

О. С. Божок

Вінницький торговельно-економічний інститут
Державного торговельно-економічного університету

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЦЕПТУР БЕЗГЛЮТЕНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Виключення глютену з традиційних рецептур створює низку технологічних викликів, зокрема втрату структуроутворюючих властивостей тіста, що негативно впливає на текстуру, зовнішній вигляд і смакові характеристики готової продукції. Багато безглютенових альтернатив характеризуються зниженою поживною цінністю. Це обумовлює необхідність ретельного добору сировини та технологічних підходів для збереження або підвищення вмісту біологічно активних речовин, мінералів і вітамінів. У цьому контексті постає потреба у створенні рецептур, які поєднували б відсутність глютену із високими органолептичними та функціональними показниками. Актуальність дослідження зумовлена зростанням поширеності целиакиї, непереносимості глютену та зростаючим попитом на безглютенову продукцію серед широких верств населення, включаючи прихильників здорового харчування. Створення якісних безглютенових виробів функціонального призначення залишається актуальною науковою і практичною проблемою. Вона потребує пошуку ефективних технологічних рішень для підвищення харчової цінності, поліпшення органолептичних властивостей і забезпечення стійкості продукції при зберіганні. У статті представлено результати дослідження, спрямованого на аналіз технологічних рішень для оптимізації рецептур безглютенової хлібобулочної продукції функціонального призначення. Об'єктом вивчення стали дослідні зразки хліба, виготовлені з концентратів, до складу яких входили горохове борошно, гречане борошно та гречані висівки. Також було досліджено комерційні зразки безглютенового та пшенично-житнього хліба. Досліджено фізико-хімічні, сенсорні та текстурні характеристики хлібів, включаючи пористість, об'єм, вологість, смакові властивості та стійкість при зберіганні. Результати свідчать про доцільність використання зернобобових і круп'яних компонентів для підвищення якості безглютенової продукції та забезпечення її функціональних властивостей. Отримані дані можуть бути використані для вдосконалення рецептур безглютенового хліба з урахуванням вимог до харчової та споживчої цінності.

Ключові слова: безглютеновий хліб, горохове борошно, гречані вироби, хлібопекарські властивості, текстура.

Постановка проблеми та її актуальність. У сучасних умовах зростаючого попиту на здорове харчування та збільшення кількості осіб із глютенною непереносимістю або целиакією, розробка якісної безглютенової продукції функціонального призначення набуває особливої актуальності [1]. Однак усунення глютену – білка, який відіграє ключову роль у формуванні структури і текстури традиційних хлібобулочних виробів – призводить до погіршення технологічних, сенсорних та споживчих характеристик готової продукції [2; 3]. Це створює потребу у пошуку ефективних технологічних рішень, які дозволили б компенсувати відсутність глютену. Важливо також забезпечити не лише привабливу структуру, але й підвищену поживну цінність та біологічну активність продуктів [4; 5]. Міжнародна комісія Codex Alimentarius ВООЗ визначає клейковину (глютен) як фракцію білків, отриманих з пшениці, ячменю, жита, вівса чи їх гібридів. Вона не розчиняється у воді та 0,5 М розчині NaCl, а відсутність толерантності до неї виявлена у деяких груп населення [2]. Білки складають 75–86 %–ків сухих речовин клейковини, а залишок – вуглеводи і ліпіди, які приєдналися до глютенкової матриці. Клейковина містить дві білкові фракції – глютенін та гліадин [6]. У результаті

гідратації гліадин утворює грубу, резиноподібну масу, тоді як глютенін – в'язку рідку масу. Таким чином, внаслідок присутності вказаних двох компонентів, клейковина характеризується когезивністю і еластичністю. Безглютенове тісто більш рідке, ніж тісто з пшеничного борошна, і за своєю консистенцією подібне до тіста кексів [7]. Клейковина зумовлює більшість визначальних і важливих властивостей тіста, а саме розтяжність, стійкість до розриву, сприяння перемішуванню, газоутримуючу здатність [8]. Клейковину іноді називають «структурним» білком, необхідним для виробництва хлібобулочних виробів. Відсутність клейковини призводить до отримання тіста рідкої консистенції і хліба з крихкою текстурою з поганим кольором і рядом інших дефектів [3].

Складність проблеми полягає в необхідності комплексного підходу. Він включає оптимізацію рецептур із використанням функціональних добавок (гідроклоїдів, білків, пребіотиків тощо), ферментативне або мікробіологічне модифікування тіста, а також адаптацію технологічних процесів під особливості безглютенових систем [1; 9]. На сьогодні бракує узагальненого аналізу ефективності таких підходів з урахуванням якості, безпечності, тривалості зберігання та споживчої прийнятності готової продукції.

Актуальним є систематичний аналіз сучасних технологічних рішень, що застосовуються для оптимізації рецептур безглютенової продукції функціонального призначення [10]. Метою такого аналізу є формування науково обґрунтованих рекомендацій для практичного використання в харчовій промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками зростає інтерес до використання псевдозлакових культур (амарант, гречка, кіноа) у виробництві хлібопекарських, макаронних і кондитерських виробів. Вони підвищують харчову цінність продуктів, містять більше білків, ніж традиційні злаки, і характеризуються низьким вмістом проламінів, шкідливих для хворих на целиакію. Дослідження Краєвської С., Піддубного В. довели позитивний вплив пророщеного насіння льону на якість житньо-пшеничного хліба [1].

Псевдозлаки багаті на харчові волокна, вітаміни В, Е та мікроелементи (Mg, Fe, Ca), дефіцит яких часто спостерігається у людей із целиакією. Їх використання доцільне в продуктах зі зниженим глікемічним індексом. Резвих Н. І. проаналізувала органолептичні характеристики хліба з функціональними добавками, що впливають на вигляд, смак і консистенцію [2]. Водночас гречка може викликати алергічні реакції, тому важливо контролювати її кількість у рецептурах.

Mir M. B et al. висвітлюють проблеми розроблення безглютенового хліба, зокрема заміну глютену альтернативними інгредієнтами [3]. Застосування псевдозлаків замість картопляного крохмалю підвищує вміст білків, волокон, мінералів і вітамінів, покращує структуру м'якушки та збільшує об'єм хліба. Nameed F. et al. і Naque A. et al. довели користь овочевих і фруктових компонентів для поживної цінності й органолептики [3].

Борошно амаранту активно застосовується для безглютенових печив, крекерів, бісквітів. Печиво з амарантом і гречкою має кращі сенсорні характеристики. У рецептурах використовують також крохмалі (рисовий, картопляний, кукурудзяний тощо) і замінники пшеничного борошна, зокрема борошно з сорго. Оптимальне співвідношення інгредієнтів дозволяє отримати якісні бісквіти з мікроінкапсульованими жировими компонентами [4; 5].

Oručević Žuljević S., Spaho N. акцентують на біохімічних процесах ферментації, важливих для аромату й смаку хліба [6]. Глютен забезпечує еластичність, утримання газів і пористу структуру. Його відсутність погіршує текстуру, зменшує об'єм і сенсорні характеристики хліба. Skendi A. et al. проаналізували білкові замінники глютену та їхній вплив на якість безглютенового хліба [7].

Для компенсації втрат структури використовують гідроколоїди, які утримують воду, підвищують в'язкість і стабілізують тісто. Актуальними є розробка інноваційних технологій, що задовольняють потреби людей із целиакією або тих, хто обирає здорове харчування. Manzoor M. et al. вивчили роль різних інгредієнтів у досягненні бажаної текстури й об'єму [8].

Використовують рисове, гречане, кукурудзяне, амарантове, кіноа борошно, природні загущувачі, харчові волокна й ферменти.

Sudheesh C. et al. розглянули вплив різних видів крохмалю на структуру м'якуша, об'єм і термостійкість хліба [9]. Перспективними є технології екструзії, мікрокапсулювання та ферментації для підвищення біодоступності нутрієнтів. Muzaffar K. et al. дослідили способи оптимізації рецептур, підкреслюючи роль ксантанової камеді, яка стабілізує тісто, покращує об'єм і продовжує термін зберігання [10].

Гуарова камедь у комбінації з іншими гелеутворювачами покращує еластичність і водоутримання. Пектин застосовують у вологих продуктах для стабільності текстури, карагенан – у функціональних хлібах для зменшення синерезису та покращення органолептики. Комбіноване використання гідроколоїдів моделює структуру, подібну до глютену [7; 10].

Мета статті. Метою статті є аналіз технологічних рішень для оптимізації рецептур безглютенової хлібобулочної продукції функціонального призначення з урахуванням її фізико-хімічних та сенсорних характеристик.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження були хліби, виготовлені з чотирьох видів концентратів. Два з них були експериментальними – до їхнього складу входили горохове борошно, гречане борошно та гречані висівки. У першому концентраті ці компоненти становили відповідно 10%, 10% і 6%, а в другому – 15%, 20% і 6%. Вони позначені як I та II. Для порівняння використовували два інші зразки: III – безглютеновий хліб з комерційного концентрату та IV – пшенично-житній хліб, також з комерційного концентрату. Окрім цього, до аналізу було залучено три готові комерційні зразки хліба: два безглютенові – «повсякденний» (A11) і гречаний (A2), а також традиційний пшенично-житній хліб (B1).

Склад рецептури експериментальних концентратів включав, окрім горохового та гречаного компонентів, 68% і 53% крохмалевих інгредієнтів відповідно. До них входили безглютеновий пшеничний крохмаль, картопляний крохмаль і борошно з картопляних пластівців, а також гваякова камедь (гумі гуар), цукор і сіль (разом 6%).

Склад комерційних концентратів:

- Безглютеновий концентрат містив безглютеновий пшеничний крохмаль, кукурудзяний крохмаль, кукурудзяне борошно, глюкозу, гуарову камедь та розпушувачі.
- Пшенично-житній концентрат – пшеничне та житнє борошно, хлібопекарські покращувачі, суху закваску та сіль.

У *готових безглютенових хлібах*, придбаних у роздрібній торгівлі, виявлено безглютеновий пшеничний і кукурудзяний крохмаль, рослинний жир, цукор, дріжджі, гуарову камедь і сіль [1; 3]. Гречаний хліб додатково містив 4% гречаного борошна.

Приготування тіста: Для випікання використовували по 400 г кожного концентрату. До експериментальних сумішей додавали сухі дріжджі (1,6 г на 100 г концентрату) та воду (85 мл на 100 г), змішуючи компоненти кухонним міксером протягом 5 хвилин. Комерційні концентрати готували за рецептурою виробника [1]. Тісто викладали у форми, бродіння проводили у ферментаційній камері за температури 30 °C і вологості 70% протягом 30 хвилин. Випікання здійснювали в електричній шафі типу Piccolo (Winkler Wachtel) при температурі 220 °C протягом 40 хвилин.

Методи оцінки якості: Після випікання визначали наступні показники: зовнішній вигляд (поверхню, форму), стан м'якуша, смак, запах, масу, пористість, кислотність м'якуша, вологість (ДСТУ 4585:2006, ДСТУ 4587:2006, 4583:2006, 7044:2009, ГОСТ 5668-68 – 5672-68, 5698-51, 21094-70,) [10].

Час дослідження: Вологість і текстуру м'якуша хлібів, виготовлених із концентратів, визначали через 3 години після випікання [2; 4]. У готових хлібах вимірювання проводили в день покупки, а також після 24 і 48 годин зберігання при температурі 21 °C та відносній вологості 55%. Проби зберігали у поліетиленових пакетах.

Статистична обробка: Всі вимірювання проводили у чотириразовій повторності. Аналіз даних здійснено методом однофакторного дисперсійного аналізу. Статистичну значущість відмінностей між середніми значеннями параметрів визначали за критерієм Шеффе при рівні значущості $p < 0,05$.

Результати та обговорення.

Дослідження було спрямоване на оцінку впливу складу сухих сумішей на якісні показники безглютенового хліба функціонального призначення [1; 3]. У цьому розділі наведено порівняльний аналіз фізико-хімічних, сенсорних та текстурних характеристик дослідних і комерційних зразків продукції [2]. У таблиці 1. наведено показники основних фізико-хімічних властивостей хліба, виготовленого з різних типів сухих сумішей. Оцінювалися втрати маси під час випікання, об'єм продукції, пористість та загальна сенсорна оцінка якості хліба [2; 5].

I – безглютеновий хліб, виготовлений з концентрату, що містить 10% борошна з митого (інстантного) гороху та 10% гречаного борошна.

II – безглютеновий хліб із концентрату з 15% митого горохового борошна та 20% гречаного борошна.

III – безглютеновий хліб, виготовлений із комерційного хлібопекарського концентрату.

IV – пшенично-житній хліб, виготовлений із комерційного концентрату.

A1 – повсякденний безглютеновий хліб, на основі готової торгової суміші.

A2 – гречаний безглютеновий хліб на основі торгової суміші.

B1 – пшенично-житній хліб з використанням промислового (торгового) концентрату.

Середні значення, що статистично відрізняються між собою при рівні значущості $p < 0,05$, позначені різними літерами в межах однієї колонки таблиці. Ці показники можуть бути використані для подальшої оптимізації рецептур безглютенової продукції з урахуванням вимог до якості та смакових властивостей. Нижче подано графік (Рис. 1), що ілюструє порівняльні значення об'єму та пористості хліба, виготовленого з різних типів сухих сумішей.

Втрати маси під час випікання (пічні втрати) та загальні пічні втрати, залежно від типу хліба, становили відповідно 9,4–11,6% і 12,6–15,0%. Вищі значення обох показників спостерігалися для пшенично-житнього хліба зразка III та хліба з більшою часткою горохового та гречаного борошна (зразок I). При цьому ці втрати були статистично співставними ($p > 0,05$). Згідно з літературними даними, для традиційного змішаного хліба, виготовленого з порцією тіста близько 600 г (формовий хліб), очікуваний рівень пічних втрат має становити приблизно 13,3% [2; 6]. Загальні ж втрати повинні складати близько 16,7%. При цьому чим більша маса тістових заготовок, тим менші втрати під час випікання [1; 7].

Розраховані об'єми 100 г хліба (V100), наведені в таблиці 1, показали, що дослідні зразки мали менший об'єм порівняно з хлібами, виготовленими з комерційних концентратів. Водночас хліб I з меншою часткою горохового та гречаного борошна мав достовірно більший об'єм, ніж хліб II ($p < 0,05$). Обидва дослідні зразки відповідали вимогам до об'єму, встановленим у нормативній документації ($>190 \text{ см}^3 \cdot (100 \text{ г})^{-1}$), і демонстрували кращі показники порівняно з безглютеновими хлібами, виготовленими з різними добавками в інших дослідженнях. У тих дослідженнях об'єм зазвичай становив $160\text{--}205 \text{ см}^3 \cdot (100 \text{ г})^{-1}$. Для порівняння, згідно з літературними даними, об'єм традиційних хлібів залежно від виду становить: $230\text{--}350 \text{ см}^3 \cdot (100 \text{ г})^{-1}$ для пшеничних

Таблиця 1 – Параметри якості хліба, виготовленого з хлібопекарських сухих сумішей

Тип суміші	Втрата маси при випіканні, %	Загальна втрата маси, %	Об'єм, $\text{см}^3/100 \text{ г}$	Пористість, бали (1–9)
I	$9,4 \pm 0,2$	$12,6 \pm 0,3$	$272,2 \pm 5,4$	$6,3 \pm 0,1$
II	$11,8 \pm 0,3$	$14,5 \pm 0,4$	$247,6 \pm 4,7$	$5,5 \pm 0,2$
III	$9,6 \pm 0,2$	$13,4 \pm 0,2$	$303,7 \pm 6,1$	$7,5 \pm 0,3$
IV	$11,6 \pm 0,4$	$15,0 \pm 0,5$	$341,8 \pm 5,8$	$6,8 \pm 0,2$

Джерело: створено автором

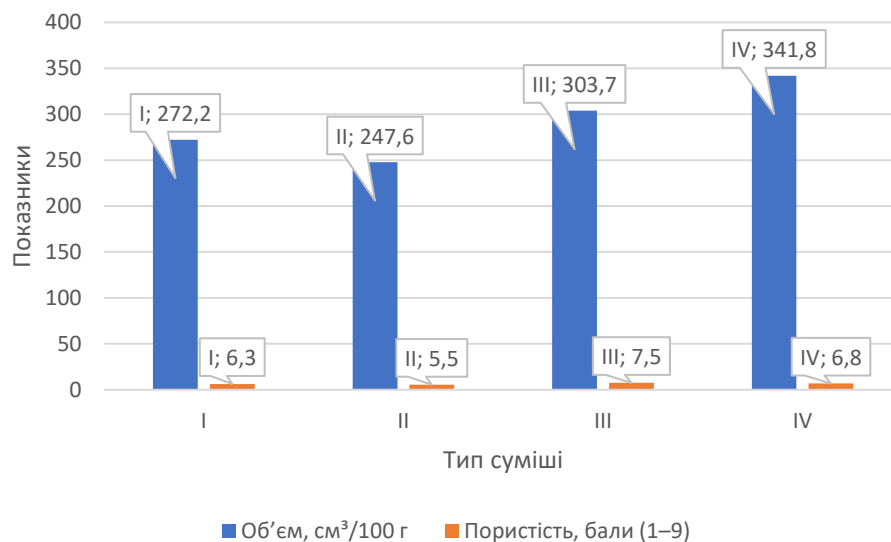


Рисунок 1 – Порівняльна характеристика значень об'єму та пористості хліба, виготовленого з різних типів сухих сумішей

Джерело: створено автором

і $240\text{--}330 \text{ cm}^3 \cdot (100 \text{ г})^{-1}$ для змішаних сортів [4]. Об'єм хлібів із додаванням горохового борошна та переробленої гречки, який склав $247,6\text{--}272,2 \text{ cm}^3 \cdot (100 \text{ г})^{-1}$, свідчить про добрий рівень розпушування. Це підтверджено також результатами сенсорної оцінки: показники м'якуша дослідних хлібів отримали оцінки 4,4–4,6 бали за 5-бальною шкалою [2].

Пористість м'якуша, визначена за 8-бальною шкалою Дольмена (де 8 балів відповідає найвищій якості – дрібні, рівномірні, тонкостінні пори), коливалась залежно від типу хліба. Вона становила від 5,5 балів у зразка II (середні, відносно рівномірні пори) до 7,5 балів у безглютенового хліба з комерційного концентрату III (табл. 1). У таблиці 2 подано результати дослідження вологості та окремих параметрів текстури м'якуша, зокрема твердості та стисливості. Вологість досліджуваних хлібів була різною, але відповідала типовим значенням для відповідних видів хлібобулочних виробів. Зокрема, в безглютенових зразках, випечених із концентратів I, II та III, вологість становила 50,0–50,7%. Тоді як у пшенично-житніх зразках вологість складала 45,1% (концентрат IV) та 42,8% (готовий комерційний хліб В1). Для свіжого змішаного хліба вміст води зазвичай не перевищує 48%, а для безглютенового, згідно з нормативами, – не більше ніж 53%. Готові комерційні безглютенові зразки А1 та А2 відзначалися дуже низькою вологістю, яка була достовірно нижчою за відповідні показники хлібів, виготовлених із концентратів ($p < 0,05$) [2; 8]. Під час зберігання (через 24 і 48 годин) спостерігалось незначне зниження вологості м'якуша досліджуваних зразків.

Висновки. На основі проведеного дослідження встановлено, що використання борошна з митого

гороху, гречаного борошна та гречаних висівок у рецептурах безглютенових концентратів має позитивний вплив на основні фізико-хімічні властивості хліба. Крім того, ці інгредієнти також позитивно впливають на органолептичні властивості готової продукції. Зокрема показники масових втрат під час випікання виявилися зіставними з традиційними значеннями, що свідчить про технологічну доцільність обраних рецептур. Об'єм і пористість м'якуша хлібів, виготовлених із експериментальних сумішей, задовольняли нормативні вимоги. Зразок I мав кращі показники за об'ємом і структурою м'якуша, ніж зразок II. Це свідчить про доцільність використання меншої кількості горохового і гречаного борошна для збереження аерованої структури продукту. Вологість хліба, виготовленого з експериментальних концентратів, відповідала нормативним межам для безглютенових виробів і перевищувала показники комерційних аналогів, що свідчить про потенційно кращу органолептику та споживчі властивості. Органолептична оцінка хлібів із дослідних сумішей продемонструвала прийнятну якість смаку, запаху та структури, зокрема зразок I отримав вищі оцінки порівняно з іншими експериментальними зразками. Динаміка змін під час зберігання підтвердила збереження вологості й текстурних властивостей упродовж перших 48 годин, що є важливим критерієм збереження свіжості продукції. Встановлено, що оптимальним співвідношенням для покращення якості готової продукції є 10% горохового борошна, 10% гречаного борошна та 6% гречаних висівок. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на удосконалення рецептур із додатковим урахуванням нутрієнтного складу та стабільності під час тривалого зберігання.

Список використаних джерел:

1. Краєвська С., Піддубний В. Оцінка якості житньо-пшеничного хліба з пророщеним насінням льону. *The International scientific-practical journal "Commodities and markets"*. 2023. Т. 48, № 4. С. 81–91. DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2023\(48\)07](https://doi.org/10.31617/2.2023(48)07)
2. Резвих Н. І. Аналіз органолептичних показників якості хліба пшеничного з підвищеною харчовою цінністю. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2021. № 5. С. 24–31. DOI: <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.4>
3. Challenges in Development of Gluten-Free Breads / M. B. Mir et al. *Gluten-free Bread Technology*. Cham, 2021. P. 15–28. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73898-3_2
4. Fruit and Vegetable Based Ingredients in Gluten Free Breads / F. Hameed et al. *Gluten-free Bread Technology*. Cham, 2021. P. 183–197. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73898-3_11
5. Haque A., Morris E. R., Richardson R. K. Polysaccharide substitutes for gluten in non-wheat bread. *Carbohydrate Polymers*. 1994. Vol. 25, no. 4. P. 337–344. DOI: [https://doi.org/10.1016/0144-8617\(94\)90060-4](https://doi.org/10.1016/0144-8617(94)90060-4)
6. Oručević Žuljević S., Spaho N. Bread Aroma and Flavour Creation Factors. *The Science of Fermentation [Working Title]*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.115114>
7. Skendi A., Papageorgiou M., Varzakas T. High Protein Substitutes for Gluten in Gluten-Free Bread. *Foods*. 2021. Vol. 10, no. 9. P. 1997. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10091997>
8. Structural Aspects of Gluten Free Breads / M. Manzoor et al. *Gluten-free Bread Technology*. Cham, 2021. P. 71–87. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73898-3_5
9. Sudheesh C., Aaliya B., Sunooj K. V. Role of Starch in Gluten-Free Breads. *Gluten-free Bread Technology*. Cham, 2021. P. 155–181. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73898-3_10
10. Technological Aspects of Gluten Free Bread / K. Muzaffar et al. *Gluten-free Bread Technology*. Cham, 2021. P. 29–48. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73898-3_3

References:

1. Kraievska S., Piddubnyi V. (2023) Otsinka yakosti zhytn'o-pshenychnoho khliba z proroshchenym nasinnyam l'onu [Quality assessment of rye-wheat bread with germinated flax seeds]. *The International scientific-practical journal "Commodities and markets"*, vol. 48 (4), pp. 81–91. DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2023\(48\)07](https://doi.org/10.31617/2.2023(48)07) (in Ukrainian)
2. Rezvykh N. I. (2021) Analiz orhanoleptychnykh pokaznykiv yakosti khliba pshenychnoho z pidvyshchenoiu kharchovoiu tsinnistiu [Analysis of organoleptic quality indicators of wheat bread with increased nutritional value]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky – Tavriyskyi Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences*, no. 5, pp. 24–31. DOI: <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.5.4> (in Ukrainian)
3. Mir M. B., Nawaz M. A., Hameed F., Shokat H., Manzoor M. (2021) Challenges in development of gluten-free breads. In: *Gluten-free Bread Technology* (pp. 15–28). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73898-3_2
4. Hameed F., Nawaz M. A., Mir M. B., Shokat H., Manzoor M. (2021) Fruit and vegetable based ingredients in gluten free breads. In: *Gluten-free Bread Technology* (pp. 183–197). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73898-3_11
5. Haque A., Morris E. R., Richardson R. K. (1994) Polysaccharide substitutes for gluten in non-wheat bread. *Carbohydrate Polymers*, vol. 25 (4), pp. 337–344. DOI: [https://doi.org/10.1016/0144-8617\(94\)90060-4](https://doi.org/10.1016/0144-8617(94)90060-4)
6. Oručević Žuljević S., Spaho N. (2024) Bread aroma and flavour creation factors. In: *The Science of Fermentation [Working Title]*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.115114>
7. Skendi A., Papageorgiou M., Varzakas T. (2021) High protein substitutes for gluten in gluten-free bread. *Foods*, vol. 10 (9), 1997. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10091997>
8. Manzoor M., Nawaz M. A., Hameed F., Shokat H., Mir M. B. (2021) Structural aspects of gluten free breads. In: *Gluten-free Bread Technology* (pp. 71–87). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73898-3_5
9. Sudheesh C., Aaliya B., Sunooj K. V. (2021) Role of starch in gluten-free breads. In: *Gluten-free Bread Technology* (pp. 155–181). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73898-3_10
10. Muzaffar K., Nawaz M. A., Hameed F., Shokat H., Mir M. B. (2021) Technological aspects of gluten free bread. In: *Gluten-free Bread Technology* (pp. 29–48). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-73898-3_3

Oleksandr Bozhok

Vinnitsia Institute of Trade and Economics
of the State University of Trade and Economics

**ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR OPTIMIZATION
OF FUNCTIONAL GLUTEN-FREE PRODUCT FORMULATIONS**

The exclusion of gluten from traditional recipes creates several technological challenges, in particular, the loss of structure-forming properties of the dough, which negatively affects the finished product's texture, appearance and taste characteristics. Many gluten-free alternatives are characterised by reduced nutritional value, necessitating careful selection of raw materials and technological approaches to preserve or increase the content of biologically active substances, minerals and vitamins. In this context, there is a need to create recipes that would combine gluten-free with high organoleptic and functional indicators. The study's relevance is due to the increasing prevalence of celiac disease, gluten intolerance and the growing demand for gluten-free products among wide segments of

the population, including supporters of healthy eating. The creation of high-quality, functional, gluten-free products remains a relevant scientific and practical problem, requiring the search for effective technological solutions to increase nutritional value, improve organoleptic properties and ensure product stability during storage. The article presents the results of a study aimed at analyzing technological solutions for optimizing recipes for functional gluten-free bakery products. The object of study was experimental bread samples made from concentrates containing pea flour, buckwheat flour and buckwheat bran, and commercial samples of gluten-free and wheat-rye bread. The physicochemical, sensory and textural characteristics of bread were studied, including porosity, volume, moisture, taste properties and storage stability. The results indicate the feasibility of using legume and cereal components to improve the quality of gluten-free products and ensure their functional properties by enhancing the nutritional profile, including increased protein and dietary fiber content, as well as by contributing to improved texture, taste, and overall acceptability. The synergistic combination of these ingredients allows for better structural integrity in the absence of gluten, while also supporting the development of products that meet the dietary needs of individuals with gluten intolerance or celiac disease, without compromising on sensory and functional attributes. The data obtained can be used to improve gluten-free bread recipes considering the requirements for nutritional and consumer value.

Keywords: *gluten-free bread, pea flour, buckwheat products, baking properties, texture.*

Стаття надійшла: 18.09.2025

Стаття прийнята: 28.10.2025

Стаття опублікована: 18.11.2025