

МАТИСОВ ОЛЕКСАНДР

Сумський національний аграрний університет

<https://orcid.org/0009-0003-7487-662X>e-mail: matisskk@ukr.net**МЕЛЬНИК ОКСАНА**

Сумський національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-9201-7955>e-mail: oksana.melnyk@snau.edu.ua

ШЛЯХИ ПОДОВЖЕННЯ СВІЖОСТІ ХЛІБА

Статтю присвячено аналізу методів подовження терміну зберігання хліба, шляхом використання продуктивних та процесних інновацій, що дозволить зменшити харчові втрати та покращити економічні показники виробництва. Серед технологічних методів подовження терміну зберігання хліба використовують додавання до рецептури екстрактів рослин, які уповільнюють процеси окислення жирів у виробах. Щоб зберегти м'якість хліба, до його складу додають білкові добавки, гідроколіди, зокрема глютен, соєвий білок, желатин. Окрім того, для покращення структури тіста та уповільнення процесу черствіння широко застосовують ферментні препарати, пригніченню росту плісняви й бактерій сприяє використання органічних кислот.

В роботі також проведено оцінку процесних інновацій, до яких належить удосконалене бродіння із застосуванням пробіотичних культур, що запобігають розвитку небажаної мікрофлори. Проаналізовано застосування випікання при нижчих температурах із тривалішим часом, що забезпечує рівномірне пропікання виробів, обробки інфрачервоним випромінюванням для зменшення вологості на поверхні хліба, швидкого охолодження для запобігання утворенню конденсату, який є причиною появи цвілі. Встановлено доцільність використання ультрафіолетового та іонізаційного випромінювання у подовженні термінів зберігання хліба, як альтернативних методів консервування, використання автоматичного пакування для зниження мікробного забруднення та контроль повітряного середовища у пакувальних відділеннях допомагає для зберігання споживчих характеристик хліба.

Тому дослідження процесів, що відбуваються під час зберігання хліба, та методів впливу на них, дозволить зменшити кількість відходів, отримати продукцію з високими споживчими характеристиками, подовжити термін її зберігання, що є стратегічно важливим в умовах глобалізації виробництва.

Ключові слова: хліб, споживчі властивості, ферменти, добавки, процесні інновації, черствіння.

MATISIV OLEKSANDR**MELNYK OKSANA**

Sumy National Agrarian University

WAYS TO PROLONG THE FRESHNESS OF BREAD

The article is devoted to the analysis of methods for extending the shelf life of bread, through the use of product and process innovations, which will reduce food losses and improve the economic performance of production. Among the technological methods for extending the shelf life of bread, the addition of plant extracts to the recipe is used, which slow down the oxidation processes of fats in the products. To maintain the softness of bread, protein additives, hydrocolloids, in particular gluten, soy protein, gelatin, are added to its composition. In addition, enzyme preparations are widely used to improve the structure of the dough and slow down the process of staleness, the use of organic acids contributes to the inhibition of the growth of mold and bacteria. The work also evaluates process innovations, which include improved fermentation with the use of probiotic cultures that prevent the development of undesirable microflora. The use of baking at lower temperatures for a longer time, which ensures uniform baking of products, infrared radiation treatment to reduce moisture on the surface of bread, rapid cooling to prevent the formation of condensation, which is the cause of mold, was analyzed. The feasibility of using ultraviolet and ionizing radiation in extending the shelf life of bread as alternative preservation methods was established, the use of automatic packaging to reduce microbial contamination, and control of the air environment in packaging compartments helps to preserve the consumer characteristics of bread.

Therefore, the study of the processes occurring during bread storage and methods of influencing them will allow reducing the amount of waste, obtaining products with high consumer characteristics, extending its shelf life, which is strategically important in the context of globalization of production.

Keywords: bread, consumer properties, enzymes, additives, process innovations, staling.

Постановка проблеми

Хліб відноситься до основних продуктів харчування, який є одним з найдавніших, виготовляється за різними технологіями і споживається у більшості країн світу.

Таке широке споживання хліба надає йому глобального значення не тільки на місцевому, а й на міжнародному рівні харчування. Хліб та хлібні вироби є джерелом важливих нутрієнтів, які здійснюють позитивний вплив на здоров'я людини та забезпечують організм поживними речовинами. Впродовж багатьох років хліб був одним із важливих та популярних харчових продуктів завдяки своїй високій поживній цінності та унікальним органолептичним властивостям, таким як смак, аромат, текстура м'якушки та структура скоринки. Смак і аромат хліба є результатом складних біохімічних процесів, що включають спиртове, молочнокисле бродіння та термічні реакції, в результаті яких утворюється ряд хімічних речовин, таких як органічні кислоти, альдегіди, кетони, ефіри, фенольні та пірозинові сполуки, амінокислоти та пептиди, діацетил та інші. Гармонійне поєднання цих речовин створює неповторний букет, який так цінується споживачами.

Хліб також вживають, як альтернативний продукт харчування, для людей приміської зони та додатковий продукт для споживачів міста. Враховуючи стрімкий розвиток технологій, зміну моделей харчування, розширення асортименту харчової продукції, збільшення кількості заміників хліба (фастфуду та сухих сніданків), річна кількість споживання хліба на душу населення за останні роки зменшилася, однак вимоги до його якісних та споживчих показників, зросли.

В умовах сьогодення потреба у подовженні терміну зберігання хліба та збереженні його споживчих характеристик для забезпечення якісного харчування різних категорій населення, зокрема військовослужбовців, постійно зростає. Тому використання продуктових та процесних інновацій для проектування та створення хлібобулочних виробів подовженого терміну зберігання потребує додаткового дослідження та систематизації [1].

Хліб є одним із найпопулярніших продуктів харчування, однак він швидко втрачає свіжість і може пліснявіти. Тому дослідження покращення якості та терміну зберігання хліб завжди були предметом особливого інтересу.

Аналіз останніх джерел

Для подовження терміну зберігання хліба використовують різні методи, які забезпечують зберігання якості та безпечності продукту. Умовно методи можна поділити на процесні та продуктові. Одним з методів подовження терміну зберігання є використання природних консервантів, додавання оцету та його похідних, вміст яких уповільнює ріст бактерій та плісняви, використання солі та цукру, які знижують активність води в хлібіві, запобігаючи мікробіологічному псуванню, а також використання рослинної сировини (розмарин, чебрець, кориця, екстракти чаю), які мають антимікробну дію. Використання стабілізаторів та емульгаторів також дозволяє продовжити термін придатності хлібобулочних виробів, сприяє збереженню сенсорних властивостей [1,2], покращенню здатності утримувати вологу, дозволяє підтримувати м'якість хліба, запобігаючи його висиханню. Одним з методів подовження термінів зберігання хліба є використання пропіонатів та сорбатів, які відносяться до харчових консервантів та додаються у невеликих кількостях у хлібні вироби для запобігання черствінню [3].

Встановлено вплив α -амілази та мальтогенної амілази на ретроградацію крохмалю та зниження пружності м'якушки [4]. З досліджень видно, що використання амілаз у випічці хліба впливає на зменшення твердості хліба під час зберігання за рахунок зменшення ретроградації крохмалю, зниження пружності крохмального клейстеру та сповільнення взаємодії між крохмалем та білком. Відомо, що сповільнення черствіння відбувається завдяки здатності альфа-амілаз гідролізувати амілопектин з утворенням низькомолекулярних полімерів з розгалуженим ланцюгом. Такі структури менш піддаються ретроградації і можуть впливати на рухливість та доступність води. Використання ферментів ефективних у сповільненні процесів черствіння хліба дозволяють затримати ретроградацію крохмалю, зберегти еластичність м'якушки протягом часу збереження показників прийнятності хліба (органолептичних та мікробіологічних).

Використання різних гідроколоїдів (камеді, модифікований крохмаль, желатин з свинячої шкірки) впливає на покращення технологічних та сенсорних властивостей хліба за рахунок інгібування процесу переупорядкування ланцюга крохмалю та утворення аморфної структури та водневих зв'язків між компонентами хліба, таким чином перешкоджаючи ретроградації крохмалю та сповільнюючи черствіння [4].

Дослідження впливу розпушувачів (дріжджів та заквасок) на якість хліба показало позитивний вплив різних штамів молочнокислих бактерій на термін зберігання хліба за рахунок продукування протигрибкових сполук та за рахунок специфічної ферментативної активності, що впливає на термін зберігання, а також колір і смак, затримує процес черствіння, зберігаючи підвищену вологість і кращі механічні властивості хліба [5].

Слід зауважити, що в умовах розвитку харчового виробництва в умовах пропагування концепції циркулярної економіки, використання побічних продуктів переробки або вторинної сировини, яка є джерелом функціональних інгредієнтів, може бути одним з шляхів впливу на термін придатності хліба [6].

Особливий інтерес в останні роки викликають добавки для фортифікації складу хліба за рахунок додавання рослинної сировини, зокрема бобових, які здатні компенсувати брак незамінних амінокислот, підвищуючи білковий профіль хліба та покращуючи засвоюваність білка *in vitro*. Крім того, білкові добавки мають високу зв'язуючу здатність та підвищують водопоглинання тіста, а можлива взаємодія між крохмалем та білками може брати участь у збереженні вологості м'якушки та подовженні терміну зберігання хліба.

У той час, коли продуктові інновації у технологіях хлібних виробів представлені та вивчені досить широко, дослідження впливу технологічних процесів на уповільнення черствіння хліба потребує детального вивчення та систематизації.

Виклад основного матеріалу

Загально визнано [7], що процес черствіння хліба залежить від: рецептури виробів, технології приготування хліба та його зберігання. Параметри зберігання хліба, такі як вологість, температура, сприяють остаточному зміцненню м'якушки внаслідок крохмальної ретроградації, в процесі якої відбувається складний процес перерозподілу вологи по масі хліба з наступною втратою вологи.

Рекристалізація крохмалю також може бути зменшена за рахунок водневих зв'язків, утворених між глютенем та крохмальними гранулами.

Вивченню процесу черствіння присвячено багато досліджень, в яких визначали роль різних класів хімічних сполук, які присутні або додаються в рецептуру виробу для сповільнення процесу черствіння. Незважаючи на останні дослідження, механізм черствіння на рівні макро- та мікронутрієнтів вивчений ще не достатньо. Додаткових досліджень потребують процеси ущільнення м'якушки; фактори, що зумовлюють процеси фізичного черствіння та їх взаємодію; перерозподіл вологи та її втрати, як основний процес черствіння; роль головних та додаткових складових рецептури; ферментативна активність компонентів рецептури на всі перелічені процеси вище [8,9].

До процесних інновацій, що використовуються для подовження терміну зберігання хліба, належить удосконалене бродіння із застосуванням пробіотичних культур у заквасках, які знижують рН середовища, запобігаючи розвитку небажаної мікрофлори [10]. Під час випікання хліба використовується паробробка, яка знешкоджує мікроорганізми на поверхні тістової заготовки та утворює захисний бар'єр. Парозволоженню піддають тістові заготовки при подачі у піч, здійснюють обробку за допомогою гарячої пари протягом 4-12 с. Також застосовується випікання при нижчих температурах із тривалішим часом, що забезпечує рівномірне пропікання виробів.

До інноваційних методів подовження терміну зберігання хліба відносять обробку інфрачервоним (ІЧ) або ультрафіолетовим (УФ) випромінюванням, оскільки вони здатні значно знижувати рівень мікробіологічного забруднення [11,12].

Метод з використанням (ІЧ) променів заснований на використанні тепла, що генерується інфрачервоним випромінюванням, для обробки поверхні хліба. ІЧ-випромінювання здатне знижувати кількість мікроорганізмів на поверхні хлібобулочних виробів та запобігати розвитку цвілевих грибів та бактерій. Цей процес також сприяє зменшенню вологості на поверхні хліба, що важливо для запобігання утворенню конденсату, який сприяє розвитку плісняви. Водночас, інфрачервоне випромінювання покращує структуру хліба, роблячи його більш стійким до черствіння [13].

Метод з використанням УФ-випромінювання активно використовують для знищення шкідливих мікроорганізмів, оскільки воно ефективно руйнує ДНК бактерій та плісняви, спричиняючи зупинку у їх розмноженні. Однак встановлено, що УФ-випромінювання має обмежений ефект, оскільки діє тільки на поверхневих шарах хліба, тому УФ-випромінювання часто використовують для попередньої обробки готових виробів перед пакуванням. Водночас УФ-обробка є екологічно чистим методом, оскільки не передбачає використання хімічних добавок і не впливає на органолептичні характеристики хліба.

Ще одним методом, який сприяє сповільненню процесів мікробіологічного псування хліба є іонізація або радіаційна обробка, що включає вплив на хліб різними видами іонізуючого випромінювання, такими як гамма-промені, електронні пучки або рентгенівські промені. Цей процес використовується для знищення мікроорганізмів, таких як бактерії, гриби та віруси, що можуть спричинити псування продукту та знижувати його якість.

Процес іонізації передбачає обробку хліба випромінюванням, яке має достатню енергію для того, щоб іонізувати молекули в клітинах мікроорганізмів, руйнуючи їх структуру. Це призводить до порушення життєвих процесів мікроорганізмів, зокрема їх здатності до розмноження. В результаті цього процесу знижується кількість шкідливих бактерій та грибків на поверхні хліба, що уповільнює процес псування продукту та забезпечує його триваліше зберігання без застосування хімічних консервантів [14].

Окрім стерилізації мікроорганізмів, радіаційна обробка також може впливати на інші процеси, які відбуваються в хлібобулочних виробках. Використання даного методу сприяє сповільненню процесів окислення жирів, що допомагає зберегти смак та текстуру хліба протягом тривалого періоду. Також, радіаційна обробка здатна зменшити кількість спор пліснявих грибів, що запобігає розвитку цвілі в умовах зберігання.

Іонізація хліба є швидким і ефективним методом обробки, який забезпечує збереження безпеки продукту та зменшує втрати харчових продуктів через псування. Однак варто зазначити, що цей метод потребує суворого контролю та додаткового дослідження, оскільки надмірне використання іонізуючого випромінювання може вплинути на органолептичні властивості хліба, такі як смак, запах і текстура. Тому радіаційна обробка повинна здійснюватися в межах, які дозволяють зберегти якість продукту без шкоди для споживачів [15].

У багатьох країнах, зокрема в Європейському Союзі та США, іонізація хліба є дозволеною практикою, хоча її застосування суворо регламентується на рівні національних і міжнародних стандартів безпеки харчових продуктів. Така обробка є однією з альтернатив до традиційних методів консервування, таких як додавання хімічних консервантів, що робить її привабливою для виробників, які прагнуть до мінімізації хімічного навантаження на продукт [16].

Важливу роль у збереженні свіжості хліба відіграє пакування. Автоматичне пакування хлібобулочних виробів без ручного втручання є важливим етапом, що зменшує ризик мікробного забруднення. Завдяки автоматизації процесу пакування, хліб не контактує з людськими руками, що значно знижує ймовірність потрапляння бактерій або інших шкідливих мікроорганізмів на поверхню продукту. Це забезпечує гігієну виробництва та запобігає забрудненню хліба під час його пакування.

Крім того, автоматичні пакувальні системи працюють з високою швидкістю та точністю, це зменшує ймовірність помилок та підвищує ефективність виробництва [17].

Для забезпечення оптимальних умов зберігання хліба в пакувальних приміщеннях важливо підтримувати контрольоване повітряне середовище. Для цього використовують ефективні системи фільтрації повітря для очищення його від пилу та мікроорганізмів, які можуть потрапити на продукт. Крім того, важливим аспектом є регулювання вологості та температури в пакувальному приміщенні. Надлишкова вологість у приміщеннях може призвести до утворення конденсату всередині упаковки, що створює сприятливе середовище для розвитку плісняви. Контроль температури приміщень допомагає швидко провести охолодження виробів та уникнути надмірного нагрівання, яке призводить до його передчасного черствіння [18].

Одним із ефективних способів продовження терміну зберігання є використання модифікованого газового середовища, коли в упаковці зменшують вміст кисню та збільшують вміст вуглекислого газу або азоту. Це уповільнює окислювальні процеси та гальмує розвиток мікроорганізмів, сприяє збереженню свіжості хліба протягом тривалого часу.

Серед найбільш ефективних методів пакування виділяють використання біоактивних плівок, які містять антимікробні агенти, такі як ефірні олії та наночастинки срібла. Такі плівки запобігають розвитку мікроорганізмів, подовжуючи термін зберігання хліба. Крім того, усе більшого значення набуває застосування екоупаковки з біорозкладних полімерів, що не лише сприяє збереженню свіжості продукту, але й зменшує негативний вплив на навколишнє середовище, допомагаючи досягати цілей сталого розвитку [18].

Всі ці технології в сукупності дозволяють виробникам хлібобулочних виробів значно покращити якість продукції при тривалому зберіганні, зменшити ступінь мікробного забруднення виробів та забезпечити високу конкурентоспроможність на ринку.

Висновки

Сучасні методи обробки хліба для подовження терміну його зберігання спрямовані на забезпечення безпеки продукту, збереження його якості та зменшення харчових втрат. Використання натуральних консервантів дозволяє ефективно уповільнити процеси окислення, зберегти свіжість і м'якість хліба, зменшити мікробіологічне забруднення. Застосування ферментів покращує структуру тіста та знижує швидкість черствіння.

Серед інноваційних технологій обробки хліба важливу роль відіграють фізичні методи, такі як інфрачервоне, ультрафіолетове випромінювання, іонізаційна обробка, які забезпечують зниження мікробного забруднення без використання хімічних консервантів. Застосування автоматизованого пакування без ручного втручання у поєднанні з контрольованим середовищем у приміщеннях для пакування сприяє збереженню якості хліба та знижує ризик мікробного забруднення. Використання модифікованого газового середовища додатково уповільнює окислювальні процеси, що сприяє збереженню свіжості продукту.

Поєднання цих методів дозволяє значно подовжити термін зберігання хлібобулочних виробів, зберігаючи їх смакові характеристики та поживну цінність. Інноваційні підходи в обробці та пакуванні хліба не тільки підвищують його конкурентоспроможність на ринку, але й відповідають сучасним вимогам безпеки харчових продуктів та сталого розвитку.

Література

1. Taglieri, I., Quartacci, M. F., Zinnai, A., Bianchi, A., Sanmartin, C., Venturi, F., & Macaluso, M. (2020). Overcoming bread quality decay concerns: Main issues for bread shelf life as a function of biological leavening agents and different extra ingredients used in formulation. *A review. Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 1732–1743. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10816>
2. Melini, V., & Melini, F. (2018). Strategies to extend bread and GF bread shelf-life: From sourdough to antimicrobial active packaging and nanotechnology. *Fermentation*, 4(1), 5–10. <https://doi.org/10.3390/fermentation4010009>
3. Танасійчук, Б. М., & Мешков, Ю. Є. (2020). Шляхи подовження тривалості зберігання хліба. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 1(72), 135–140.
4. Zhang, L., Li, Z., Qiao, Y., Zhang, Y., Zheng, W., Zhao, Y., et al. (2019). Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by a maltohexaose-producing α -amylase. *Journal of Cereal Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102880>
5. Belz, M. C. E., Axel, C., Arendt, E. K., Lynch, K. M., Brosnan, B., Sheehan, E. M., et al. (2019). Improvement of taste and shelf life of yeasted low-salt bread containing functional sourdoughs using *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 and *Weissella cibaria* MG1. *International Journal of Food Microbiology*, 302, 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.024>
6. Yu, W., Xu, D., Li, D., Guo, L., Su, X., Zhang, Y., et al. (2019). Effect of pigskin-originated gelatin on properties of wheat flour dough and bread. *Food Hydrocolloids*, 94, 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.032>

7. Chemsino Industry Co., Ltd. (2023). П'ять харчових добавок – ключ до продовження терміну зберігання хліба. *Chemsino Industry Co., Ltd.* Retrieved from <https://ua.cnadditives.com/info/five-food-additives-extending-the-shelf-life-88720211.html>
8. Bauer, A.-S., Saarniit, K., Galić, K., & Krauter, V. (2022). Cereal and confectionary packaging: Background, application and shelf-life extension. *Food Packaging and Shelf Life*, 33, Article 100872. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.100872>
9. Peng, B., Li, Y., Ding, S., & Yang, J. (2017). Characterization of textural, rheological, thermal, microstructural, and water mobility in wheat flour dough and bread affected by trehalose. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.082>
10. Sun, L., Li, X., Zhang, Y., Yang, W., Ma, G., Ma, N., et al. (2020). A novel lactic acid bacterium for improving the quality and shelf life of whole wheat bread. *Food Control*, 109, 106914. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106914>
11. Петренко, І. В., & Сидоренко, О. М. (2020). Вплив ультрафіолетового опромінення на мікробіологічну стабільність хлібобулочних виробів. *Харчова промисловість*, 3, 45–50.
12. Іванченко, Л. М., & Коваленко, П. С. (2022). Використання УФ-опромінення для зниження мікробного обсіменіння хліба. *Харчові технології та інновації*, 5, 33–39.
13. Urasen, S., & Wattanachai, P. (2020). Packaging to prolong shelf life of preservative-free white bread. *Journal of Food Science and Technology*, 57(11), 4037–4045. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04407-7>
14. Коваленко, П. С., & Іванченко, Л. М. (2019). Застосування іонізуючого випромінювання для подовження терміну зберігання хліба. *Технологія і безпека харчових продуктів*, 13(2), 112–118.
15. Грищенко, Т. В., & Мельник, А. О. (2023). Іонізаційна обробка хлібобулочних виробів: вплив на термін зберігання та якість. *Журнал харчової науки і технологій*, 15(1), 101–108.
16. Melini, V., & Melini, F. (2020). Packaging and the shelf life of bread. *Reference Module in Food Science*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.23049-6>
17. Melini, V., & Melini, F. (2019). Strategies to extend bread and GF bread shelf-life: From sourdough to antimicrobial active packaging and nanotechnology. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 889–906. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12449>
18. Sivarooban, T., et al. (2016). Effect of natural preservatives on shelf life extension of bread: A review. *Food Control*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.012>

References

1. Taglieri, I., Quartacci, M. F., Zinnai, A., Bianchi, A., Sanmartin, C., Venturi, F., & Macaluso, M. (2020) Overcoming bread quality decay concerns: main issues for bread shelf life as a function of biological leavening agents and different extra ingredients used in formulation. A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 1732–1743. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10816>
2. Melini V, Melini F. Strategies to extend bread and GF bread shelf-life: From Sourdough to antimicrobial active packaging and nanotechnology. *Fermentation*. 4:5–10 (2018).
3. Tanasijchuk B. M., Myeshkov YU. Ye. «SHlyahi podovzhennya trivalosti zberigannya hliba» // Visnik Hersonskogo nacionalnogo technichnogo universitetu. – 2020. – №1(72), ch. 1. – S. 135–140.
4. Zhang L, Li Z, Qiao Y, Zhang Y, Zheng W, Zhao Y, et al. Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by a maltohexaose producing α -amylase. *J Cereal Sci* (2019).
5. Belz MCE, Axel C, Arendt EK, Lynch KM, Brosnan B, Sheehan EM, et al. Improvement of taste and shelf life of yeasted low-salt bread containing functional sourdoughs using *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 and *Weissella cibaria* MG1. *Int J Food Microbiol*. 302:69–79 (2019).
6. Yu W, Xu D, Li D, Guo L, Su X, Zhang Y, et al. Effect of pigskin-originated gelatin on properties of wheat flour dough and bread. *Food Hydrocoll*. 94:183–90 (2019).
7. Chemsino Industry Co., Ltd. P'yat harchovih dobavok – klyuch do prodovzhennya terminu zberigannya hliba // Chemsino Industry Co., Ltd. – 2023. – Rezhim dostupu: <https://ua.cnadditives.com/info/five-food-additives-extending-the-shelf-life-88720211.html>.
8. Bauer A.-S., Saarniit K., Galić K., Krauter V. «Cereal and Confectionary Packaging: Background, Application and Shelf-Life Extension» // *Food Packaging and Shelf Life*. – 2022. – Vol. 33. – Article 100872.
9. Peng B, Li Y, Ding S, Yang J. Characterization of textural, rheological, thermal, microstructural, and water mobility in wheat flour dough and bread affected by trehalose. *Food Chem*. (2017).
10. Sun L, Li X, Zhang Y, Yang W, Ma G, Ma N, et al. A novel lactic acid bacterium for improving the quality and shelf life of whole wheat bread. *Food Control*. 109:106914 (2020).
11. Petrenko I. V., Sidorenko O. M. Vpliv ultrafioletovogo oprominennya na mikrobiologichnu stabilnist hlibobulochnih virobiv // *Harchova promislovist*. – 2020. – № 3. – S. 45–50.
12. Ivanchenko L. M., Kovalenko P. S. Viktoristannya UF-oprominennya dlya znizhennya mikrobnogo obsimeninnya hliba // *Harchovi tehnologiyi ta innovaciyi*. – 2022. – № 5. – S. 33–39.
13. Urasen S., Wattanachai P. «Packaging to Prolong Shelf Life of Preservative-Free White Bread» // *Journal of Food Science and Technology*. – 2020. – Vol. 57, Issue 11. – P. 4037–4045.
14. Kovalenko P. S., Ivanchenko L. M. Zastosuvannya ionizuyuchogo viprominyuvannya dlya podovzhennya terminu zberigannya hliba // *Tehnologiya i bezpeka harchovih produktiv*. – 2019. – T. 13, № 2. – S. 112–118.
15. Grishhenko T. V., Melnik A. O. Ionizacijna obrobka hlibobulochnih virobiv: vpliv na termin zberigannya ta yakist // *ZHurnal harchovoyi nauki i tehnologij*. – 2023. – T. 15, № 1. – S. 101–108.
16. Melini V., Melini F. «Packaging and the Shelf Life of Bread» // *Reference Module in Food Science*. – 2020. – P. 1–10.
17. Melini V., Melini F. «Strategies to Extend Bread and GF Bread Shelf-Life: From Sourdough to Antimicrobial Active Packaging and Nanotechnology» // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2019. – Vol. 18, Issue 3. – P. 889–906.
18. Sivarooban T., et al. "Effect of natural preservatives on shelf life extension of bread: A review." *Food Control*, 2016.