому хлібі. Дослідження [24] присвячене впливу додавання борошна кіноа на якість безглютенового хліба, зокрема на його текстуру та смакові характеристики. Ця стаття [25] досліджує вплив додавання борошна із зелених бананів на фізико-хімічні властивості пшеничного хліба та його засвоюваність крохмалю.

Додавання екстрактів пряно-ароматичних рослин в хлібопеченні розглядали ряд науковців. У статті [26] розглядається вплив додавання екстрактів пряно-ароматичних рослин на якість та безпечність хлібобулочних виробів. Дослідження показує, що використання таких екстрактів сприяє покращенню органолептичних властивостей та збільшенню терміну зберігання продукції. Стаття [27] аналізує сучасні тенденції та перспективи застосування пряно-ароматичної сировини у виробництві хлібобулочних виробів, підкреслюючи її роль у підвищенні харчової цінності та покращенні смакових характеристик продукції. У монографії [28] розглядається хімічний склад та фізіологічні властивості лікарських і пряно-ароматичних рослин, перспективних для використання в хлібопеченні. Показано основні напрямки застосування фітодобавок для покращення якості продукції

шляхом нівелювання відхилень у властивостях сировини та удосконалення технологій приготування тіста.

Отже, узагальнюючи огляд літератури додавання різноманітних рослинних добавок, таких як пряно-ароматичні рослини, насіння чіа, лляне, соняшникове, гарбузове та інші види борошна (зелених бананів, кіноа тощо), дозволяє значно підвищити харчову та біологічну цінність хлібобулочних виробів. Вони збагачують продукт білками, незамінними амінокислотами, корисними жирами, мінералами та вітамінами. Це особливо корисно для груп населення з дефіцитом поживних речовин. З огляду на низький природний вміст рибофлавіну у зерні та хлібобулочних виробках, збагачення продуктів рибофлавіном є ефективною стратегією для профілактики дефіциту вітамінів групи В. Наукові дослідження показують, що таке збагачення не лише покращує поживні властивості, а й позитивно впливає на метаболічні процеси в організмі, знижуючи ризики порушень, пов'язаних з нестачею вітамінів. Багато досліджень зосереджені на аналізі реологічних (технологічних) властивостей тіста, таких як здатність до набухання, пластичність, та пружність, після додавання різних видів борошна чи насіння. Дослідження демонструють, що додавання рослинних інгредієнтів може вимагати змін у технології приготування, адже вони впливають на структуру тіста та поведінку клейковини.

Огляд використання надкритичного CO₂ для екстракції ефірних олій з різних прянощів з аналізом параметрів процесу та отриманими результатами викладено в багатьох працях [28–32]. Дослідження присвячені оптимізації параметрів екстракції ефірних олій з різної сировини: гвоздикових бруньок, з кориці, гвоздики, насіння коріандру, орегано та ін. за допомогою надкритичного CO₂, використовуючи методологію поверхні відгуку.

Постановка завдання. Розробити технологію та рецептуру житньо-пшеничного хліба з додаванням екстрактів кропу та коріандру, виготовлених за CO₂-екстрагуванням, з метою підвищення його харчової та функціональної цінності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Екстрагування за допомогою надкритичного вуглекислого газу (CO₂) вимагає спеціалізованого обладнання, яке дозволяє досягти високих тисків і температур, необхідних для переведення CO₂ в надкритичний стан. До основних типів обладнання, що використовуються в цій технології відносяться: екстракційні системи для надкритичного CO₂, лабораторні установки, промислові системи, мобільні та універсальні установки.

CO₂ екстрагування має низку суттєвих переваг порівняно з традиційними методами, такими як парова дистиляція, мацерація чи використання органічних розчинників. Особливо це актуально для пряно-ароматичної сировини, яка є основною добавкою до житньо-пшеничного хліба, як у даній роботі.

Найперше, надкритичний CO₂ вважається екологічно чистим («зеленим») розчинником, який не залишає жодних шкідливих залишків у кінцевому продукті. На відміну від органічних розчинників, таких як етанол чи гексан, CO₂ повністю випаровується після зниження тиску, залишаючи чистий, високоякісний екстракт.

Ще однією важливою перевагою є те, що процес відбувається при відносно низьких температурах (зазвичай 31–50°C). Це дозволяє уникнути термічного руйнування чутливих сполук, таких як ефірні олії, вітаміни чи антиоксиданти. У результаті отримані екстракти максимально зберігають свій природний аромат і всі корисні властивості.

CO₂ у надкритичному стані також має унікальну властивість змінювати свої розчинювальні характеристики залежно від температури та тиску. Це дозволяє

вибірково вилучати саме ті компоненти, які потрібні, наприклад, ефірні олії чи поліфеноли, залишаючи небажані домішки у вихідній сировині.

Ще одна перевага – висока ефективність. CO₂ у надкритичному стані здатний проникати у найдрібніші пори сировини, що забезпечує максимальне вилучення цінних речовин навіть із щільних чи волокнистих матеріалів.

До того ж, CO₂ абсолютно безпечний, нетоксичний і не горить. Це виключає необхідність додаткового очищення екстракту від залишків розчинника, що знижує ризики для здоров'я людини та навколишнього середовища.

Екстракти, отримані цим методом, мають тривалий термін зберігання завдяки низькому вмісту вологи й відсутності сторонніх хімічних домішок. А завдяки високій енергоефективності CO₂ екстрагування часто потребує менше сировини та витрат енергії, ніж парова дистиляція, оскільки не потребує значного нагрівання.

CO₂ екстракція також відповідає всім сучасним стандартам якості для харчової, фармацевтичної та косметичної продукції, зокрема й органічних сертифікацій.

Окремо варто відзначити екологічність процесу. CO₂ можна використовувати повторно завдяки системам рециркування, що мінімізує його витрати. Крім того, цей газ зазвичай є побічним продуктом інших промислових процесів, що дозволяє знижувати загальний вуглецевий слід.

Усі ці фактори роблять CO₂ екстрагування ідеальним методом для отримання високоякісних екстрактів, які використовуються у харчовій промисловості, зокрема для збагачення хлібобулочних виробів.

CO₂ екстрагування може бути використано для різноманітної сировини (прянощів, трав, насіння, квітів) і дає змогу отримувати як леткі компоненти (ефірні олії), так і нелеткі (жирні кислоти, поліфеноли). Порівняльну характеристику можна узагальнити в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика CO₂ екстрагування та класичних методів

Критерій	CO ₂ екстрагування	Класичні методи
Чистота продукту	Висока, без залишків розчинника	Можливі залишки розчинників
Температура процесу	Низька (31–50°C)	Висока (парова дистиляція)
Збереження аромату	Максимальне збереження	Часткові втрати
Екологічність	Висока, безпечно для довкілля	Можливе забруднення органічними розчинниками
Регулювання селективності	Можливе через параметри процесу	Обмежені можливості
Вартість	Вище на етапі запуску, але економічніше в довгостроковій перспективі	Нижча, але менш ефективна

Отже, CO₂ екстрагування, хоч і потребує початкових інвестицій у спеціалізоване обладнання, забезпечує високу якість продукту, що робить його ідеальним для виробництва преміальних екстрактів у харчовій, косметичній та фармацевтичній галузях.

Кріп запашний, кріп пахучий, кріп (*Anethum graveolens* L.) – однорічна трав'яниста рослина родини окружкових.

Хімічний склад кропу включає олію ефірну (2–4%), флавоноїди, каротин, до 20 % олії жирної, речовини азотисті, фітонциди, цукри, вітамін С, залізо, фосфор, марганець, селен, кальцій та базові енергетичні складові

Енергетична цінність насіння кропу складає 305,0 ккал на 100 г.

Насіння кропу має багато корисних властивостей для здоров'я завдяки високому вмісту поживних речовин, вітамінів та ефірних олій. Основні переваги насіння кропу [32]:

1. Покращення травлення: насіння кропу сприяє поліпшенню травлення, допомагаючи зменшити здуття, метеоризм і спазми в шлунку. Воно стимулює виділення травних соків та жовчі, що полегшує засвоєння їжі.

2. Антимікробна дія: ефірні олії, що містяться в насінні кропу, мають антисептичні та антимікробні властивості. Це допомагає боротися з інфекціями, зокрема бактеріальними та грибковими.

3. Заспокійливий ефект: насіння кропу використовують як природний засіб для заспокоєння нервової системи. Його заварюють для зменшення стресу та покращення сну.

4. Сечогінний ефект: насіння кропу стимулює виділення сечі, що допомагає організму позбавлятися зайвої рідини та токсинів. Це може бути корисно при набряках або порушеннях сечовидільної системи.

5. Антиоксидантні властивості: насіння кропу містить флавоноїди та інші антиоксиданти, які допомагають захистити клітини організму від впливу вільних радикалів, що можуть призводити до старіння та розвитку хронічних захворювань.

6. Підтримка імунної системи: завдяки вмісту вітамінів А і С, насіння кропу зміцнює імунну систему, допомагаючи організму краще боротися з інфекціями.

7. Полегшення симптомів респіраторних захворювань: відвари з насіння кропу іноді використовують для полегшення кашлю та зменшення симптомів простудних захворювань завдяки їх здатності знижувати запалення та полегшувати дихання.

8. Підтримка здоров'я серця: завдяки високому вмісту калію та магнію, насіння кропу сприяє нормалізації артеріального тиску та покращенню роботи серцево-судинної системи.

Коріандр, коляндр або кінза (*Coriandrum sativum*) – однорічна трав'яниста рослина роду коріандр родини парасолькових. Інші назви: клоповник, кішнець посівний [32].

Хімічний склад коріандру включає білки, вуглеводи, вітаміни А, В₁, В₂, С, РР, мікроелементи залізо, калій, кальцій, магній, натрій, фосфор, дубильні і азотисті речовини, жирні олії, крохмаль, цукру (глюкозу, фруктозу, сахарозу), пектин, органічні кислоти. У них також присутній 0,2–1,6% (в залежності від сорту і умов вирощування) ефірного масла, головними компонентами якого є ліналоол і гераніол.

Енергетична цінність коріандру складає 298,0 ккал на 100 г.

Насіння коріандру (кінзи) має багато корисних властивостей для здоров'я завдяки високому вмісту ефірних олій, вітамінів і мінералів. Ось основні переваги насіння коріандру:

1. Покращення травлення: насіння коріандру стимулює роботу шлунково-кишкового тракту, допомагає зменшити здуття, метеоризм і відчуття тяжкості. Воно також сприяє виробленню травних ферментів, що полегшує засвоєння їжі.

2. Антимікробна дія: ефірні олії, що містяться в насінні коріандру, мають антисептичні та антимікробні властивості. Вони можуть допомогти боротися з інфекціями та запальними процесами в організмі.

3. Зниження рівня холестерину: дослідження показують, що регулярне вживання насіння коріандру може допомагати знижувати рівень «поганого» холестерину та підвищувати рівень «хорошого» холестерину, що позитивно впливає на здоров'я серцево-судинної системи.

4. Антиоксидантні властивості: насіння коріандру містить антиоксиданти, які допомагають нейтралізувати вільні радикали в організмі, знижуючи ризик розвитку хронічних захворювань та уповільнюючи процеси старіння.

5. Регуляція рівня цукру в крові: деякі дослідження показали, що насіння коріандру може допомагати знижувати рівень цукру в крові, що робить його корисним для людей з діабетом або ризиком його розвитку.

6. Сечогінний ефект: коріандр сприяє виділенню сечі, допомагаючи організму виводити надлишок води та токсини. Це може бути корисним при набряках і порушеннях роботи нирок.

7. Протизапальна дія: насіння коріандру має природні протизапальні властивості, що може допомагати при лікуванні запальних захворювань, таких як артрит.

8. Покращення здоров'я шкіри: настої з насіння коріандру іноді використовуються для лікування шкірних проблем, таких як висипання, подразнення або алергічні реакції, завдяки його антибактеріальним та протизапальним властивостям.

9. Підтримка імунної системи: насіння коріандру містить вітаміни А, С, а також флавоноїди, які підтримують імунітет і допомагають організму ефективніше боротися з інфекціями.

10. Поліпшення роботи нервової системи: коріандр містить магній, що сприяє зниженню рівня стресу та покращенню якості сну [32].

При розробці рецептур житньо-пшеничного хліба з додаванням CO₂-екстрактів кропу та коріандру враховували баланс смаку, аромату, текстури та технологічних властивостей тіста.

Рецептура № 1 (табл. 2).

Таблиця 2

Рецептурні компоненти хліба житньо-пшеничного № 1

Складові рецептури	Кількість, на 1 кг готового хліба
Основні компоненти:	
Борошно житнє	600 г
Борошно пшеничне (вищого ґатунку)	400 г
Вода	500 мл
Дріжджі пресовані	10 г
або сухі дріжджі	5 г
Сіль	15 г
Цукор (для активації дріжджів)	10 г
Додаткові компоненти:	
CO ₂ -екстракт кропу	0,2 г (приблизно 5–6 крапель)
CO ₂ -екстракт коріандру	0,2 г (приблизно 5–6 крапель)
Рослинна олія (соняшникова або оливкова)	10 мл

Технологічний процес (рис. 1).

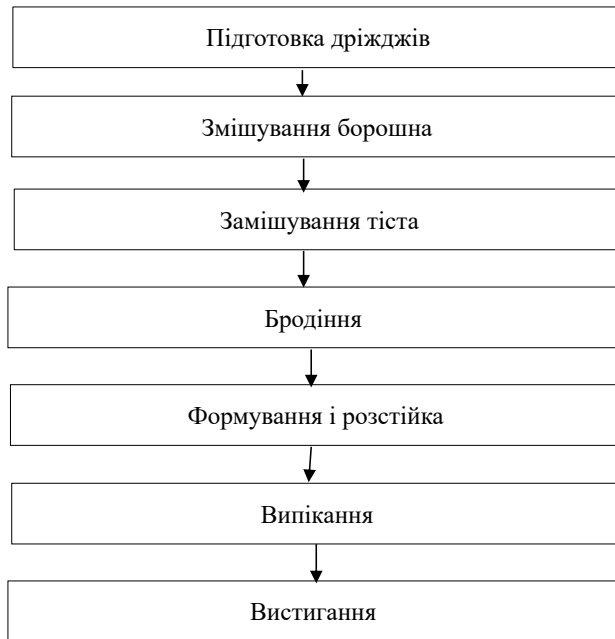


Рис. 1. Технологічний процес випікання хліба за рецептурами № 1

Підготовка дріжджів: якщо використовуються пресовані дріжджі, розчиняємо їх у теплій воді з цукром. Даємо постояти 10–15 хвилин для активації.

Змішування борошна: змішуємо житнє та пшеничне борошно, додаємо сіль.

Замішування тіста: додаємо активовані дріжджі та теплу воду до борошняної суміші. Починаємо замішувати тісто, поступово додаючи рослинну олію для еластичності. Під кінець замішування додати СО₂-екстракти кропу та коріандру. Вони додадуть аромату і особливого смакового акценту.

Бродіння: накрити тісто і залишити в теплому місці на 1–1,5 години до збільшення в об'ємі в 2 рази. Після цього злегка обімняти тісто, щоб випустити зайве повітря.

Формування і розстійка: сформувати з тіста батон або круглу хлібину. Перекласти на деко, злегка присипане борошном, або в форму для випікання. Дати підійти ще протягом 30–40 хвилин під рушником.

Випікання: розігріти духовку до 220°C. Перед випіканням злегка надріжте поверхню хліба для красивої скоринки. Випікати при 220°C протягом 15 хв., потім зменшити температуру до 180°C і випікати ще 20–25 хв до рум'яного кольору.

Остудження: виймати хліб з духовки і дати охолонути на решітці. Це допоможе уникнути конденсату на дні хлібини.

Особливості рецептури: СО₂-екстракти кропу та коріандру використовуються в мікродозах через їх високу концентрацію. Вони надають хлібу тонкий аромат і післясмак, не перебиваючи природний смак житнього та пшеничного борошна. Житнє борошно: збагачує хліб клітковиною, вітамінами та мінералами, надає йому більш насичений смак і щільну текстуру. Пшеничне борошно: додає еластичності та підвищує об'єм хліба, що робить його менш щільним, ніж житній хліб.

Ця рецептура забезпечує ароматний, поживний житньо-пшеничний хліб з вишуканими нотками кропу та коріандру, що відмінно підходить як до основних страв, так і для самостійного вживання.

Рецептура № 2

Таблиця 3

Рецептурні компоненти хліба житньо-пшеничного № 2

Складові рецептури	Кількість, на 1 кг готового хліба
Основні компоненти:	
Борошно житнє	500 г
Борошно пшеничне (вищого ґатунку)	450 г
Вода	600 мл
Закваска для хліба	100 г
Мед	15 г (або 1 столова ложка)
Сіль	15 г
Цукор	10 г
Додаткові компоненти:	
CO ₂ -екстракт кропу	0,1 г (приблизно 3–4 краплі)
CO ₂ -екстракт коріандру	0,1 г (приблизно 3–4 краплі)
Сушені трави (чебрець або орегано)	1 чайна ложка (опціонально, для аромату)
Рослинна олія оливкова	15 мл

Наступна рецептура для житньо-пшеничного хліба з додаванням CO₂-екстрактів кропу та коріандру, з дещо іншим складом і підходом до приготування. В цій версії хліб містить мед для глибшого смаку, а також використовується закваска для покращення текстури та аромату та використовується додаткова пряність – сушені трави (чебрець або орегано).

Технологічний процес до рецептури № 2 (рис. 2).

Приготування закваски: відновити закваску за 12 годин до приготування тіста, додавши воду та житнє борошно. Підготувати 100 г активної закваски для використання в рецепті.

Змішування борошна: в окремій мисці змішати житнє та пшеничне борошно, додати сіль і мед.

Замішування тіста: додати до борошняної суміші воду і закваску (або сухі дріжджі). Замішувати тісто, поступово додаючи оливкову олію. Наприкінці замішування додати CO₂-екстракти кропу та коріандру, а також сушені трави для аромату.

Бродіння: накрити тісто рушником і залишити в теплому місці на 2 години. При використанні закваски, бродіння може зайняти більше часу (2–3 год.). Після цього обміняти тісто, щоб випустити повітря, і дати йому підійти ще раз протягом 1 години.

Формування і розстійка: сформувати з тіста батон або круглу хлібину. Перекласти на деко, застелене пергаментом або присипане борошном, або в форму для випікання. Дати підійти ще 30–40 хвилин під рушником.

Випікання: розігріти духовку до 220°C. Зробити кілька надрізів на поверхні хліба. Випікати при 220°C протягом 15 хв, потім зменшити температуру до 190°C і випікати ще 20–30 хв до хрусткої скоринки.

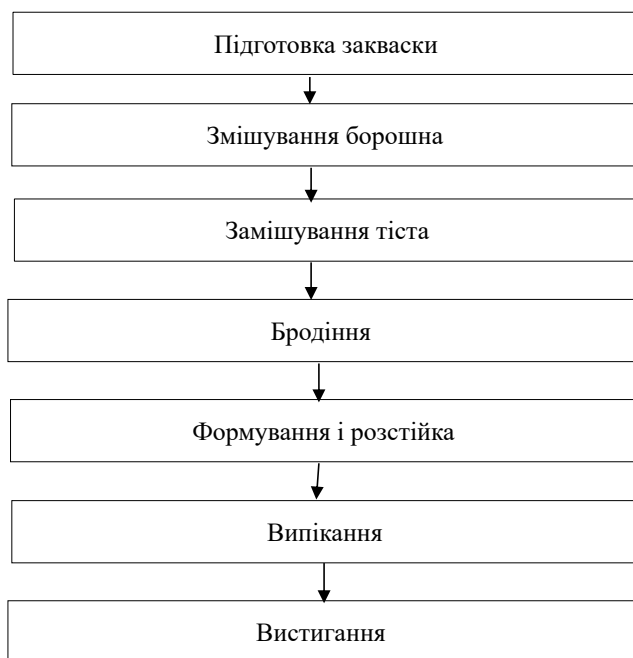


Рис. 2. Технологічний процес випікання хліба за рецептурою № 2

Остудження: виймати хліб і дати йому повністю охолонути на решітці перед нарізанням.

Особливості рецептури: використання закваски забезпечує природний смак і поліпшує текстуру, додаючи хлібу легку кислинку та триваліше зберігання. Мед дає глибокий аромат і легку солодкість, що поєднується з нотками кропу та коріандру. СО₂-екстракти кропу та коріандру додають аромату і підкреслюють натуральний смак житнього хліба. Оливкова олія та трави: олія робить скоринку більш хрусткою, а сушені трави додають ароматичних ноток, створюючи відмінний смаковий профіль.

Ця рецептура дозволяє отримати житньо-пшеничний хліб з насиченим смаком і приємним ароматом, в якому делікатно поєднуються медова солодкість, нотки кропу, коріандру і трави.

Оцінку споживчих властивостей і мікробіологічної стійкості зразків житньо-пшеничних хлібобулочних виробів з додаванням СО₂-екстрактів пряно-ароматичних фітодобавок, таких як кріп та коріандр, виконували шляхом аналізу наступних ключових аспектів (рис. 3).

Органолептична оцінка хліба за рецептурою № 1.

Для проведення органолептичної оцінки використовували основні критерії: зовнішній вигляд, колір скоринки, аромат, смак, текстура (структура м'якушки). Бальна система: кожен критерій оцінюється за 5-бальною шкалою, де 5 – відмінно, 1 – незадовільно. Підсумкова оцінка – середнє значення балів.



Рис. 3. Зразки житньо-пшеничного хліба з вмістом CO₂ екстрактів пряно-ароматичних фітодобавок кропу та коріандру

Зовнішній вигляд (5 балів). Хліб має рівномірну округлу форму. Скоринка цілісна, без тріщин чи значних дефектів. Додаткові компоненти (CO₂-екстракти) не вплинули негативно на форму. Оцінка: 5 балів.

Колір скоринки (4.8 балів). Скоринка має привабливий золотисто-коричневий відтінок. Легка зміна кольору через додавання екстрактів (можливий зелений чи золотавий відтінок) є приємною та не відхиляється від норми. Оцінка: 4.8 балів.

Аромат (5 балів). Виражений аромат свіжоспеченого хліба з приємними нотами кропу та коріандру. CO₂-екстракти додали витонченості та багатства ароматичному профілю. Аромат насичений, природний, без сторонніх запахів. Оцінка: 5 балів.

Смак (4.9 балів). Смак збалансований, із легким пряним присмаком кропу та коріандру. Відчутна гармонія житнього та пшеничного борошна. Легка солонуватість і солодкуватість добре доповнюють пряні ноти. Для деяких дегустаторів аромат прянощів здався трохи насиченим. Оцінка: 4.9 балів.

Текстура м'якушки (5 балів). М'якушка пориста, рівномірна, еластична, не надто щільна. Структура однорідна, без великих порожнин. Завдяки додаванню CO₂-екстрактів та олії, м'якушка стала більш ніжною та зберігає свіжість довше. Оцінка: 5 балів.

Таблиця 4

Підсумкова оцінка хліба за рецептурою № 1

Критерій	Бали
Зовнішній вигляд	5,0
Колір скоринки	4,8
Аромат	5,0
Смак	4,9
Текстура м'якушки	5,0
Сумарна оцінка:	24,7

Отже, хліб за рецептурою № 1 отримав високу органолептичну оцінку (24,7 із 25). Він має привабливий зовнішній вигляд, збагачений аромат і смак із виразними нотами кропу та коріандру, що робить його унікальним і привабливим для споживачів.

Органолептична оцінка хліба за рецептурою № 2.

Зовнішній вигляд (5 балів). Хліб має гарну округлу або витягнуту форму. Поверхня рівна, без дефектів, зі слабо вираженими тріщинами, які надають натурального вигляду. Закваска забезпечила хлібу природний об'єм і рівномірний підйом. Оцінка: 5 балів.

Колір скоринки (5 балів). Скоринка має насичений золотисто-коричневий відтінок завдяки меду та житньому борошну. Додавання оливкової олії надало скоринці легкого блиску, що робить її особливо привабливою. Оцінка: 5 балів.

Аромат (5 балів). Комплексний аромат із легкими трав'яними нотами (завдяки чебрецю чи орегано), який гармонійно поєднується з ароматами кропу та коріандру. Присутній приємний, тонкий кисло-солодкий аромат, характерний для хліба на заквасці. Оцінка: 5 балів.

Смак (4,9 балів). Смак збалансований, із ніжною кислинкою від закваски та солодкуватими нотами меду. Легкий трав'яний присмак ідеально доповнює пряність кропу та коріандру. Деякі дегустатори можуть вважали, що 0,1 г екстрактів недостатньо для більш насиченого аромату. Оцінка: 4,9 балів.

Текстура м'якушки (5 балів). М'якушка пориста, з дрібними рівномірними порами завдяки заквасці. Вона залишається ніжною, вологуватою та еластичною. Завдяки оливковій олії текстура м'якушки стає ще більш приємною на дотик і довше зберігає свіжість. Оцінка: 5 балів.

Таблиця 5

Підсумкова оцінка хліба за рецептурою № 2

Критерій	Бали
Зовнішній вигляд	5,0
Колір скоринки	5,0
Аромат	5,0
Смак	4,9
Текстура м'якушки	5,0
Сумарна оцінка:	24,9

Хліб за рецептурою № 2 отримав майже максимальну органолептичну оцінку (24,9 із 25). Він вирізняється привабливим виглядом, насиченим ароматом із трав'яними та пряними нотами, збалансованим смаком і чудовою текстурою. Використання закваски та оливкової олії додає хлібу особливого смаку й аромату, роблячи його справжнім делікатесом.

Фізико-хімічні та мікробіологічні показники хлібобулочних виробів проводили за стандартними методиками (табл. 6, 7).

Отже, додавання CO_2 екстрактів кропу та коріандру значно знижує рівень мікробної контамінації (до 80%). Хліб на заквасці демонструє кращу мікробіологічну стабільність, ніж хліб на дріжджах, завдяки природній кислотності. Пряно-ароматичні екстракти підвищують мікробіологічну безпеку обох видів хліба, подовжуючи термін зберігання на 3–5 днів. Рекомендується використовувати CO_2 екстракти кропу та коріандру як натуральні консерванти для покращення мікробіологічної безпеки. Віддавати перевагу заквасці як основі для виробництва більш стійкого до мікробного псування хліба.

Таблиця 6

Зведена таблиця фізико-хімічних показників житньо-пшеничного хліба

Показник	Метод дослідження	Рецептура № 1	Рецептура № 2	Нормативне значення
Вологість (%)	ДСТУ 7045:2009	43,0	44,0	40–46
Кислотність (градуси)	ДСТУ 7045:2009	4,21	4,286	3,5–4,5
Пористість (%)	ДСТУ 7045:2009	58,89	58,89	55–60
Зольність (%)	ДСТУ 2759-94	0,61	0,54	0,5–0,7
Масова частка цукру (%)	ДСТУ 7697:2015	3,6	3,60	1,5–4,0
Масова частка жиру (%)	ДСТУ ISO 1443:2005	1,73	1,75	1,5–2,0
Масова частка кухонної солі (%)	ДСТУ 4890:2007	1,0	1,2	1,0–1,5

Таблиця 7

Мікробіологічні показники житньо-пшеничного хліба

Показник	Одиниця виміру	Норма згідно з ДСТУ та санітарними нормами	Рецептура № 1	Рецептура № 2
Загальне мікробне число (ЗМЧ)	КУО/г	$\leq 1 \times 10^5$	$0,8 \times 10^5$	$0,5 \times 10^5$
Бактерії групи кишкової палички (Coliforms, КМАФАнМ)	КУО/г	$\leq 1 \times 10^2$ (відсутність у 0,01 г продукту)	$0,4 \times 10^2$	$0,3 \times 10^2$
Salmonella spp.	у 25 г продукту	Не допускається	Не допускається	Не допускається
Staphylococcus aureus (золотистий стафілокок)	КУО/г	$\leq 1 \times 10^2$ (відсутність у 1 г продукту)	$0,1 \times 10^2$	$0,1 \times 10^2$
Listeria monocytogenes	у 25 г продукту	Не допускається	-	-
Дріжджі	КУО/г	$\leq 1 \times 10^2$	$0,2 \times 10^2$	$0,1 \times 10^2$
Пліснява (грибки родів Aspergillus, Penicillium, Rhizopus)	КУО/г	$\leq 1 \times 10^2$	-	-
Bacillus cereus (спороутворюючі бактерії)	КУО/г	$\leq 1 \times 10^2$	$0,1 \times 10^2$	$0,1 \times 10^2$
Clostridium perfringens (анаеробні бактерії)	КУО/г	$\leq 1 \times 10^2$	$0,1 \times 10^2$	$0,1 \times 10^2$
pH середовища (кислотність)	-	3,5–5,5	3,5	5,5
Період мікробіологічної стабільності	Дні	≥ 3 –5 днів (без консервантів)	7 днів	10 днів

Оцінка показників безпеки хлібобулочних виробів продуктів з використанням системи НАССР. Система НАССР – це міжнародно визнаний підхід до забезпечення безпеки харчових продуктів, що застосовується на всіх етапах виробничого процесу. Основна мета цієї системи полягає в ідентифікації, аналізі та контролі ризиків, які можуть вплинути на безпеку продуктів харчування.

У сфері виробництва хлібобулочних виробів система НАССР допомагає уникати ризиків, що виникають через біологічні, хімічні та фізичні чинники. Це, у свою чергу, дозволяє гарантувати високу якість продуктів, відповідність нормативним вимогам та довіру з боку споживачів.

Впровадження системи НАССР у хлібопеченні спрямоване на досягнення таких цілей:

Забезпечення відповідності продукції міжнародним і національним стандартам якості.

Зниження ймовірності виникнення ризиків, які можуть негативно вплинути на здоров'я споживачів.

Підвищення репутації виробника та його конкурентоспроможності на ринку.

Система НАССР виконує кілька важливих завдань, які стосуються різних етапів виробництва:

Аналіз ризиків. На цьому етапі відбувається виявлення потенційних загроз, які можуть впливати на якість та безпеку хлібобулочних виробів. Ризики поділяються на:

Біологічні. До них належать зараження продуктів патогенними мікроорганізмами, такими як *Salmonella* чи *E. coli*, а також неконтрольовані процеси бродіння, які можуть змінювати властивості продукту.

Хімічні. Це залишкові речовини пестицидів або мийних засобів, що можуть потрапити до кінцевого продукту, а також утворення токсичних сполук, наприклад, акриламід, при високотемпературному випіканні.

Фізичні. Вони охоплюють ризики потрапляння сторонніх предметів, таких як шматочки скла, металу чи пластику, які можуть виникати на різних етапах виробництва.

Встановлення критичних контрольних точок (ССР). Це ті етапи виробничого процесу, на яких можливе ефективне усунення або зменшення ризиків. Наприклад:

Закупівля сировини. Контроль якості борошна, води, дріжджів та інших інгредієнтів. Важливим є вибір надійних постачальників.

Технологічний процес. Замішування тіста, випікання, охолодження. Наприклад, при випіканні необхідно забезпечити, щоб температура в серцевині хліба досягала щонайменше 95°C.

Упаковка та зберігання. Використання безпечних пакувальних матеріалів, дотримання температурного режиму (до 25°C) і вологості (до 60%).

Встановлення критичних меж. Для кожної контрольної точки визначаються граничні параметри, перевищення яких вимагає негайного втручання. Температура випікання: $\geq 95^{\circ}\text{C}$. Вологість готового хліба: $\leq 45\%$. Температура зберігання: $\leq 25^{\circ}\text{C}$.

Моніторинг і контроль. Регулярний контроль виконання вимог на кожному етапі виробництва. Це може включати перевірку температури, тестування вологості продуктів, огляд обладнання.

Коригувальні дії. У разі виявлення відхилень від встановлених норм передбачені заходи, спрямовані на виправлення ситуації. Наприклад, недостатньо

пропечений хліб може бути повторно випечений, а продукція з фізичними забрудненнями підлягає утилізації.

Перевірка ефективності системи

Для забезпечення успішного функціонування системи НАССР необхідно проводити регулярні перевірки. Це включає лабораторні дослідження готових виробів на наявність патогенів, таких як *Salmonella* чи *E. coli*.

Аналіз вмісту залишкових хімічних речовин (пестицидів, акриламід).

Перегляд документації, такої як журнали моніторингу, звіти про контроль сировини, протоколи дій у разі відхилень.

Документальне забезпечення є важливою складовою системи НАССР. Уся інформація щодо виробничих процесів, перевірок і коригувальних дій фіксується в журналах. Це дозволяє аналізувати ситуацію та робити висновки про ефективність системи.

Основні показники безпеки в хлібопеченні

Мікробіологічні показники. Продукція повинна бути вільною від патогенних мікроорганізмів. Наприклад, вміст *Salmonella* чи *E. coli* повинен бути відсутнім, а кількість цвілі не повинна перевищувати 10 КУО/г.

Хімічні показники. Хлібобулочні вироби не повинні містити залишків пестицидів чи інших хімічних речовин. Допустимий вміст акриламід – не більше 150 мкг/кг.

Фізичні показники. У готовій продукції не допускається наявність сторонніх предметів, таких як метал, пластик чи скло (табл. 8).

Таблиця 8

Основні аспекти НАССР у хлібопеченні

Аспект	Опис	Рішення/Дії
1	2	3
Мета НАССР	– Забезпечення відповідності продуктів нормативним вимогам. – Зниження ризиків, пов'язаних із біологічними, хімічними та фізичними факторами.	– Контроль на всіх етапах виробництва. – Регулярна перевірка стану сировини, обладнання та кінцевої продукції.
Основні завдання НАССР	– Аналіз ризиків. – Визначення критичних контрольних точок (ССР). – Контроль процесів на кожному етапі виробництва.	– Систематичне оцінювання ризиків. – Встановлення критичних меж. – Моніторинг параметрів і документування.
Типи ризиків	- Біологічні ризики: – Забруднення патогенними мікроорганізмами (<i>Salmonella</i>, <i>E. coli</i>). – Неконтрольоване бродіння. - Хімічні ризики: – Залишки пестицидів, мийних засобів. – Утворення акриламід. - Фізичні ризики: – Потрапляння сторонніх предметів (метал, пластик, скло).	– Використання сировини перевірених постачальників. – Регулярна санітарна обробка обладнання. – Використання захисних фільтрів, сит для сировини. – Контроль температури випікання для уникнення токсичних утворень.

Закінчення табл. 8

1	2	3
Критичні контрольні точки (ССР)	– Закупівля сировини: перевірка якості борошна, води, дріжджів. – Технологічний процес: – Замішування тіста (контроль часу, температури). – Випікання (температура серцевини $\geq 95^{\circ}\text{C}$). – Охолодження (запобігання конденсату). – Упаковка і зберігання: безпечні матеріали, температурний режим $\leq 25^{\circ}\text{C}$, вологість $\leq 60\%$.	– Стандартизація процесів. – Контроль кожного етапу з фіксацією результатів. – Впровадження автоматичних систем контролю параметрів (температура, вологість тощо).
Критичні межі	– Температура випікання: $\geq 95^{\circ}\text{C}$. – Вологість хліба: $\leq 45\%$. – Температура зберігання: $\leq 25^{\circ}\text{C}$.	– Постійний моніторинг параметрів. – Встановлення обладнання для автоматичного контролю температури і вологості.
Коригувальні дії	- У разі відхилення від норм: – Недостатньо пропечений хліб повертається на повторне випікання. – Продукція з фізичними забрудненнями утилізується.	– Виявлення причини відхилення. – Усунення проблеми (регулювання параметрів, перевірка обладнання, відбраковування продукції).
Верифікація системи	– Лабораторні тести на мікроорганізми (<i>Salmonella</i>, <i>E. coli</i>). – Перевірка хімічних залишків (пестициди, акриламід). – Перегляд документації.	– Проведення регулярних тестувань. – Аудит системи НАССР із залученням зовнішніх експертів. – Аналіз результатів і внесення корективів у процеси.
Документування	– Журнали моніторингу параметрів (температура, вологість). – Звіти про контроль сировини. – Протоколи дій у разі відхилень.	– Регулярне ведення документації. – Зберігання даних для аналізу та перевірки під час аудиту.
Основні показники безпеки	– Мікробіологічні: відсутність <i>Salmonella</i>, <i>E. coli</i>; цвіль ≤ 10 КУО/г. – Хімічні: залишкові пестициди відсутні; акриламід ≤ 150 мкг/кг. – Фізичні: відсутність сторонніх предметів.	– Відбір проб на кожному етапі. – Встановлення стандартів якості відповідно до вимог регуляторних органів. – Тестування кінцевого продукту.
Переваги впровадження НАССР	– Забезпечення безпеки та якості хлібобулочних виробів. – Довір'я споживачів. – Підвищення репутації виробника. – Відповідність сучасним стандартам.	– Постійне вдосконалення системи. – Навчання персоналу з питань НАССР. – Інвестиції в сучасне обладнання та технології.

Впровадження системи НАССР у виробництво хлібобулочних виробів дозволяє мінімізувати ризики та забезпечити відповідність сучасним стандартам якості. Це не тільки гарантує безпеку споживачів, але й сприяє підвищенню довіри до продукції. Крім того, виробники, які впроваджують НАССР, отримують конкурентну перевагу на ринку, адже споживачі все більше уваги приділяють якості продуктів.

Таким чином, система НАССР є важливим інструментом для забезпечення безпеки хлібобулочних виробів на всіх етапах їхнього виробництва, зберігання

та транспортування. Її впровадження сприяє підвищенню репутації виробника, зміцнює довіру споживачів і забезпечує відповідність продукції сучасним вимогам якості та безпеки.

Висновки. Внесення CO₂-екстрактів кропу та коріандру до складу житньо-пшеничного хліба сприяє підвищенню його біологічної цінності завдяки збереженню антиоксидантів, ефірних олій та інших корисних компонентів. Застосування методу CO₂-екстракції дозволяє отримати високоякісні екстракти, які ефективно збагачують хлібобулочні вироби. Розроблена технологія виробництва житньо-пшеничного хліба з додаванням рослинних екстрактів відзначається практичною цінністю, оскільки поєднує інноваційні рішення з традиційними підходами. Оптимальні концентрації добавок визначено таким чином, щоб досягти гармонійного поєднання покращених смакових характеристик і збереження корисних речовин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Wandersleben T., Morales E., Burgos-Díaz C. Enhancement of functional and nutritional properties of bread using a mix of natural ingredients from novel varieties of flaxseed and lupine // *LWT*. 2018. Т. 91. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.01.029.
2. Rosenberg H. R., Rohdenburg E. L., Baldini J. T. The fortification of bread with lysine. III. Supplementation with essential amino acids // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 1954. Т. 49, № 2. С. 263-267. DOI: 10.1016/0003-9861(54)90196-4.
3. Zhou J., Liu J., Tang X. Effects of whey and soy protein addition on bread rheological property of wheat flour // *Journal of Texture Studies*. 2017. Т. 49, № 4. DOI: 10.1111/jtxs.12275.
4. Бортнічук О. В., Гавриш А. В., Неміріч О. В., Доценко В. Ф. Інноваційні підходи в технології хлібобулочних виробів з сухою молочною сироваткою // *Технологія і безпека продуктів харчування*. 2015. № 2. С. 97-192.
5. Писарець О., Семенова А., Дробот В. Обґрунтування ефективності застосування молочної сироватки в технології пшенично-кукурудзяного хліба // *Продовольчі ресурси*. 2017. Т. 5, № 8. С. 81-85.
6. Павленко А. А., Бортнічук О. В., Гавриш А. В. Використання сухої молочної сироватки у виробництві хлібобулочних виробів // *Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості: матеріали міжнар. наук. конф., 13-17 жовтня 2014 р.* Київ: НУХТ, 2014. С. 630.
7. Антебура А. В., Причина Ю. С., Суворов Р. В., Мирошніченко В. А., Олексієнко В. О. Хлібобулочні вироби з використанням нетрадиційної сировини // *Збірник наукових праць магістрантів та студентів*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 13-15.
8. Yousif A. M., Cranston P., Deeth H. C. Incorporation of bovine dry blood plasma into biscuit flour for the production of pasta // *Food Chemistry*. 2016. Т. 192. С. 950-957.
9. García-Segovia P., Igual M., Martínez-Monzó J. Physicochemical Properties and Consumer Acceptance of Bread Enriched with Alternative Proteins // *Foods*. 2020. Т. 9, № 7. DOI: 10.3390/foods9070933.
10. Oprea O. B., Sannan S., Tolstorebrov I., Claussen I. C., Gaceu L. Effects of Fish Protein Hydrolysate on the Nutritional, Rheological, Sensorial, and Textural Characteristics of Bread // *Foods*. 2024. Т. 13, № 5. DOI: 10.3390/foods13050698.
11. Кінселла Д. Е. Функціональні властивості соєвих білків // *J Am Oil Chem Soc*. 1979. Т. 56. С. 242-258. DOI: 10.1007/BF02671468.
12. Toklu F., Sen Gupta D., Karaköy T., Özkan H. Bioactives and Nutraceuticals in Food Legumes: Nutritional Perspective // *Breeding for Enhanced Nutrition and Bio-Active Compounds in Food Legumes*. Springer, Cham, 2021. С. 229-245. DOI: 10.1007/978-3-030-59215-8_10.

13. Zhang W., Boateng I. D., Xu J., Zhang Y. Proteins from Legumes, Cereals, and Pseudo-Cereals: Composition, Modification, Bioactivities, and Applications // *Foods*. 2024. T. 13, № 13. DOI: 10.3390/foods13131974.
14. Kaim U., Goluch Z. S. Health Benefits of Bread Fortification: A Systematic Review of Clinical Trials according to the PRISMA Statement // *Nutrients*. 2023. T. 15, № 20. DOI: 10.3390/nu15204459.
15. Rebellato A. P., Klein B., Wagner R., Lima Pallone J. A. Fortification effects of different iron compounds on refined wheat flour stability // *Journal of Cereal Science*. 2018. T. 82. C. 1-7.
16. Khoshgofarmanesh A., Dara A., Kadivar M. Some nutritional quality and sensory attributes of wheat flours fortified with iron and zinc // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2009. T. 34, № 2. C. 289-301. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2008.00324.x.
17. Winkels R. M., Brouwer I. A., Clarke R., Katan M. B., Verhoef P. Bread cofortified with folic acid and vitamin B12 improves the folate and vitamin B12 status of healthy older people: a randomized controlled trial // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2008. T. 88, № 2. C. 348-355.
18. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна з заданими властивостями: монографія. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2018. 146 с.
19. Batifoulie F., Verny M.-A., Chanliaud E., Rémésy C., Demigné C. Effect of different breadmaking methods on thiamine, riboflavin and pyridoxine contents of wheat bread // *Journal of Cereal Science*. 2005. T. 42, № 1. C. 101-108.
20. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна з заданими властивостями: [Текст]: монографія. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2018. 146 с.
21. Koneva S. та ін. The Effect of Flaxseed Flour on the Rheological Properties of Dough Made of Flaxseed and Wheat Flour and Bread Quality // *Food Processing Techniques and Technology*. 2019. T. 49, № 1. C. 85-96. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-1-85-96.
22. Romankiewicz D., Hassoon W. H., Cacak-Pietrzak G., Sobczyk M., Wirkowska-Wojdyla M., Ceglińska A., Dziki D. The Effect of Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.) Addition on Quality and Nutritional Value of Wheat Bread // *Journal of Food Quality*. 2017. DOI: 10.1155/2017/7352631.
23. Zlateva D., Stefanova D., Chochkov R., Ivanova P. Study on the impact of pumpkin seed flour on mineral content of wheat bread // *Food Science and Applied Biotechnology*. 2022. T. 5, № 2. C. 131-139. DOI: 10.30721/fsab2022.v5.i2.177.
24. Turkut G. M., Cakmak H., Kumcuoglu S., Tavman S. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality // *Journal of Cereal Science*. 2016. T. 69. C. 174-181.
25. Amini A. та ін. The Effect of Bread Fortification with Whole Green Banana Flour on Its Physicochemical, Nutritional and In Vitro Digestibility // *Foods*. 2020. T. 9, № 2. DOI: 10.3390/foods9020152.
26. Шарова І. В. Використання екстрактів пряно-ароматичної сировини в технологіях молекулярної кулінарії // *Проблеми формування здорового способу життя у молоді: зб. матеріалів X Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів з міжнар. участю, Одеса, 29 верес.-1 жовт. 2017 р.* / Одес. нац. акад. харч. технологій; гол. ред. Б. В. Єгоров. Одеса, 2017. С. 128-129.
27. Новікова Н. В., Драга А. Ю. Використання пряно-ароматичної сировини в хлібопеченні // *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип. 20, Т. 1. С. 187-193. DOI: 10.31388/2078-0877-20-1-187-193.
28. Іоргачова К. Г., Лебеденко Т. Є. Хлібобулочні вироби оздоровчого призначення з використанням фітодобавок: [Текст]: монографія. Київ: К-Прес, 2015. 464 с. ISBN 978-966-4375-82-2.
29. Бондарчук З., Куриленко Ю., Андронович Г. Використання рослинної сировини як комплекс біологічно активних речовин для напоїв функціонального

призначення // *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*. 2022. Вип. 2(6). С. 38-43. DOI: 10.32782/2708-4949.2(6).2022.7.

30. Gafurov K., Muhammadiev B., Mirzaeva S., Kuldosheva F. Отримання екстрактів з рослинної сировини двоокисом вуглецю // *Food Science and Technology*. 2020. Т. 14, № 1. DOI: 10.15673/fst.v14i1.1651.

31. Iorgacheva K., Lebedenko T., Kozhevnikova V. Using phyto-extracts for solving baking industry issues // *Scientific Works of NUFT. Food Technology*. 2017. Т. 23, № 5, Ч. 2. С. 187-197. DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-24.

32. Снежкін Ю. Ф., Дабіжа Н. О., Дмитренко Н. В., Малащук Н. С. Сорбційні та термодинамічні властивості пряно-ароматичних рослин як об'єктів сушіння // *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2023. Т. 49, № 2. С. 5-14. DOI: 10.31472/ttpe.2.2023.1.

33. Андронович Г. Використання рослинної сировини як комплекс біологічно активних речовин для напоїв функціонального призначення // *Інновації та технології в сфері послуг і харчуванні*. 2022. № 22.

34. Садовнік М. Використання пряно-ароматичної сировини в технології виробництва хліба // *Збірник студентських наукових праць. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 3(15).

REFERENCES:

1. Wandersleben, T., Morales, E., & Burgos-Díaz, C. (2018). Enhancement of functional and nutritional properties of bread using a mix of natural ingredients from novel varieties of flaxseed and lupine. *LWT*, 91(Part A). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.029>.

2. Rosenberg, H. R., Rohdenburg, E. L., & Baldini, J. T. (1954). The fortification of bread with lysine. III. Supplementation with essential amino acids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 49(2), 263-267. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(54\)90196-4](https://doi.org/10.1016/0003-9861(54)90196-4).

3. Zhou, J., Liu, J., & Tang, X. (2017). Effects of whey and soy protein addition on bread rheological property of wheat flour. *Journal of Texture Studies*, 49(4). <https://doi.org/10.1111/jtxs.12275>.

4. Bortnichuk, O. V., Havrysh, A. V., Nemirich, O. V., & Dotsenko, V. F. (2015). Innovative approaches in bread technology with dry whey. *Technology and Safety of Food Products*, (2), 97-192.

5. Pysarets, O., Semenova, A., & Drobot, V. (2017). Justification of the effectiveness of whey application in wheat-corn bread technology. *Food Resources*, 5(8), 81-85.

6. Pavlenko, A. A., Bortnichuk, O. V., & Havrysh, A. V. (2014). Use of dry whey in bakery production. In *New Ideas in Food Science – New Products in the Food Industry: International Scientific Conference* (pp. 630). Kyiv: NUFT.

7. Antebura, A. V., Prichina, Yu. S., Suvorov, R. V., Miroschnichenko, V. A., & Oleksiienko, V. O. (2021). Bakery products with the use of unconventional raw materials. *Collection of Scientific Papers of Master's and Students*, Melitopol: TDATU, 13-15.

8. Yousif, A. M., Cranston, P., & Deeth, H. C. (2016). Incorporation of bovine dry blood plasma into biscuit flour for the production of pasta. *Food Chemistry*, 192, 950-957.

9. García-Segovia, P., Igual, M., & Martínez-Monzó, J. (2020). Physicochemical properties and consumer acceptance of bread enriched with alternative proteins. *Foods*, 9(7), 933. <https://doi.org/10.3390/foods9070933>.

10. Oprea, O. B., Sannan, S., Tolstorebrov, I., Claussen, I. C., & Gaceu, L. (2024). Effects of fish protein hydrolysate on the nutritional, rheological, sensorial, and textural characteristics of bread. *Foods*, 13(5), 698. <https://doi.org/10.3390/foods13050698>.

11. Kinsella, J. E. (1979). Functional properties of soy proteins. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 56, 242-258. <https://doi.org/10.1007/BF02671468>.

12. Toklu, F., Sen Gupta, D., Karaköy, T., & Özkan, H. (2021). Bioactives and nutraceuticals in food legumes: Nutritional perspective. In D. S. Gupta, S. Gupta, & J. Kumar (Eds.), *Breeding for Enhanced Nutrition and Bio-Active Compounds in Food Legumes* (pp. 229-245). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59215-8_10.
13. Zhang, W., Boateng, I. D., Xu, J., & Zhang, Y. (2024). Proteins from legumes, cereals, and pseudo-cereals: Composition, modification, bioactivities, and applications. *Foods*, 13(13), 1974. <https://doi.org/10.3390/foods13131974>.
14. Kaim, U., & Goluch, Z. S. (2023). Health benefits of bread fortification: A systematic review of clinical trials according to the PRISMA statement. *Nutrients*, 15(20), 4459. <https://doi.org/10.3390/nu15204459>.
15. Rebellato, A. P., Klein, B., Wagner, R., & Pallone, J. A. L. (2018). Fortification effects of different iron compounds on refined wheat flour stability. *Journal of Cereal Science*, 82, 1-7.
16. Khoshgofhtarmanesh, A., Dara, A., & Kadivar, M. (2009). Some nutritional quality and sensory attributes of wheat flours fortified with iron and zinc. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(2), 289-301. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00324.x>.
17. Selenium-enriched breads and their benefits in human nutrition and health as affected by agronomic, milling, and baking factors. (2015). *Cereal Chemistry*, 92(2), 134-144. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-05-14-0110-RW>.
18. Winkels, R. M., Brouwer, I. A., Clarke, R., Katan, M. B., & Verhoef, P. (2008). Bread cofortified with folic acid and vitamin B12 improves the folate and vitamin B12 status of healthy older people: A randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 88(2), 348-355.
19. Batifoulie, F., Verny, M.-A., Chanliaud, E., Rémésy, C., & Demigné, C. (2005). Effect of different breadmaking methods on thiamine, riboflavin and pyridoxine contents of wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 42(1), 101-108.
20. Simakova, O. O., & Nikiforov, R. P. (2018). *Development of novel flour products with specified properties: Monograph*. Kryvyi Rih: DonNUET.
21. Koneva, S., et al. (2019). The effect of flaxseed flour on the rheological properties of dough made of flaxseed and wheat flour and bread quality. *Food Processing Techniques and Technology*, 49(1), 85-96. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-85-96>.
22. Romankiewicz, D., et al. (2017). The effect of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) addition on quality and nutritional value of wheat bread. *Journal of Food Quality*. <https://doi.org/10.1155/2017/7352631>.
23. Zlateva, D., Stefanova, D., Chochkov, R., & Ivanova, P. (2022). Study on the impact of pumpkin seed flour on mineral content of wheat bread. *Food Science and Applied Biotechnology*, 5(2), 131-139. <https://doi.org/10.30721/fsab2022.v5.i2.177>.
24. Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174-181.
25. Amini, A., & Others. (2020). The effect of bread fortification with whole green banana flour on its physicochemical, nutritional and in vitro digestibility. *Foods*, 9(2), 152. <https://doi.org/10.3390/foods9020152>.
26. Sharova, I. V. (2017). Use of extracts of spicy and aromatic raw materials in molecular cuisine technologies. In S. L. Kolesnichenko (Ed.), *Problems of forming a healthy lifestyle among young people: Proceedings of the 10th All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists and students with international participation, Odesa, September 29 – October 1, 2017* (pp. 128–129). Odesa National Academy of Food Technologies.
27. Novikova, N. V., & Draga, A. Y. (2020). Use of spicy and aromatic raw materials in bakery production. *Proceedings of TDATU*, 20(1), 187-193. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-187-193>

28. Iorgacheva, K. G., & Lebedenko, T. Y. (2015). *Health-oriented bakery products using phyto-additives* (Monograph). K-Press.
29. Bondarchuk, Z., Kurylenko, Y., & Andronovych, H. (2022). Use of plant raw materials as a complex of biologically active substances for functional beverages. *Innovations and Technologies in the Service and Food Industry*, 2(6), 38–43. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.2\(6\).2022.7](https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(6).2022.7)
30. Gafurov, K., Muhammadiev, B., Mirzaeva, S., & Kuldosheva, F. (2020). Extraction of plant raw materials using carbon dioxide. *Food Science and Technology*, 14(1). <https://doi.org/10.15673/fst.v14i1.1651>
31. Iorgacheva, K., Lebedenko, T., & Kozhevnikova, V. (2017). Using phyto-extracts for solving baking industry issues. *Scientific Works of NUFT. Food Technology*, 23(5, Part 2), 187–197. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-24>
32. Sniezkin, Y. F., Dabizha, N. O., Dmytrenko, N. V., & Malashchuk, N. S. (2023). Sorption and thermodynamic properties of spicy and aromatic plants as drying objects. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 49(2), 5–14. <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2023.1>
33. Andronovych, H. (2022). Use of plant raw materials as a complex of biologically active substances for functional beverages. *Innovations and Technologies in the Service and Food Industry*, 22.
34. Sadovnik, M. (2024). Use of spicy and aromatic raw materials in bread production technology. *Collection of Student Scientific Papers: Agricultural Sciences*, 3(15).
-