

УДК 664.664.6

STUDY OF STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BUCKWHEAT FLOUR DOUGH

L. Mykhonik, I. Pohorielov*National University of Food Technologies***I. Hetman,***Institute of Food Resources***Key words:**

flour,
green buckwheat,
structural and mechanical
properties,
nutritional value,
bakery products

Article history:

Received 12.09.2024

Received in revised form
25.09.2024

Accepted 10.10.2024

Corresponding author:

GM_Lora@i.ua

ABSTRACT

The article provides an analytical review of the use of buckwheat flour in the technology of bakery products. It is shown that the use of this raw material will improve the amino acid, mineral and vitamin composition of the products, will help to increase the content of food fibers in them and reduce the glycemic index, will help to expand the assortment of health products. Today, there are two types of buckwheat flour on the market — from green and dark buckwheat. Green buckwheat flour is made from thermally unprocessed groats, so it maximally preserves the entire range of macro- and micronutrients, biologically active substances. The use of flour from dark and green buckwheat in the baking industry requires the study of the technological properties of this raw material, including the rheological characteristics of the dough with it. The purpose of research, selected materials and research methods are formulated in the article. The results of a set of studies on the study of the structural and mechanical characteristics of wheat flour dough with the addition of 20% of dark and green buckwheat flour are presented.

With the help of a farinograph and alveograph, it was established that the addition of buckwheat flour increases the water absorption capacity and duration of dough formation, increases its thinning, elasticity and reduces extensibility, but at the same time its stability increases. The rheological characteristics of the dough with green buckwheat flour, namely its specific volume, duration of formation, stability, elasticity, P/L ratio, expansion index (G) are close to the corresponding values of the control sample, which indicates a smaller negative effect of this flour on the structural — mechanical properties of the dough.

The study of the shape-retaining and gas-retaining abilities showed that dough blanks with green buckwheat flour will have a larger volume than blanks with dark buckwheat flour, but at the same time they will fall and lose their shape faster.

Further research should be directed to the study of the influence of buckwheat flour on the course of the technological process and the quality of products in order to develop technological recommendations and optimal recipes for obtaining products with high consumer properties.

DOI: 10.24263/2225-2916-2024-36-4

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА З ГРЕЧАНИМ БОРОШНОМ

Л. А. Михонік¹, канд. техн. наук, ORCID ID 0000-0002-6997-2081

І. А. Гетьман², доктор філософії, ORCID ID 0000-0002-9448-9956

І. С. Погорєлов¹, аспірант, ORCID ID 0009-0000-7843-9556

¹Національний університет харчових технологій

²Інститут продовольчих ресурсів

У статті наведено результати досліджень структурно-механічних характеристик тіста з пшеничного борошна з додаванням борошна зеленої і темної гречки. За допомогою фаринографа та альвеографа було визначено водопоглинальну здатність, стійкість, тривалість утворення, еластичність, пружність, розтяжність, розрідження тіста. Визначено формоутримувальну та газоутримувальну здатності тіста. Встановлено, що борошно зеленої гречки в меншій мірі впливає на реологічні характеристики тіста, ніж борошно темної гречки. Отримані результати є підґрунтям для розробки технологічних заходів для покращення якості хліба з додаванням гречаного борошна.

Ключові слова: борошно, зелена гречка, структурно-механічні властивості, хлібобулочні вироби.

Постановка проблеми. Підвищення якості та конкурентоспроможності хлібобулочних виробів є одним із пріоритетних завдань хлібопекарської галузі. Виробники хлібобулочних виробів все частіше використовують інноваційні технології та інгредієнти в рецептурному складі, проте формування споживчих властивостей залежить від технологічних властивостей сировини, що використовується, зокрема борошна.

Сьогодні є актуальним включення до рецептур хлібних виробів, в тому числі і виробів тривалого зберігання (сухарів і бубличних виробів), продуктів переробки круп'яних і олійних культур — борошна, пластівців, зародків, висівків тощо. Серед різних видів борошна з круп'яних культур на особливу увагу заслуговує гречане, яке порівняно із сортовим пшеничним має вищий вміст білків зі збалансованим амінокислотним складом, мінеральних речовин, вітамінів, харчових волокон. Також це борошно має знижений глікемічний індекс, що є підставою для використання його в різних технологіях дієтичних і оздоровчих виробів. Виробники виготовляють борошно з темної та зеленої (термічно необробленої) гречки. Вивчення структурно-механічних властивостей тіста з пшеничного борошна з додаванням цих видів гречаного борошна дасть змогу спрогнозувати характер змін під час дозрівання тіста, формування і вистоювання тістових заготовок, які безпосередньо впливають на якість виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технології виробів функціонального та спеціального призначення стрімко розвиваються як в Україні, так і за кордоном. У торговельних мережах поряд із традиційними широко представлені оздоровчі хлібні вироби, збагачені продуктами переробки круп'яних, овочевих культур, сухофруктами, ядрами горіхів, насінням олійних культур тощо [1].

Для підвищення споживчих властивостей хліба доцільно частину пшеничного борошна замінити борошном круп'яних культур, яке дає змогу збалансувати вміст у виробах найважливіших макро- та мікронутрієнтів.

Перспективними видами борошна з точки зору харчової та біологічної цінності, вартості та доступності на ринку є борошно з темної і зеленої гречки.

Білки гречаного борошна характеризуються високим ступенем збалансованості за вмістом незамінних амінокислот, більшість з яких присутні в достатній кількості, але варто виділити лейцин, ізолейцин, сумарну кількість тирозину та фенілаланіну, валін і лізин. Завдяки значному вмісту лейцину білки гречаного борошна відносяться до багатих природних джерел цієї амінокислоти поряд з яєчним білком, казеїном, білком лісового горіха тощо [2].

Особливість гречаного борошна полягає також у тому, що воно не містить білка глютену, в ньому переважають альбуміни і глобуліни, які легко засвоюються організмом, що робить це борошно особливо цінним дієтичним продуктом. Коричневе (термооброблене) гречане борошно містить близько 13,6% білків, 1,2% жирів, 72,0% вуглеводів, які представлені переважною кількістю крохмалю та близько 2% цукрів, харчових волокон — до 9,0%, що позитивно впливає на шлунково-кишковий тракт організму людини. Жирнокислотний склад гречаного борошна характеризується наявністю поліненасичених жирних кислот (омега-3, омега-6). З мікро- та макроелементів міститься велика кількість фосфору, магнію, заліза та селену. Вітамінний склад різноманітний: більшість вітамінів групи В (В₁, В₂, В₄, В₅) та РР, дещо менше вітаміну Е та К. В гречаному борошні присутній рутин з групи флавоноїдів, який здатний поліпшувати роботу серцево-судинної системи організму людини, сприяючи зниженню артеріального тиску. Борошно характеризується високою водопоглинальною здатністю та здатністю до набухання, що потрібно враховувати при розробці нових рецептур.

Відсутність операції термооброблення у виробництві борошна зеленої гречки дає змогу максимально зберегти весь спектр макро- та мікронутрієнтів, біологічно активних речовин і ферментного комплексу. За хімічним складом борошно коричневої та зеленої гречки близькі, але в борошні зеленої гречки вищий вміст всіх вітамінів і мінеральних речовин. Борошно зеленої гречки містить дещо вищу кількість білка — 13—16%, вищу антиоксидантну активність (близько 155 мг/100г), більшу кількість харчових волокон (11—13%) [2—6].

Запропоновано рецептуру сухарів, яка складається з борошна житнього цільнозернового, борошна зеленої гречки, пшеничного борошна 1-го сорту, сухої пшеничної клейковини, висівки вівсяних, жмиху стевії, екстракту стевії та фруктози. Проведені медико-біологічні дослідження показали, що розроблені вироби скоректованого нутрієвтичного рецептурного складу можна рекомендувати для харчування у разі проведення антибіотикотерапії [7].

Встановлено, що різні фракції помелу і дозування гречаного борошна значно впливають на реологічні властивості тіста, які були представлені за допомогою регресійних моделей. Оптимальні реологічні властивості без зміни матриці тіста досягаються при використанні композитного борошна, що складається з 10,75% гречаного борошна з розміром частинок до 280 мкм та 89,25% пшеничного борошна [8].

Визначали вплив додавання до пшеничного борошна різної кількості гречаного (5, 10 і 15%) на фізичні показники тіста та споживчі властивості виробів. Результати показали, що додавання гречаного борошна до пшеничного борошна знижує розтяжність тіста, зменшує питомий об'єм, збільшує жорсткість і липкість м'якушки, погіршує розжовуваність, водночас знижується глікемічний індекс хліба [9].

Додавання цільнозернового гречаного борошна до білого пшеничного значно впливає на технологічні властивості тіста та може коригувати активність α -амілази в

пшеничному борошні, що сприяє покращенню якості випічки. Оптимальні показники числа падіння досягаються при додаванні 30—40% гречаного борошна. Однак збільшення вмісту гречаного борошна знижує вміст глютенівих білків і якість клейковини, підвищує поглинання води та значно збільшує час розвитку тіста, водночас знижуючи його стабільність. Технологічні параметри залежать від пропорції гречаного та пшеничного борошна [10].

Продукти переробки гречки (борошно і пластівці) призводять до незначного зниження реологічних властивостей тіста з пшеничного борошна та споживчих характеристик готових хлібобулочних виробів. Тісто з гречаними пластівцями, порівняно з тістом з гречаним борошном, має кращу формостійкість, більший питомий об'єм, а хліб відзначається більш еластичною м'якушкою з добре розвинутою і рівномірною пористістю [4].

Переважаюча кількість досліджень присвячена вивченню впливу борошна з темної гречки на перебіг технологічного процесу і структурно-механічні властивості тіста. Оскільки сьогодні поряд з борошном з темної гречки набуває популярності використання борошна зеленої гречки, доцільно дослідити і порівняти структурно-механічні властивості тіста з пшеничного борошна з додаванням цих видів гречаного борошна.

Метою досліджень є вивчення структурно-механічних властивостей тіста з пшеничного борошна з додаванням борошна темної та зеленої гречки.

Матеріали і методи. Використовували таку сировину: борошно пшеничне вищого сорту (ТМ «Київмлин») — контрольний зразок, борошно темної гречки (ТМ «Сто пудів»), борошно зеленої гречки (ТМ «Сто пудів»). В більшості технологічних рекомендацій для виробництва хлібобулочних виробів дозування продуктів переробки круп'яних культур становить 10—20% замість маси пшеничного борошна, тому для досліджень готували суміші з пшеничного борошна з додаванням борошна темної і зеленої гречки у співвідношенні 80:20%. Для визначення формотримувальної і газоутримувальної здатностей тіста готували дріжджове тісто з дозуванням пресованих дріжджів (ТМ «Львівські») в кількості 3% та солі кухонної харчової (ТМ «Добробут») в кількості 1,5% до маси борошна.

Структурно-механічні властивості тіста з пшеничного борошна та з суміші пшеничного і гречаного визначали за допомогою фаринографа Брабендера та альвеографа Шопена згідно з інструкціями до приладів в методиками, наведеними в джерелах [4, 11].

Фаринограф реєструє утворення тіста і його поведінку в умовах постійного механічного навантаження у вигляді безперервної кривої на діаграмному папері. Альвеограф призначений для визначення фізичних властивостей тіста за опором кульки тіста нагнітальному повітрю за розтягування його в бульбашку аж до розриву.

Газоутримувальну здатність тіста визначали, спостерігаючи за питомим об'ємом тіста під час його бродіння. У мірний циліндр 250 см³ поміщали 50 г тіста та витримували в термостаті при температурі 30 °С протягом 3 годин. Кожні 30 хв від початку замішування фіксували об'єм тіста [4, 12].

Формотримувальну здатність тіста характеризували за показником розпливання кульки тіста масою 100 г в процесі його бродіння за температури 30 °С протягом 180 хв. Кожні 30 хв фіксують середній діаметр кульки тіста [4, 12].

Результати досліджень. Визначення структурно-механічних властивостей тіста проводили для трьох зразків: 1 — контрольний зразок з пшеничного борошна вищого

сорту, 2 — зразок з додаванням 20% борошна зеленої гречки та 3 — зразок з додаванням 20% борошна темної гречки замість маси пшеничного.

На рис. 1 наведено фаринограми досліджуваних зразків.

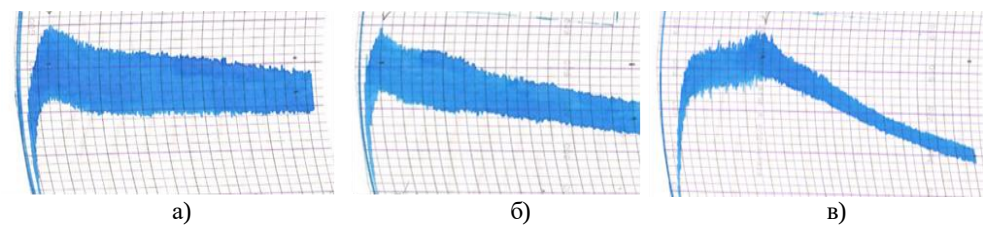


Рис. 1. Фаринограми: а) контроль; б) з 20% борошна зеленої гречки; в) з 20% борошна темної гречки

Результати розшифрування фаринограм (табл. 1) показали, що зразок з додаванням борошна темної гречки має більшу водопоглинальну здатність і подовжену тривалість утворення тіста, ніж контрольний зразок. Це відбувається внаслідок того, що технологія виготовлення цього борошна передбачає гідротермічну обробку, в результаті якої крохмаль частково клейстеризується та набуває високих гідрофільних властивостей. При цьому спостерігається зростання стійкості тіста, що можна пояснити підвищеною, порівняно з іншими зразками, водопоглинальною та водоутримувальною здатністю.

Таблиця 1. Властивості тіста, визначені за допомогою фаринографа

Показник	Пшеничне борошно вищого сорту	Внесено 20% замість маси пшеничного борошна	
		борошна зеленої гречки	борошна темної гречки
Водопоглинальна здатність, %	56,2—56,8	54,6—55,8	73,1—75,0
Тривалість утворення тіста, хв	1,5	1,0	6,0
Стійкість тіста, хв	0,5	0,2	1,0
Розрідження, од. ф.	75	130	230
Еластичність, од. ф.	140	130	80

Зразки з гречаним борошном мають вищу величину розрідження, що, ймовірно, пов’язано з піддатливістю складових цих видів борошна дії амілолітичних і протеолітичних ферментів, але при цьому показник розрідження в зразку з борошном темної гречки втричі вищий, ніж у контрольному зразку. Еластичність тіста в зразку з борошном зеленої гречки близька до контролю, а в зразку з борошном темної гречки погіршилась на 60 од. приладу.

На рис. 2 зображено альвеограми тіста з пшеничного борошна та із сумішей пшеничного з гречаними видами борошна.

Результати розшифрування альвеограм показали (табл. 2), що найбільшу пружність має зразок з борошном темної гречки. Поряд з цим цей зразок має найменший показник розтяжності і, відповідно, найбільше відношення Р/Л.

У зразку з борошном зеленої гречки відношення Р/Л близьке до відповідного показника в контрольному зразку з пшеничного борошна вищого сорту, що свідчить про утворення більш зв’язаної та еластичної тістової маси.

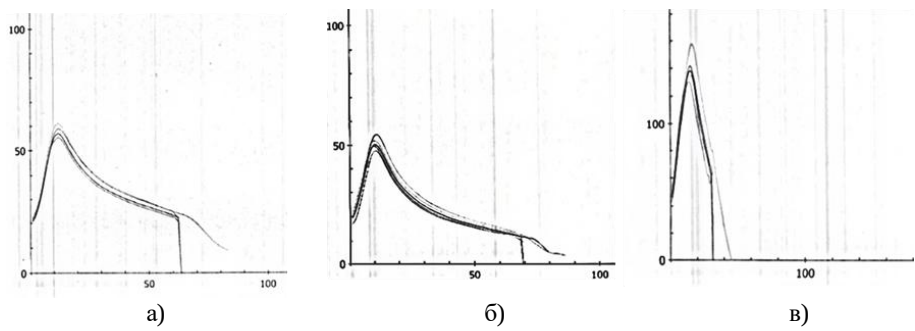


Рис. 2. Альвеограми: а) контроль; б) з 20% борошна зеленої гречки; в) з 20% борошна темної гречки

Таблиця 2. Властивості тіста, визначені за допомогою альвеографа

Показник	Пшеничне борошно вищого сорту	Внесено 20% замість маси пшеничного борошна	
		борошна зеленої гречки	борошна темної гречки
Пружність, Р, мм	81	55	152
Розтяжність, L, мм	90	68	30
Індекс розширення, G	21,1	18,4	12,2
Робота деформації, W, Дж	260×10^{-4}	110×10^{-4}	194×10^{-4}
Відношення P/L	0,9	0,81	5,07

Індекс розширення, що характеризує об’єм повітря, витраченого на надування кульки тіста, найбільший у контрольному зразку, дещо менше значення має зразок з борошном зеленої гречки.

При замішуванні тіста з пшеничного борошна питомі витрати енергії на його деформацію склали 261×10^{-4} Дж, тоді як додавання борошна з темної гречки знижує цей показник в 1,3 раза, а борошна з зеленої гречки — в 2,4 раза, що характерно для борошна, слабкого за силою.

Отже, внесення гречаного борошна погіршує структурно-механічні властивості тіста, ймовірно, внаслідок відсутності в цьому борошні клейковинних білків, відмінностей у вуглеводному складі і розмірах та стані крохмальних зерен. Але слід зауважити, що тісто з додаванням борошна зеленої гречки більш близьке до контролю за тривалістю утворення, стійкістю, еластичністю, пружністю та розтяжністю. Додавання борошна з темної гречки суттєво відображається на всіх реологічних показниках, визначених за допомогою фаринографа та альвеографа, що потребує впровадження заходів, які б забезпечили покращення пружно-еластичних властивостей.

Визначення формоутримувальної здатності тіста показало (рис. 3), що порівняно з контролем кулька з додаванням борошна темної гречки має менший відсоток розпливання, ймовірно, внаслідок високої водопоглинальної і водоутримувальної здатності цього борошна. Кулька з борошна зеленої гречки характеризується майже в півтора раза більшим відсотком розпливання. Можна припустити, що це пов’язано з ферментним комплексом цього борошна.

Вивчення газоутримувальної здатності тіста свідчить (рис. 4), що через 120 хв бродіння в циліндрі зразок з борошном зеленої гречки має на 8%, а зразок з борошном

темної гречки — на 30% менший об'єм порівняно з контролем. При цьому тісто із зеленою гречкою починає опадати через 150 хв бродіння, а контроль і тісто з темною гречкою зберігають максимальний об'єм навіть через 180 хв бродіння, що узгоджується з показниками стійкості тіста, отриманими за допомогою фаринограм.

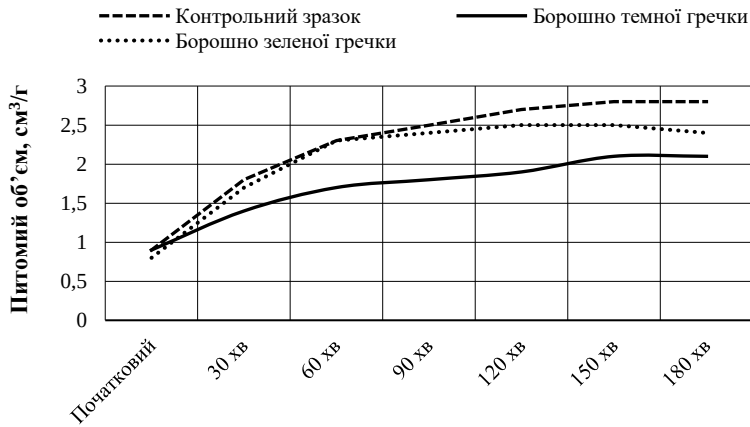


Рис. 3. Розливання кульки тіста з додаванням 20% гречаного борошна

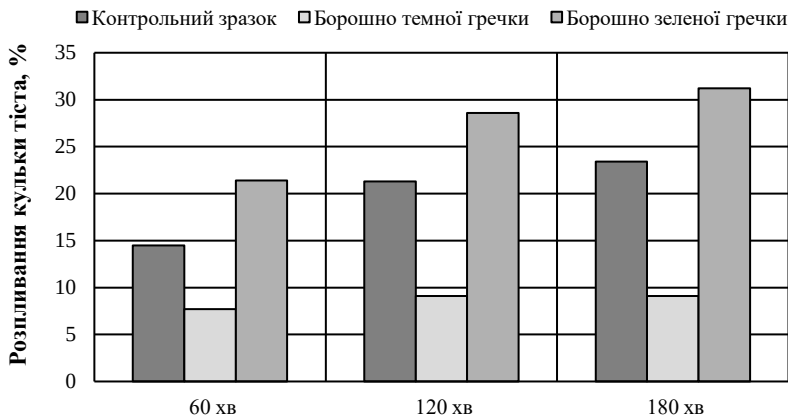


Рис. 4. Питомий об'єм тіста з додаванням 20% гречаного борошна

Отже, за результатами досліджень формотримувальної і газотримувальної здатностей можна прогнозувати, що тістові заготовки з борошном зеленої гречки будуть мати більший об'єм, ніж заготовки з борошном темної гречки, але при цьому швидше опадатимуть і втрачатимуть форму.

Висновки. Використання гречаного борошна в технології хлібобулочних виробів дає змогу отримати вироби з підвищеною харчовою і біологічною цінністю, зниженим глікемічним індексом. Сьогодні на ринку представлено два види цього борошна — з темної і зеленої гречки. З метою раціонального застосування цієї сировини необхідно вивчати її технологічні властивості, зокрема і структурно-механічні характеристики тіста з неї.

Вивчення реологічних властивостей тіста з пшеничного борошна з внесенням 20% гречаного борошна показало, що борошно з темної гречки підвищує водопоглинальну здатність і тривалість утворення тіста, збільшує його розрідження, пружність і знижує розтяжність, але при цьому його стійкість зростає. Реологічні характеристики тіста з борошном зеленої гречки, зокрема його питомий об'єм, тривалість утворення, стійкість, еластичність, відношення P/L, індекс розширення (G), близькі до відповідних значень контрольного зразка, що свідчить про менший негативний вплив цього борошна на структурно-механічні властивості тіста.

Проведені дослідження потребують подальшого вивчення впливу гречаного борошна на перебіг технологічного процесу і якість виробів з метою розробки технологічних рекомендацій і оптимальних рецептур для одержання виробів з високими споживчими властивостями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дробот, В. І. (2020). *Хліб і здоров'я населення. Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві: матеріали міжнародних науково-практичних конференцій*, 17—24 листопада, Київ: НУХТ, 37—38.
2. Дубініна, А., Попова, Т., Ленерт, С. (2014). Вітамінний і мінеральний склад крупи із гречки різних сортів. *Товари і ринки*, 2, 106—115.
3. Дзюндзя, О., Звагольська, К. (2021). Аналіз нетрадиційної борошняної сировини для виробництва хлібобулочних виробів. *Таєрійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 1, 22—29.
4. Drobot, V., Semenova, A., Smirnova, J., Mykhonik, L. (2014). Effect of Buckwheat Processing Products on Dough and Bread Quality Made from Whole-Wheat Flour. *International Journal of Food Studies*, 3(1), 1—12.
5. Tang, C. H., Wang, X. Y. (2010). Physicochemical and structural characterisation of globulin and albumin from common buckwheat seeds. *Food Chemistry*, 121(1), 119—126. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.016>.
6. Dziadeka, K., Kopeć, A., Pastucha, E., Piątkowska, E., Leszczyńska, T., Pisulewska, E., Witkiewicz, R., Francik, R. (2016). Basic chemical composition and bioactive compounds content in selected cultivars of buckwheat whole seeds, dehulled seeds and hulls. *Journal of Cereal Science*, 69, 1—8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.004>.
7. Сімонова, А. О., Соколова, Н. Ю. (2018). Використання борошна зеленої гречки в технології хлібобулочних виробів пониженої вологості для зниження їх глікемічного індексу. *Проблеми формування здорового способу життя у молоді: зб. матеріалів XI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студ. з міжнар. участю. Одеса*. 76—77.
8. Coțovanu, I., & Mironeasa, S. (2021). Buckwheat seeds: Impact of milling fractions and addition level on wheat bread dough rheology. *Applied Sciences*, 11(4), 1731.
9. Liu, W., Brennan, M., Serventi, L., & Brennan, C. (2017). Buckwheat flour inclusion in Chinese steamed bread: Potential reduction in glycemic response and effects on dough quality. *European Food Research and Technology*, 243, 727—734.
10. Stefan, E. M., Voicu, G., Constantin, G. A., Ipate, G., & Munteanu, M. (2018). Effect of whole buckwheat flour on technological properties of wheat flour and dough. *Conference: 17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, Jelgava, Lotwa, 23, 1533—1538.
11. Shevchenko, A., Galenko, O. (2021). Citrates of mineral substances in the technological process of manufacturing bakery products. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 27(1), 182—187.
12. Шевченко, А. О., Літвинчук, С. І., Галенко, О. О. (2023). Структурно-механічні та конформаційні зміни в процесі виготовлення пшеничного хліба з концентратом рисового протеїну. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 29(4), 176—184.