

УДК 664.6:075.8

Лозова Т. М.,

lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849,

Researcher ID: E-9830-2019,

д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,  
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

## СУЧАСНІ НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ СПОСОБІВ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ І ЗБЕРІГАННЯ ХЛІБА

**Анотація.** У статті наведено результати сучасних наукових досліджень стосовно нових способів поліпшення якості та зберігання хліба. Значна увага зарубіжних та вітчизняних науковців приділяється дослідженням, пов'язаним із отриманням високоякісних безглютенових продуктів (GF). Зусилля спрямовані на пошук відповідних альтернатив глютену. Продукти без глютену містять недостатню кількість білка, клітковини, мінеральних речовин та мають низькі сенсорні властивості. Для забезпечення високого рівня якості таких виробів досліджено можливість застосування деяких видів борошна як GF-інгредієнтів, зокрема псевдозлаків (кіноа і гречка), пшона, рису, нуту та низки інших. Результати визначення хімічного складу, антиоксидантної активності та загального вмісту фенольних сполук підтверджують доцільність застосування нових інгредієнтів для отримання безглютенового борошна і продуктів на його основі високої якості. Результатами експериментальних досліджень доведено доцільність застосування джерел інноваційних інгредієнтів для хлібобулочних виробів: злаки (пшениця, ячмінь, рис, насіння льону), бобові (соя, люпин, зелена сочевиця), фрукти та овочі (цибуля, артишок, манго, ягоди годжі, яблучні вичавки, вичавки чорної смородини, бананова шкірка, гарбуз), пробіотики (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Pediococcus acidilacti*, *Lactobacillus paracasei*), пребіотики (інулін та олігофруктоза, пекан) та інші (какаоелла, амарант, бамія, мікроводорості, борошно з зелених бананів) тощо. Показано, що пшеничні висівки внаслідок додавання до борошна підвищують стабільність тіста за рахунок покращення фаринографічних властивостей. Досягнуто покращення якості тостового хліба з додаванням порошку *Portulaca oleracea* листового (PLP) в концентрації 0-15 % у перерахунку на масу борошна, що підтверджено дослідженими реологічними показниками, тобто фаринограф- та екстенсограф-тестами, питомим об'ємом, органолептичними та фізико-хімічними властивостями готового виробу. Окрім цього, показано збільшення у хлібі вмісту вологи, харчових волокон, білка, золи та жиру, що відображає рівень підвищення якості. Науковий інтерес до включення біоактивних інгредієнтів, зокрема харчових волокон (DF) та фенольних антиоксидантів, у хліб швидко зростає завдяки суттєвому підвищенню якості продукції. З метою збільшення термінів зберігання хлібобулочної продукції вивчено можливість застосування традиційних технологічних способів (хімічні консерванти, закваска та молочнокислі бактерії, заморожування, упаковка з модифікованою атмосферою) та інноваційних технологій (обробка ультрависоким тиском, імпульсне електричне поле, омічна обробка, радіочастотна обробка, активне пакування).

**Ключові слова:** хліб, борошно, нетрадиційні натуральні інгредієнти, якість, зберігання.

Lozova T. M.,

lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849,

Researcher ID: E-9830-2019,

Doctor of Engineering, Professor, Professor of the Department of Commodity Studies,  
Customs Affairs and Quality Management, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

## MODERN SCIENTIFIC RESEARCH OF NEW METHODS OF IMPROVING THE QUALITY AND STORAGE OF BREAD

**Abstract.** The article presents the results of modern scientific research on new methods of improving the quality and storage of bread. Considerable attention of foreign and domestic scientists is paid to research related to obtaining high-quality gluten-free products (GF). Efforts are being made to find suitable alternatives to gluten. Gluten-free products contain insufficient amounts of protein, fiber, minerals and have low sensory properties. To ensure a high level of quality of such products, the possibility of using some types of flour as GF

*ingredients, including pseudocereals (quinoa and buckwheat), millet, rice, chickpeas and a number of others, has been investigated. The results of determining the chemical composition, antioxidant activity and total content of phenolic compounds confirm the feasibility of using new ingredients to obtain high-quality gluten-free flour and products based on it. The results of experimental studies proved the feasibility of using sources of innovative ingredients for bakery products: cereals (wheat, barley, rice, flax seeds), legumes (soy, lupine, green lentils), fruits and vegetables (onions, artichokes, mangoes, goji berries, apple pomace) etc. It has been shown that wheat bran added to flour increases dough stability by improving farinographic properties. An improvement in the quality of toasted bread was achieved with the addition of *Portulaca oleracea* leaf powder (PLP) at a concentration of 0-15% based on the mass of flour, which was confirmed by the investigated rheological parameters, i.e. farinograph and extensograph tests, specific volume, organoleptic and physicochemical properties of the finished product. In addition, an increase in moisture, dietary fiber, protein, ash and fat content of the bread was shown, reflecting the level of improvement in quality. Scientific interest in the incorporation of bioactive ingredients, in particular dietary fiber (DF) and phenolic antioxidants, into bread is growing rapidly due to significant improvements in product quality. In order to increase the shelf life of bakery products, the possibility of using traditional technological methods (chemical preservatives, sourdough and lactic acid bacteria, freezing, modified atmosphere packaging) and innovative technologies (ultra high pressure treatment, pulsed electric field, ohmic treatment, radio frequency treatment, active packaging) was studied.*

**Key words:** bread, flour, non-traditional natural ingredients, quality, storage.

**JEL Classification:** L81

**DOI:** <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-32-07>

**Постановка проблеми.** Хліб і хлібобулочні вироби є невід’ємною складовою раціону людини в усьому світі. Надзвичайно вагоме значення мають проблеми поліпшення якості і зберігання цих виробів. Хліб – це продукт, отриманий шляхом ферментації цукрів пшеничного борошна з крохмалю, за участю хімічних взаємодій різних харчових компонентів в інгредієнтах. Ці взаємодії можна регулювати для створення бажаних продуктів, як тільки будуть добре вивчені хімічні та фізичні процеси, що покладено в їх основу.

З метою поліпшення якості та зберігання хліба виокремилися нові тенденції, зосереджені на двох напрямках:

- розробка нових хлібобулочних виробів з підвищеною якістю, здатних задовольнити нові потреби споживачів щодо оздоровчого харчування, з використанням різних інноваційних інгредієнтів та нових технологічних прийомів і способів виготовлення;

- подовження терміну придатності цих виробів із акцентом на можливості сповільнення процесу черствіння й подовження свіжості.

Таким чином, сучасні тенденції обумовлюють необхідність проведення нових досліджень, які сприяли б вирішенню поставлених завдань.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У багатьох наукових працях окреслено основні джерела інноваційних інгредієнтів, які використовуються для отримання нових видів хліба: злаки (пшениця, ячмінь, рис, насіння льону), бобові (соя, люпин, зелена сочевиця), фрукти

та овочі (цибуля, артишок, манго, ягоди годжі, яблучні вичавки, вичавки чорної смородини, бананова шкірка, гарбуз), пробіотики (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Pediococcus acidilacti*, *Lactobacillus paracasei*), пребіотики (інулін та олігофруктоза, рослина пекан, полкан) та інші (шкаралупа какао, амарант, кавова гуцца) тощо.

Пропонується нова ідея приготування замороженого тіста і парового хліба на основі пшеничного борошна (WF) з додаванням до складу борошна чорного рису (BRF) із врахуванням харчової цінності [1]. Вивчено характеристику борошна з добавкою, замороженого тіста й отриманого хліба. Новий хліб мав вищий вміст харчових волокон (2,01-2,16 %), але нижчий – білка (11,57-11,92 %) порівняно з контрольним зразком (1,6 % та 12,6 % відповідно). Кореляційний аналіз показав, що додавання BRF може зменшити погіршення якості тіста, викликане заморожуванням, це може бути пов’язане з тим, що вода тіста набуває зв’язаного стану. Вміст замерзаючої води у тісті WF збільшується на 23,48 %, а в тісті BRF збільшився на 6,09–12,11 % після замороженого зберігання. Зі зменшенням розміру частинок твердість тіста з WF зменшилася, опір розтягуванню та коефіцієнт газотримання збільшилися, а питомий об’єм та м’якість м’якушки пропареного хліба з WF збільшилися.

Вивчено вплив пшеничних висівок на структуру глютенної мережі у хлібі під час його виготовлення. Пшеничне борошно з високою якістю білка використовується для широкого спек-

тра випечених виробів, особливо хліба, через в'язкопружні властивості пшеничного борошна, що виявляють як в'язкі, так і еластичні характеристики при деформації. Пшениця містить білки, що утворюють глютен, які утворюють в'язкопружний матеріал. D-глюкани вважаються одними з кращих гідроколоїдів завдяки їх гелеутворювальній здатності та здатності надавати в'язкість водним розчинам. Створюючи цю в'язкопружну суміш, вона дозволяє повітряному осередку з'єднатися і протидіє їй суміші.

Розглянуто можливість додавання висівок тритикале у складі хліба [2]. Докладно оцінено властивості тіста і якість хліба з додаванням висівок, отриманого із зерна двох відібраних сортів тритикале Фредро і Пантеон. Результати показали, що борошно цих сортів придатне для випікання хліба. Додавання висівок у хлібопекарські суміші позитивно вплинуло на реологічні властивості тіста та призвело до суттєвого поліпшення розм'якшення тіста. Хліб із тестованих сортів показав однаковий об'єм буханця. Зі збільшенням кількості висівок отримували хліб меншого об'єму та з більш твердою м'якушкою. На завершення досліду отримані результати показали, що борошно тритикале і особливо його борошняно-висівкові суміші з додаванням 5 і 10 % висівок показують високі результати. Збагачення борошна тритикале висівками дозволяє використовувати його для випікання хліба високої якості.

В останні роки накопичено докази про сприятливий вплив на здоров'я споживачів вівса в щоденному раціоні, а відповідно: підтримання холестерину в крові, зниження глюкози після їжі, зниження серцево-судинного ризику, зменшення окисного стресу тощо [3, 4, 5]. Збільшення вмісту вівса в хлібобулочних виробих загалом асоціювалося зі зменшенням об'єму та погіршенням сенсорних характеристик, ознак, які є орієнтирами для рішення споживача купити той чи інший товар. Важливою проблемою є отримання зразку виробу, який містить достатню кількість цільного вівсяного борошна, не впливаючи на якісні характеристики хліба (об'єм, пористість, еластичність). Одержані результати показали, що оптимальна пропорція між вівсяним і пшеничним борошном становить 30:70.

**Постановка завдання.** Метою статті є аналіз сучасних досліджень щодо способів поліпшення якості та зберігання хліба.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Досліджено реологічні показники, тобто фаринграф- та екстенсограф-тест у тісті, питомий об'єм,

твердість, органолептичні властивості та фізико-хімічні властивості тостового хліба, що містить чотири концентрації (0–15 %) порошку *Portulaca oleracea* листового (PLP) у перерахунку на масу борошна [6]. Водопоглинання та час витримки зразка тіста збільшувалися при додаванні PLP. Збільшення вмісту PLP у зразку тіста від 10 % до 15 % показало суттєві відмінності у стабільності тіста. Енергія та розтяжність тіста збільшувалися на 5 та 10 %, а потім знижувалися на 15 % у разі додавання PLP за умови витримки тіста через 45, 90 та 135 хв. після виготовлення. Органолептична оцінка показала, що 10 % PLP у хлібі є найбільш прийнятним рівнем, більш збагачені варіанти хліба були менш прийнятними в основному через погіршення кольору та загалом органолептики ( $p < 0,05$ ), при цьому водопоглинання та питомий об'єм тіста не мали суттєву різницю порівняно з менш збагаченими зразками хліба ( $p > 0,05$ ). Як і очікувалося, колір також змінився зі світло-коричневого (контроль) на темно-зелений (за 15 % PLP у хлібі). Вміст вологи, харчових волокон, білка, золи та жиру в тостовому хлібі значно збільшилися, що відображає рівні покращення.

Під час випікання хліба пропонуються до використання різні інгредієнти, щоб забезпечити розвиток безперервної білкової мережі, необхідної для якості хліба. Інтерес до включення біоактивних інгредієнтів, таких як харчові волокна (DF) та фенольні антиоксиданти, в популярні продукти харчування, зокрема хліб, швидко зростає завдяки підвищенню поінформованості споживачів про здоров'я [7]. Додані біологічно активні інгредієнти можуть сприяти утворенню поперечних зв'язків білків. Відповідні перехресні зв'язки між білками пшениці, полісахаридами клітковини та фенольними антиоксидантами можуть бути найважливішим фактором для хлібного тіста, збагаченого DF та фенольними антиоксидантами. Такі поперечні зв'язки можуть впливати на структуру та властивості хлібної системи під час випікання.

Виконано дослідження з метою визначення впливу фракцій гречаної крупи на фізико-хімічні показники пшеничного борошна, реологію тіста та показники якості хліба. Фракціонування насіння гречки впливає на мікроструктуру і конформацію молекул залежно від розміру частинок (PS). Вміст білка у хлібі з пшеничного борошна з додаванням фракцій гречаної крупи збільшувався у результаті додавання середнього PS і знижувався внаслідок внесення великих та малих PS. Вміст ліпідів та зольність збільшувалися

зі зростанням кількості добавки в усіх зразках порівняно з контролем. В'язкість тіста підвищувалася зі збільшенням кількості добавки з великим розміром частинок PS. Розтяжність тіста значно зменшилася у всіх зразках, коли частка добавки зросла. Модулі в'язкопружності тіста пропорційно збільшувалися у результаті додавання великих PS, а при додаванні середніх PS (5–15 %) та малих PS зменшувалися. Щільність, пружність та липкість хліба підвищувалися пропорційно до кількості добавки. Об'єм хліба зменшувався зі збільшенням вмісту добавки, а середній PS добре впливав на цей показник. Пористість і еластичність дослідного зразка хліба мали вищі значення, ніж у контрольного зразка, але вони зменшувалися зі збільшенням кількості добавки. На параметри борошна та хлібної скоринки, колір м'якушки також впливали різні фракції добавки.

Бамія (*Abelmoschus esculentus*) характеризується високими харчовими і технологічними властивостями та не містить глютену (GF), що зумовлює доцільність використання цієї добавки у складі хліба [11]. Вивчено фізико-хімічні властивості порошку бамії, отриманого низькотемпературним процесом сушіння, та його вплив на якість хліба. Хліб, що містить WOP або FOP, демонстрував високий питомий об'єм і м'яку текстуру, гарантував довший термін зберігання незалежно від розміру частинок бамії. Бамію можна використовувати як інноваційний природний гідроколоїд.

Досліджено реологічні та хлібопекарські властивості лляно-пшеничного композитного борошна. Ляне борошно використовувалося для заміни 50, 100, 150 і 200 г на кг пшеничного борошна в хлібі. Фаринографічні дослідження показали, що водопоглинання, час розвитку тіста та індекс толерантності до змішування зростали зі збільшенням кількості лляного борошна, а стабільність тіста зменшувалася при 100, 150 та 200 г на кг заміни лляного борошна. Екстензографічна енергія тіста також зменшувалася при кількостях лляного насіння 150 і 200 г/кг. Додавання більшої кількості лляного борошна спричинило зниження розтяжності. Тісто, що містить 100, 150 і 200 г на кг лляного борошна, показало стійкість до розтягування порівняно з контрольним тістом. Питомий об'єм хліба з лляним борошном був подібний до контрольного зразка хліба. Показники якості у хліба з лляним борошном виявилися нижчими, ніж у контролю. Сенсорні властивості показали, що хліб високої якості можна виготовити з додаванням лляного борошна до рівня 200 г на кг.

Розглянуто можливість використання як добавки у випіканні хліба буряка. Буряк (*Beta vulgaris*) є джерелом різноманітних поживних речовин, таких як харчові волокна та беталаїни [12]. Порошок червоного буряка (RBP) додавали (до 70 %) у пшеничне борошно для виготовлення збагаченого поживними речовинами виробу. Додавання RBP значно знизило питомий об'єм (1,39–0,53 мл/г) і швидкість черствіння (4,14–2,59 %), одночасно збільшуючи твердість (2882–15056 г), оскільки добавка впливала на вторинну структуру клейковини та ослаблювала міцність. Установлено, що хліб із RBP показав покращення антиоксидантного потенціалу і знижений розрахунковий глікемічний індекс (від 70,8 до 60,7). Беталаїни значною мірою розкладаються під час пропарювання через ізомеризацію бетаніну до ізобетаніну. Сенсорний аналіз довів, що пшеничне борошно можна замінити RBP до 10 % без негативного впливу на якість хліба. Результати обґрунтували доцільність створення продуктів, збагачених буряком, із підвищеною поживною якістю.

Харчова якість та біологічно активний потенціал хліба, виготовленого з частковою заміною рафінованого пшеничного борошна (RWF) на 30 % або 45 % рафінованого гречаного борошна (RBF) або цільного гречаного борошна (WGBF), оцінювали за мінеральною біодоступністю, засвоюваністю крохмалю, вмістом харчових волокон. Біологічно активний потенціал встановлювали шляхом визначення рівнів рутину і кверцетину під час обробки [14]. Крім того, оцінювали технологічну якість та сенсорне сприйняття. Хліб, виготовлений з 30 % або 45 % WGBF, показав вищий вміст мінералів і клітковини порівняно з контролем, тоді як хліб із добавкою RBF показав вищу біодоступність. Рівень рутину в тісті до і після бродіння не змінився, але після випікання – підвищився. Найвищий гідроліз крохмалю був виявлений у складі виробу, що містить 45 % RBF. Композиції, виготовлені з 30 % RBF або 30 % WGBF, вирізнялися найкращими органолептичними показниками.

Мікрородорості є потужним джерелом поживних речовин, які можна використовувати для збагачення звичайних продуктів із низькою поживною цінністю, наприклад хліба без глютену (GF) [13]. Досліджено додавання водоростей видів: *Tetraselmis chuii* (Tc), *Chlorella vulgaris* (Cv) і *Nannochloropsis gaditana* (Ng). Біомаса призвела до значного збільшення вмісту білків, ліпідів, мінералів (Ca, Mg, K, P, S, Fe, Cu, Zn, Mn)

і антиоксидантної активності. Проте реологічні властивості тіста та відповідні сенсорні властивості хліба знизилися. Для вирішення цієї проблеми необхідна обробка біомаси етанолом для видалення пігментів і запахних сполук, це призвело до того, що дослідний зразок хліба отримав подібну оцінку, як і контрольний зразок під час сенсорних випробувань. Обробка етанолом також призводить до підвищення міцності тіста, завдяки чому більше бульбашок повітря утримується в тісті, що зумовлює одержання хліба м'якшої консистенції (на 23–65 %) та більшого об'єму (12–27 %). Спечений хліб із добавками Ng і Cv характеризується більшим збагаченням білка, ніж із добавкою Tc, тоді як збагачення Tc призвело до збільшення вмісту мінеральних речовин, особливо Ca, який був у шість разів вищим, ніж із іншими добавками. Загалом добавка Ng у поєднанні з обробкою етанолом дозволила отримати високопоживний хліб із покращеними технологічними та сенсорними властивостями.

Європейський орган з безпечності харчових продуктів (EFSA) законодавчо запровадив комерціалізацію харчових продуктів на основі водоростей відповідно до Регламенту про нові харчові продукти (ЄС) 2017/2470, що визначає нові продукти як їжу, котра не споживалася в значній мірі до травня 1997 року. Хліб GF, який зазвичай має низьку харчову цінність, вирізнявся загальним збільшенням вмісту білка, жиру та золи за рахунок включення біомаси водоростей. Вміст білка значно збільшився у результаті заміни 4 % всієї біомаси водоростей через високий вміст білка в добавці. Крім того, було зафіксовано більш

високе збагачення білком обробленої біомаси, ніж сирової. Аналогічно спостерігалось зростання вмісту золи завдяки використанню добавки з водоростей. Вміст вологи у випеченому хлібі та вуглеводів був однаковим в усіх рецептурах виробів.

Мінеральний профіль покращився в усіх зразках хлібів, збагачених біомасою водоростей, порівняно з контрольним хлібом. Особливе збагачення відбулося Ca та Fe. Водночас K, Mg, Cu, Zn, S і Mn зросли однаково, незалежно від типу використовуваної біомаси водоростей. Статус рекомендованої добової норми (RDV) вдалося досягти лише у випадку Mg, P, Fe та Mn у всіх комбінаціях хліба, включаючи контроль. Зразки хліба з 4 % мікрводоростей продемонстрували збільшення твердості та зменшення об'єму відносно контролю. Це підтверджує, що при низькому вмісті сирий білок мікрводоростей викликає дестабілізацію сітки, утвореної крохмалем і НРМС. Поліфеноли мають антиоксидантну активність, тому відзначено сильну позитивну кореляцію між вмістом фенолів та антиоксидантною активністю ( $r = 0,99$ ).

На рис. 1 чітко показано відмінності в кольорі хлібної скоринки / м'якушки різних зразків хліба.

Біомаса, оброблена етанолом, також зміцнила тісто, що призвело до покращення об'єму, текстури та кольору хліба. Усі зразки хліба на основі водоростей, оброблених етанолом, містили більше білка порівняно з відповідними зразками хліба з необробленими мікрводоростями. *Tetraselmis chuii* збільшив вміст кальцію в GF-хлібі більше, ніж інші види, тоді як найбільш перспективне поліпшення технологічних влас-

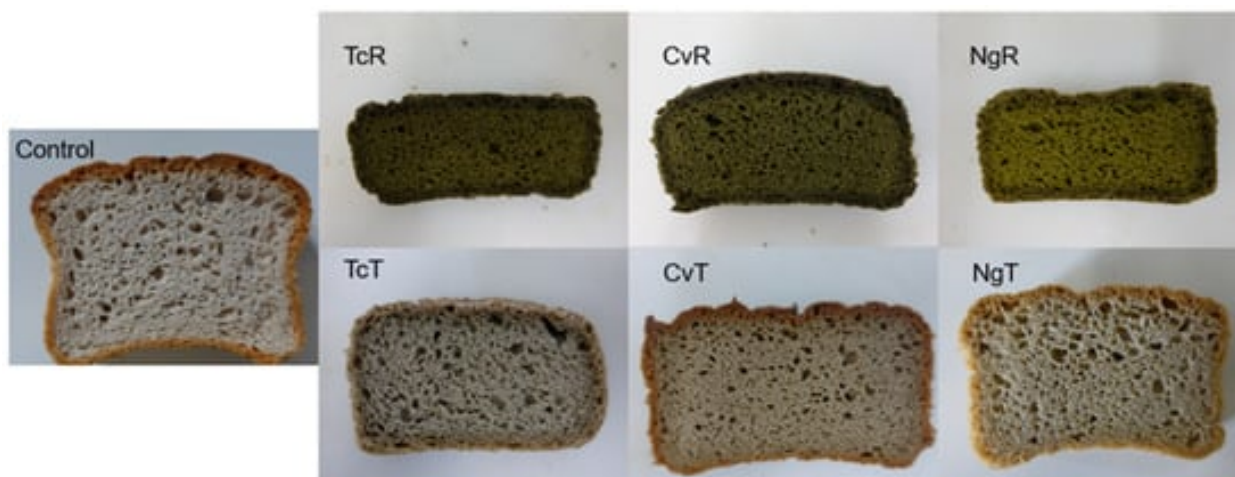


Рис. 1. Зображення безглютенного хліба з додаванням 4 % мікрводоростей: *Tetraselmis chuii* (TcR), *Tetraselmis chuii*, оброблений етанолом (TcT), *Chlorella vulgaris* (CvR), *Chlorella vulgaris*, оброблений етанолом (CvT), *Nannochloropsis* (NgR) і *Nannochloropsis gaditana*, оброблений етанолом (NgT).

тивостей хліба було помічено у *Nannochloropsis gaditana* на основі GF-хлібів.

У сучасних даних наукової літератури розглядається можливість застосування традиційних технологічних способів і прийомів (хімічні консерванти, закваска та молочнокислі бактерії, заморожування, упаковка з модифікованою атмосферою) та інноваційних технологій (обробка ультрависоким тиском, імпульсне електричне поле, омична обробка, радіочастотна обробка, активне пакування), що застосовуються для продовження терміну зберігання продукції.

Черствіння хліба є надзвичайно складним явищем, яке ще до кінця не вивчене [15]. Досліджувався вплив черствіння на термічні (DSC) і теплофізичні (DMA) властивості хліба. Процес черствіння посилює міграцію води від м'якушки до скоринки та збільшив фракцію незамерзаючої води (UFW). Ретроградація амілопектину посилювалася під час черствіння хліба, і було показано, що втрата замороженої води (FW) була викликана включенням води в кристалічну структуру крохмалю та міграцією води з м'якушки до скоринки. DMA зміг стежити за поведінкою м'якушки хліба під час заморожування. М'якушка стискалася протягом усього процесу охолодження та заморожування.

Flavourzyme є комерційною пептидазою, переважно з екзопептидазною активністю [16, 17]. Системно досліджено вплив додавання Flavourzyme (0–0,16 г/100 г) на властивості пшеничного тіста та хліба. Коли вміст Flavourzyme становив 0,04 г/100 г, швидкість черствіння хліба була найнижчою, це дає підставу припустити, що додавання Flavourzyme уповільнює процес черствіння хліба. Такий результат можна пояснити більшим початковим питомим об'ємом і меншою твердістю хліба. Багато факторів сприяють черствінню хліба, включаючи ретроградацію крохмалю, молекулярну рухливість води та зміни клейковини. Крім того, модифікація сітки клейковини та взаємодій протеїн-крохмаль, а також вода, що виділяється при гідролізі білка, може сприяти ефекту проти черствіння хліба.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** Таким чином, аналіз сучасних досліджень показав практичні можливості поліпшення якості та зберігання хліба шляхом застосування нових інгредієнтів. Дослідження демонструють збагачення хліба цінними речовинами, підвищення його харчової цінності та подовження тривалості збереження свіжості. У результаті збагачення готових виробів покра-

щуються особливо показники: реологічні характеристики тіста і сенсорні показники. Отримані результати та нові спрямування у цій галузі слугують обґрунтуванням для подальших досліджень і розробок.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Feng W., Ma S., Wang F., Wang X. Effect of black rice flour with different particle sizes on frozen dough and steamed bread quality. *Food Science+Technology?* 2022. Vol. 1. Pp. 235-249.
2. Joanna Kaszuba, Grażyna Jaworska, Barbara Krochmal-Marczak, Barbara Kogut, Piotr Kuźniar. Effect of bran addition on rheological properties of dough and quality of triticale bread. *Food Processing and Preservation?* 2021. Vol. 45. Pp. 1-9.
3. Radiana-Maria Tamba-Berehous, Stelica Cristea, Mioara Negoită, Ciprian Nicolae Popa, Mira Oana Turtoi. Bread making potential assessment of wheatoat composite flours. *Rom Biotechnol Lett?* 2019. Vol. 24(3). Pp. 522-530.
4. Abdullah N., Kumar A. A., Danish G., Khan D., Saikh Mohammad Wabaidur S. M., Altamimi J. Z., Alothman Z. A., Aldayel T. S. Impacts of wheat bran on the structure of the gluten network as studied through the production of dough and factors affecting gluten network. *Food Sci. Technol.* 2022. Vol. 1. Pp. 1-5.
5. Ma, F., Lee, Y. Y., & Baik, B. Bran characteristics influencing quality attributes of whole wheat chinese steamed bread. *Journal of Cereal Science.* 2022. Vol. 79. Pp. 431-439.
6. Benam, N. S., Goli, M., Ardebili, S. M. S., & Vaezshoushtari, N. The quality characteristics of dough and toast bread prepared with wheat flour containing different levels of *Portulaca oleracea* leaf powder. *Food Science and Technology.* 2021. Vol. 12 (2). Pp. 121-132.
7. Sivam, A. S., Sun-Waterhouse, D., Quek, S. Y., & Perera, C. O. Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review. *Journal of Food Science.* 2010. Vol. 75 (8). Pp. 163-R174.
8. Anna Fraś, Kinga Gołębiewska, Damian Gołębiewski, Dariusz R. Mańkowski, Danuta Boros, Przemysław Szczówka. Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread. *Journal of Cereal Science.* 2016. Vol. 1. Pp. 66-72.
9. Cristina Ferrero. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. *Food Hydrocolloids.* 2019. Vol. (1). Pp. 15-22.
10. Sean Jun Leong Ou, Jingying Yu, Weibiao Zhou, Mei Hui Liu. Effects of anthocyanins on bread microstructure, and their combined impact on starch digestibility. *Food Chemistry.* 2021. Vol. 374. Pp. 96-112.
11. Deborah Tufaro, Angela Bassoli, Carola Cappa. Okra (*Abelmoschus esculentus*) Powder Production

and Application in Gluten-Free Bread: Effect of Particle Size. *Food and Bioprocess Technology*. 2022. Vol. 26 (1). Pp. 425-437.

12. Rongbin Cui, Yuchen Fei, Fan Zhu. Physicochemical, structural and nutritional properties of steamed bread fortified with red beetroot powder and their changes during breadmaking process. *Food Chemistry*. 2022. Vol. (1). Pp. 2341-2353.

13. Lara T. G. F. Brites, Ana P. Rebellato, Adriana D. Meinhart, Helena T. Godoy, Juliana A. L. Pallone, Caroline J. Steel. Technological, sensory, nutritional and bioactive potential of pan breads produced with refined and whole grain buckwheat flours. *Food Chemistry*. 2022. Vol. 13. Pp. 333-342.

14. Muhammad Waqas Qazi, Inês Gonçalves de Sousa, Maria Cristiana Nunes, Anabela Raymundo. Improving the Nutritional, Structural, and Sensory Properties of Gluten-Free Bread with Different Species of Microalgae. *Foods*. 2022. Vol. 11 (397). Pp. 1181-1193.

15. Pablo D. Ribotta, AlainLe Bail. Thermo-physical assessment of bread during staling. *LWT - Food Science and Technology*. 2007. Vol. 40 (5). Pp. 879-884.

16. Miaomiao Gu, Tingting Hong, Yongshuai Ma, Jinzhong Xi, Qiyao Zhao, Dan Xu, Yamei Jin, Fengfeng Wu, Xueming Xu. Effects of a commercial peptidase on rheology, microstructure, gluten properties of wheat dough and bread quality. *LWT*. 2022. Vol. 160. Pp. 444-458.

17. Yixuan Liu, Yue Leng, Shensheng Xiao, Yudong Zhang, Wenping Ding, Beibei Ding, Yan Wu, Xuedong Wang, Yang Fu. Effect of inulin with different degrees of polymerization on dough rheology, gelatinization, texture and protein composition properties of extruded flour products. *LWT*. 2022. Vol. 159. Pp. 223-231.

#### REFERENCES:

1. Feng W., Ma S., Wang F., Wang X. (2022), Effect of black rice flour with different particle sizes on frozen dough and steamed bread quality, *Food Science+Technology?*, vol. 1, pp. 235-249.

2. Joanna Kaszuba, Grażyna Jaworska, Barbara Krochmal-Marczak, Barbara Kogut, Piotr Kuźniar (2021), Effect of bran addition on rheological properties of dough and quality of triticale bread, *Food Processind and Preservation?*, vol. 45, pp. 1-9.

3. Radiana-Maria Tamba-Berehous, Stelica Cristea, Mioara Negoită, Ciprian Nicolae Popa, Mira Oana Turtoi (2019), Bread making potential assessment of wheatoat composite flours, *Rom Biotechnol Lett?*, vol. 24(3), pp. 522-530.

4. Abdullah N., Kumar A. A., Danish G., Khan D., Saikh Mohammad Wabaidur S. M., Altamimi J. Z., Alothman Z. A., Aldayel T. S. (2022), Impacts of wheat bran on the structure of the gluten network as studied through the production of dough and factors affecting gluten network, *Food Sci. Technol.*, vol. 1, pp. 1-5.

5. Ma, F., Lee, Y. Y., & Baik, B. (2022), Bran characteristics influencing quality attributes of whole wheat chinese steamed bread, *Journal of Cereal Science*, vol. 79, pp. 431-439.

6. Benam, N. S., Goli, M., Ardebili, S. M. S., & Vaezshoushtari, N. (2021), The quality characteristics of dough and toast bread prepared with wheat flour containing different levels of *Portulaca oleracea* leaf powder, *Food Science and Technology*, vol. 12 (2), pp. 121-132.

7. Sivam, A. S., Sun-Waterhouse, D., Quek, S. Y., & Perera, C. O. (2010), Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review, *Journal of Food Science*, vol. 75 (8), pp. 163-R174.

8. Anna Fraś, Kinga Gołębiowska, Damian Gołębiowski, Dariusz R. Mańkowski, Danuta Boros, Przemysław Szczówka (2016), Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread, *Journal of Cereal Science*, vol. 1, pp. 66-72.

9. Cristina Ferrero (2019), Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review, *Food Hydrocolloids*, vol. (1), pp. 15-22.

10. Sean Jun Leong Ou, Jingying Yu, Weibiao Zhou, Mei Hui Liu (2021), Effects of anthocyanins on bread microstructure, and their combined impact on starch digestibility, *Food Chemistry*, vol. 374, pp. 96-112.

11. Deborah Tufaro, Angela Bassoli, Carola Cappa (2022), Okra (*Abelmoschus esculentus*) Powder Production and Application in Gluten-Free Bread: Effect of Particle Size, *Food and Bioprocess Technology*, vol. 26 (1), pp. 425-437.

12. Rongbin Cui, Yuchen Fei, Fan Zhu (2022), Physicochemical, structural and nutritional properties of steamed bread fortified with red beetroot powder and their changes during breadmaking process, *Food Chemistry*, vol. (1), pp. 2341-2353.

13. Lara T. G. F. Brites, Ana P. Rebellato, Adriana D. Meinhart, Helena T. Godoy, Juliana A. L. Pallone, Caroline J. Steel (2022), Technological, sensory, nutritional and bioactive potential of pan breads produced with refined and whole grain buckwheat flours, *Food Chemistry*, vol. 13, pp. 333-342.

14. Muhammad Waqas Qazi, Inês Gonçalves de Sousa, Maria Cristiana Nunes, Anabela Raymundo (2022), Improving the Nutritional, Structural, and Sensory Properties of Gluten-Free Bread with Different Species of Microalgae, *Foods*, vol. 11 (397), pp. 1181-1193.

15. Pablo D. Ribotta, AlainLe Bail (2007), Thermo-physical assessment of bread during staling, *LWT - Food Science and Technology*, vol. 40 (5), pp. 879-884.

16. Miaomiao Gu, Tingting Hong, Yongshuai Ma, Jinzhong Xi, Qiyao Zhao, Dan Xu, Yamei Jin, Fengfeng Wu, Xueming Xu (2022), Effects of a commercial peptidase on rheology, microstructure, gluten properties of wheat dough and bread quality, *LWT*, vol. 160, pp. 444-458.

17. Yixuan Liu, Yue Leng, Shensheng Xiao, Yudong Zhang, Wenping Ding, Beibei Ding, Yan Wu, Xuedong Wang, Yang Fu (2022), Effect of inulin with different degrees of polymerization on dough rheology, gelatinization, texture and protein composition properties of extruded flour products, *LWT*, vol. 159, pp. 223-231.

*Стаття надійшла до редакції 19 листопада 2022 року*