

ЯКІСТЬ І БЕЗПЕКА ПРОМИСЛОВИХ ТОВАРІВ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

УДК 664.6/.7

DOI <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2025-2-9>

ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ХЛІБА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО

Н. М. ОСОКІНА, доктор сільськогосподарських наук, професор;**К. В. КОСТЕЦЬКА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент;**А. А. КИСІЛЬ**, аспірант

(Уманський національний університет)

О. Л. АНДРУЩЕНКО, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник
(Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка Національної академії наук України)

Анотація. Хліб є традиційним продуктом харчування щоденного споживання. Для спеціального дієтичного споживання серед харчових продуктів особливе місце посідає продукція, що розробляється для категорії людей із захворюванням на целиацію, де має місце непереносимість глютену. Завдання з використання нових видів сировини в рецептурі продукції, як правило, обґрунтовується набуттям ними специфічними властивостями, наприклад, поліпшеним складом, технологічними характеристиками чи функціональним впливом. Проведено аналіз виробництва харчових продуктів для населення, що хворіє на целиацію. Метою дослідження було визначити якість за фізико-технологічними властивостями хлібних виробів із безглютенової рослинної сировини. Вивчено різні види борошняної сировини з зерна гречки, кукурудзи, насіння зернової культури кіноа та досліджено теоретичні й практичні аспекти для обґрунтування технології хліба з безглютенової сировини. Розроблено технологію хліба з використанням різного виду борошна гречаного, кукурудзяного, кіноа, а також досліджено їхній вплив на показники якості виробу. Оскільки безглютенова сировини, на відміну від борошна пшеничного, не містять у складі білків клейковини, у тісто додавали структуроутворювачі: псиліум, крохмаль, ксантанову камедь. Доведено позитивний вплив розпушувачів – псиліуму, крохмалю кукурудзяного та картопляного і стабілізатора процесу бродіння ксантанової камеді на фізико-хімічні показники безглютенового хліба. Додавання розпушувачів призводить до покращення фізико-технологічних показників хліба, а саме коефіцієнту збільшення пористості готових виробів. Кращі фізико-технологічні показники мав зразок із додаванням 1% псиліуму – товщина скоринки 1,6 мм, поверхня гладка. Основою рецептури тіста для безглютенового хліба рекомендовано борошно кіноа першого сорту та в меншому співвідношенні гречане борошно з непропареної гречаної крупи і борошно кукурудзяне.

Ключові слова: борошно безглютенове, псиліум, крохмаль, нові рецептури, хліб, показники якості.

Постановка проблеми. Хліб є традиційним продуктом харчування щоденного споживання. Сучасний ринок хліба характеризується широким асортиментом з використанням різної сировини та технологій виробництва. При цьому необхідно зазначити, що завдання з використання нових видів сировини в рецептурних складах продукції, як правило, обґрунтовується набуттям розробленими виробами специфічними властивостями, наприклад поліпшеним складом, технологічними характеристиками чи функціональним впливом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Стан здоров'я сучасної людини багато у чому визначається рівнем і структурою харчування. Порушення в структурі харчування є основним фактором, що завдає незворотної шкоди здоров'ю,

яка в кілька разів перевищує шкоду від забруднення навколишнього середовища [1, 2].

Використання соєвого і глютенного порошку як альтернативи пшеничному борошну покращує текстуру, колір і запах хлібних виробів [3].

Використання горохової трави та борошна з насіння люпину для збагачення хліба пшеничного на заквасці може впливати на фізико-хімічні властивості готового виробу, а саме: вологість, об'єм та структуру [4].

За даними української асоціації целиакії, в Україні налічується близько 2000 хворих на целиацію, і ця кількість зростає з кожним роком [5].

Згідно з Codex Alimentarius, продукти, які вважаються «без глютену», містять рівень клейковини, який не перевищує 20 ppm (мг/кг) [6].

Запропоновано рецептурну суміш безглютенового хліба із додаванням рисового та кукурудзяного борошна [7]; також запропоновано використовувати крохмаль кукурудзяний та крохмаль картопляний з додаванням різних видів борошна, що не містить глютену: кукурудзяного, гречаного, нутового, квасолевого, пшонаного, як стабілізатор використовується псиліум [8]. Як стверджують автори, їхня рецептура дозволяє отримати хліб поліпшеної якості, поживності та з органолептичними показниками що задовольняють споживачів безглютенового хлібу [7, 8].

Порівняння технологічних властивостей хліба безглютенового, виготовленого з помелу сорго за різних умов виявили, що умови помелу мають великий вплив на текстуру, розширення тіста і в'язкість такого хліба [9]. Крім того, висвітленні дослідження щодо біодоступності поліфенолів і мінералів у безглютеновому хлібі з сорго. Автори виконали дослідження з визначення рівня поліфенолів і мінералів, які можуть бути засвоєні під час перетравлення хліба. Виявлено вплив умов помелу на біодоступність поживних речовин.

Крохмаль володіє високою стабільністю та здатністю забезпечити еластичність тіста. Це дозволяє досягти бажаної структури хліба, та збільшити тривалість зберігання продукту що важливо для споживчих властивостей. У свою чергу, псиліум може поглинати воду і перетворюватися на густий, в'язкий гуль, який не перетравлюється в тонкому кишечнику [10].

Під час зберігання зразків хліба з порошком псиліуму відбувається зміцнення м'якушки контрольного зразка. Додавання псиліуму знижує показники твердості м'якушки на 65–75 % порівняно з контролем впродовж 72 годин зберігання. Показники смаку, аромату та текстури майже не втрачають свої початкові характеристики [11]. Можна зробити висновок, що цей підхід може

бути перспективним для подолання деяких обмежень безглютенового хлібопечення.

Метою досліджень є оцінювання якості за фізико-технологічними властивостями хлібних виробів із безглютенової рослинної сировини.

Завдання дослідження: теоретично обґрунтувати та експериментально підтвердити вибір сировини для отримання основних рецептурних інгредієнтів, які використовуються при створенні хліба безглютенового і встановити вплив складу і властивостей рецептурних компонентів на фізико-технологічні характеристики продукції.

Методика дослідження. Дослідження проведено на базі кафедри харчових технологій Уманського національного університету. З логічною послідовністю і точністю, згідно методик, що описані в стандартах, виконувалися аналізи сировини та досліди пробної випічки хліба та їх аналіз.

Вивчення проводили згідно програми досліджень:

I. На цьому етапі було розроблено експериментальні зразки хліба з різним співвідношенням борошна з кіноа, гречки зеленої та підданої ГТО, кукурудзи: один контрольний (100 % борошна кіноа) та експериментальні зразки з різним видом та дозуванням розпушувача для кожного борошна. Рецептура дослідних зразків розраховували на 100 г сухої суміші (табл. 1.).

II. Проводили лабораторну випічку хліба з дослідженням зразків хліба безглютенового за показниками вологості, товщини скоринки, кислотності та пористості м'якушки.

Результати дослідження. Вивчаючи можливість використання насіння кіноа в хлібопеченні, потрібно зрозуміти, які компоненти рецептури і в якому дозуванні здатні поліпшити харчову цінність готових виробів. Пухирці газу «гідрофобні», а тісто в свою чергу дуже «гідрофільне», це

Таблиця 1

Рецептура приготування тіста

Сировина**	Витрати сировини, г						
	за варіантами						
	I (контроль)	2	3	4	5	6	7
Борошно кіноа I сорту	100,0	99,25	99,0	98,75	50,0	50,0	33,3
Псиліум	–	0,75	1,0	1,25	–	–	–
Крохмаль картопляний	–	–	–	–	–	50,0	33,3
Крохмаль кукурудзяний	–	–	–	–	50,0	–	33,3
Сировина	за варіантами						
	I (контроль)	II*	III	IV*	5	VI*	VII*
Борошно кіноа I сорту	100,0	–	–	50,0	50,0	–	33,3
Борошно безглютенове [†]	–	100,0	–	50,0	–	50,0	33,3
Крохмаль кукурудзяний	–	–	100,0	–	50,0	50,0	33,3

Примітки:

* – 1 – гречане з зерна зеленого; 2 – гречане з зерна підданого ГТО); 3 – кукурудзяне;

** (г): сіль кухонна – 1,50; цукор – 1,25; дріжджі хлібопекарські сухі – 0,625; ксантанова камедь – 0,50; олія соняшникова – 1,35; вода питна – за розрахунком.

призводить до доцільності застосування в якості рецептурних компонентів поверхневоактивних речовин [12].

Аналізували вплив борошняної безглютенової сировини на формування фізико-хімічних властивостей хліба (рис. 1–4).

Оцінивши пористість та об'єм виробів, очевидним є позитивний вплив розпушувачів на покращення даних характеристик хліба. Так, зі збільшенням рецептурної кількості порошку псиліуму, пористість зростала на 4–8 %. Подібно, у зразках хліба: сумішей борошна кіноа з крохмалем кукурудзяним (рис. 1, зразок 5), а також борошна кіноа з крохмалем картопляним (рис. 1, зразок 6) спостерігали підвищення пористості у порівнянні з контрольним зразком на 6 і 8 % відповідно. Проте, найкращим був варіант 7 (рис. 1) суміші борошна кіноа і крохмалу кукурудзяного і картопляного у рівних пропорціях (33:33:33), де пористість сягала 68 %, що відповідає нормам пористості для хліба пшеничного, виготовленого з сортового борошна (60–75 %).

Таким чином, стає очевидним доцільність використання структуроутворювачів у рецептурі хліба безглютенового. Порівнюючи вплив крохмалу картопляного і крохмалу кукурудзяного на формування хліба, дещо вищі фізичні показники встановлено за картопляним. Проте, враховуючи нерівномірність пористості та виявленні пустоти у зразку 6 рис. 1, для подальшого вивчення було обрано крохмаль кукурудзяний. Не зважаючи на максимальний результат фізичних параметрів хліба за варіантом суміші борошна кіноа з обома видами крохмалів – зразок 7 (33:33:33) не може розглядатися як цілком оздоровчий продукт харчування.

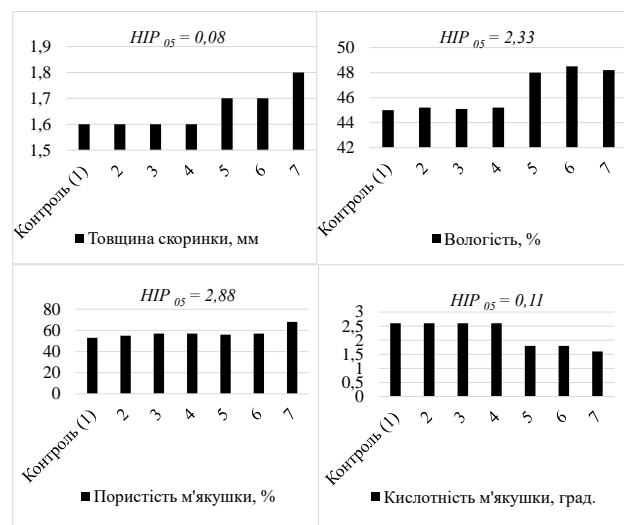


Рис. 1 Фізико-хімічні показниками якості хліба з борошна кіноа

(Примітка: рецептура зразків наведена в табл.)

Борошно кіноа може бути основною сировиною для виробництва хліба, оскільки контроль мав кращі характеристики у порівнянні зі зразками хліба на основі гречки зеленої (рис. 2, зразок II¹), кукурудзяного борошна (рис. 4, зразок III³) та з борошна ГТО гречки (рис. 3, зразок II²). Останній зразок мав найнижчу пористість – лише 35 %, а найвищу вологість – 50,0 %.

Отже самостійне використання одного виду борошна безглютенового (особливо гречаного з ГТО греки) призводить до низьких фізико-технологічних показників хліба. Поєднання з крохмалем кукурудзяним у співвідношенні 50:50 досліджуваних видів борошна гречки і кукурудзи (зразки VI¹⁻³) мали дещо нижчі результати ніж таке поєднання з борошном кіноа (зразок 5). Тому було вирішено використовувати борошняні суміші з даних видів борошна певних співвідношень.

Поєднання борошна кукурудзяного та гречаного у сумішах (50:50) з борошном кіноа (зразки IV¹⁻³ рис. 2–4), а також зразки з 1/3 частиною крохмалу кукурудзяного (зразки VII¹⁻³ рис. 2–4), мали стабільно високі фізико-технологічні характеристики хліба.

Підвищення кислотності в експериментальних зразках на 4–15 % у порівнянні з контрольним зразком і більш інтенсивне кислото накопичення в дослідях обумовлене вмістом органічних кислот в даній сировині і може бути пов'язане з інтенсифікацією молочнокислого бродіння, тобто бути свідченням створення більш сприятливих умов для молочнокислих бактерій.

У результаті проведеного випікання, оцінки фізико-хімічних показників та органолептичної оцінки, зроблено рекомендації:

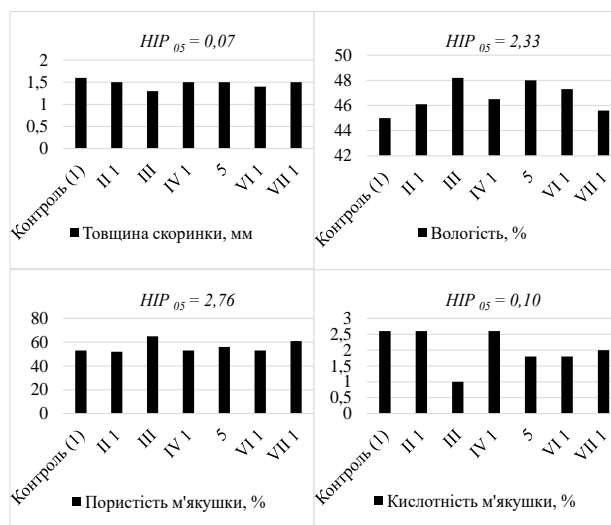


Рис. 2 Фізико-хімічні показниками якості хліба з борошна гречаного (з зеленого зерна) та кіноа

(Примітка: рецептура зразків наведена в табл.)

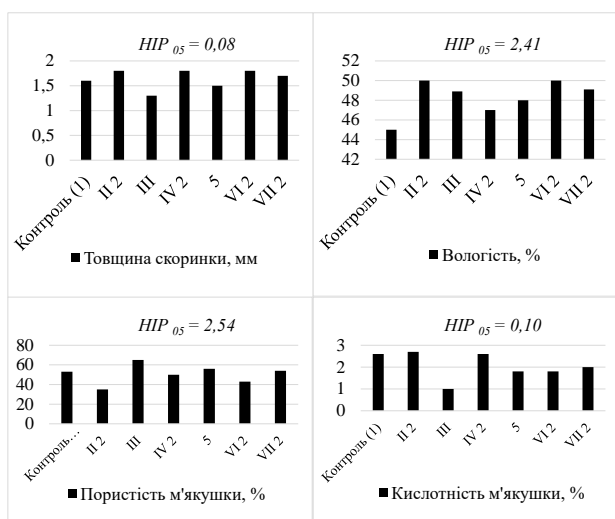


Рис. 3. Фізико-хімічні показники якості хліба з борошна гречаного (з зерна підданого ГТО) та кіноа
(Примітка: рецептура зразків наведена в табл.)

– рекомендовано додавання 1 % псиліуму в якості структурного компонента хліба з кіноа;
– основою рецептури тіста для безглютенового хліба рекомендуємо борошно кіноа та у меншому співвідношенні гречане борошно з непропареної гречаної крупи та борошно кукурудзяне.

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямку. Встановлено позитивний вплив борошна кіноа на показники якості хліба безглютенового. Доведено позитивний вплив розпушувачів – псиліуму,

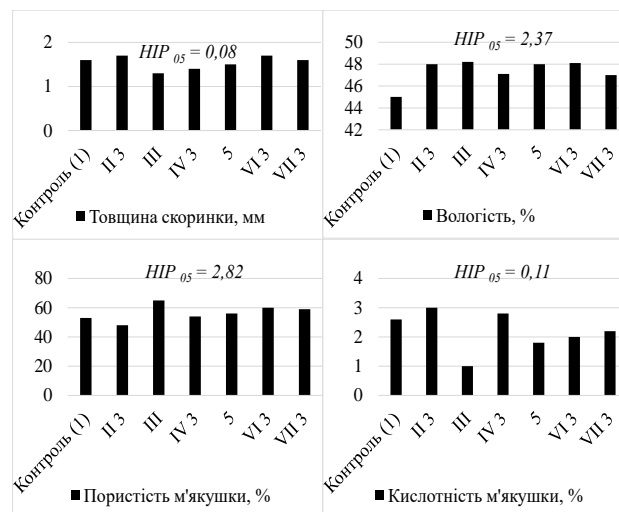


Рис. 4. Фізико-хімічні показники якості хліба з борошна кукурудзяного та кіноа
(Примітка: рецептура зразків наведена в табл.)

крохмалю кукурудзяного та картопляного і стабілізатора процесу бродіння ксантанової камеді на фізико-хімічні показники безглютенового хліба. Додавання псиліуму призводить до покращення фізико-технологічних показників хліба, а саме коефіцієнту збільшення маси готових виробів. Кращі фізико-технологічні показники мав зразок із додаванням 1 % псиліуму – товщина скоринки 1,6 мм, поверхня гладка. Збільшення рецептурної кількості псиліуму приводить до погіршення фізичних властивостей тіста – воно набуває гумової структури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Plasek B., Lakner Z., Kasza G., Temesi A. Consumer evaluation of the role of functional food products in disease prevention and the characteristics of target groups. *Nutrients*. 2020. 12(1). 69. P. 69–71. DOI: 10.3390/nu12010069.
- Корецький В. Л., Орлова Н. М. До проблеми безпеки харчування та моніторингу якості життя населення України. *Проблеми харчування*. 2006. №1. С. 42–44.
- Jie Z., Ling L., Jianhua Z., Shirong D., Gefei L., Yin W., Zedong X., Hongbin L., Jing L., Ping L., Min X. Partial substitution of wheat flour with soybean and gluten powder: impact on flavor characteristics of Pixian Douban-Meju and its quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2023. IF 4.1. DOI: 10.1002/jsfa.12919.
- Cacak-Pietrzak G., Sujka K., Książak J., Bojarszczuk J., Dziki D. Sourdough wheat bread enriched with grass pea and lupine seed flour: physicochemical and sensory properties. *Applied Sciences*. 2023. 13(15). 8664. DOI: 10.3390/app13158664.
- Горобець А. Глютен – чутлива ентеропатія: стан проблеми на сучасному етапі. *Український науково-медичний молодіжний журнал*. 2015. №2(88). С. 23–26.
- Priscila Farage, Yanna Karla de Medeiros Nóbrega, Pratesi Riccardo [et al.]. Gluten contamination in gluten-free bakery product: a risk coeliac disease patients. *Public Health Nutrition*. 2017. 20 (3). P. 413–416. DOI: 10.1017/S1368980016002433.
- Хліб «Безглютеновий смачний»: пат. 120726 Україна: МПК А12D, 13/066, №а201706035; заявл. 16.06.2017; опубл. 10.11.2017, Бюл. №21. 7 с.
- Хліб безглютеновий: пат. 114989 Україна: А21D13/066А21D13/047, №а201606264; заявл. 09.06.2016; опубл. 28.08.2017, Бюл. №16. 9 с.
- Curti M.I., Palavecino P.M., Savio M., Boroni M.V., Ribotta P.D. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Gluten-free bread: the effect of milling conditions on the technological properties and in vitro bioaccessibility of polyphenols and minerals. *Foods*. 2023. 12(16):3030. DOI: 10.3390/foods12163030.
- Грищенко А. Дослідження якості та черствіння безглютенового хліба з гречаним і кукурудзяним борошном. *Grain Products and Mixed Fodder s*. 2017. 17(2). DOI: 10.15673/gpmf.v17i2.524.
- Gibb Roger D., Sloan Kyle J., McRorie Johnson W. Psyllium is a natural nonfermented gel-forming fiber that is effective for weight loss: A comprehensive review and meta-analysis. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*. 2023. 35(8). P. 468–476. DOI: 10.1097/JXX.0000000000000882.
- Mayara Belorio, Manuel Gómez. Psyllium: a useful functional ingredient in food system. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. Vol. 62, Is. 2. P. 527–538. DOI: 10.1080/10408398.2020.1822276.

REFERENCES

1. Plasek, B., Lakner, Z., Kasza, G., & Temesi, A. (2020). Consumer evaluation of the role of functional food products in disease prevention and the characteristics of target groups. *Nutrients*. 12(1): 69, 69–71. DOI: 10.3390/nu12010069.
2. Koretskyi, V. L., & Orlova, N. M. (2006). Do problemy bezpeky kharchuvannia ta monitorynhu yakosti zhyttia naselennia Ukrainy. [To the problem of food security and monitoring the quality of life of the population of Ukraine]. *Problemy kharchuvannia – Nutritional problems*, 1, 42–44. [in Ukrainian].
3. Jie, Z., Ling, L., Jianhua, Z., Shirong, D., Gefei, L., Yin, W., Zedong, X., Hongbin, L., Jing, L., Ping, L., & Min, X. (2023). Partial substitution of wheat flour with soybean and gluten powder: impact on flavor characteristics of Pixian Douban-Meju and its quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. IF 4.1. DOI: 10.1002/jsfa.12919.
4. Cacak-Pietrzak, G., Sujka, K., Księżak, J., Bojarszczuk, J., Dziki, D. (2023). Sourdough wheat bread enriched with grass pea and lupine seed flour: physicochemical and sensory properties. *Applied Sciences*, 13(15), 8664. DOI: 10.3390/app13158664.
5. Horobets, A. (2015). Hliuten – chutlyva enteropatiia: stan problemy na suchasnomu etapi. [Gluten-sensitive enteropathy: current status of the problem]. *Ukrainskyi naukovo-medychnyi molodizhnyi zhurnal– Ukrainian scientific and medical youth journal*. 2(88), 23–26. [in Ukrainian].
6. Priscila Farage, Yanna Karla de Medeiros Nobrega, Pratesi Riccardo [et al.]. (2017). Gluten contamination in gluten-free bakery product: a risk coeliac disease patients. *Public Health Nutrition*. 20 (3), 413–416. DOI: 10.1017/S1368980016002433.
7. Khlib «Bezgliutenovyi smachnyi»: ["Gluten-free delicious" bread]: patent 120726 Ukraine: MPK A12D, 13/066, Noa201706035; statement 16.06.2017; published 10.11.2017, Bul. 21, 7. [in Ukrainian].
8. Khlib Bezgliutenovyi: [Gluten-free bread]: patent 114989 Ukraine: A21D13/066A21D13/047, Noa201606264; statement 09.06.2016; published 28.08.2017, Bul. 16, 9. [in Ukrainian].
9. Curti, M.I., Palavecino, P.M., Savio, M., Boroni, M.V., & Ribotta, P.D. (2023). Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Gluten-free bread: the effect of milling conditions on the technological properties and in vitro bioaccessibility of polyphenols and minerals. *Foods*. 12(16):3030. DOI: 10.3390/foods12163030.
10. Hryshchenko, A. (2017). Doslidzhennia yakosti ta cherstvinnia bezgliutenovoho khliba z hrechanyh i kukurudzianym boroshnom. [Research on the quality and staling of gluten-free bread made with buckwheat and corn flour]. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 17(2). DOI: 10.15673/gpmf.v17i2.524. [in Ukrainian].
11. Gibb Roger D., Sloan Kyle J., McRorie Johnson W. (2023). Psyllium is a natural nonfermented gel-forming fiber that is effective for weight loss: A comprehensive review and meta-analysis. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*. 35(8), 468–476. DOI: 10.1097/JXX.0000000000000882.
12. Mayara Belorio, Manuel Gómez (2022). Psyllium: a useful functional ingredient in food system. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 62 (2), 527–538. DOI: 10.1080/10408398.2020.1822276.

N. Osokina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor; K. Kostetska, PhD, Associate Professor; A. Kysil, Postgraduate Student (Uman National University); O. Andrushchenko, PhD, Senior Researcher (M.M. Gryshko National Botanical Garden of National Academy of Sciences of Ukraine). Physical and technological evaluation of gluten-free bread

Abstract. Bread is a traditional food product for daily consumption. For special dietary consumption, a special place among food products is occupied by products developed for the category of people with celiac disease, where gluten intolerance occurs. The task of using new types of raw materials in the product formulation is usually justified by their acquisition of specific properties, for example, improved composition, technological characteristics or functional effect. An analysis of the production of food products for the population suffering from celiac disease has been carried out. **The aim** of the study was to determine the quality of bread products from gluten-free plant raw materials by physical and technological properties. **Research methodology.** Various types of flour raw materials from buckwheat grain, corn, and quinoa seeds were studied and theoretical and practical aspects were investigated to substantiate the technology of bread from gluten-free raw materials. **Results.** Bread technology was developed using different types of buckwheat, corn, and quinoa flour, and their influence on product quality indicators was also investigated. Since gluten-free raw materials, unlike wheat flour, do not contain gluten proteins, structure-forming agents were added to the dough: psyllium, starch, and xanthan gum. **Conclusions.** The positive effect of baking powders – psyllium, corn and potato starch and xanthan gum fermentation stabilizer on the physicochemical parameters of gluten-free bread has been proven. The addition of baking powders leads to an improvement in the physicochemical parameters of bread, namely the coefficient of increase in the porosity of finished products. The best physicochemical parameters were obtained for the sample with the addition of 1% psyllium – crust thickness 1.6 mm, smooth surface. The basis of the dough recipe for gluten-free bread is recommended to be quinoa flour of the first grade and, in a smaller proportion, buckwheat flour from unsteamed buckwheat groats and corn flour.

Key words: gluten-free flour, psyllium, starch, new recipes, bread, quality indicators.



Отримано: 30.07.2025
Прийнято: 17.08.2025
Опубліковано: 28.11.2025