

УДК 664.665:[664.641.2:633.12]:664.64.016.3-026.78  
DOI: 10.31866/2616-7468.7.1.2024.305962

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ХЛІБА ГРЕЧАНОГО БЕЗГЛЮТЕНОВОГО БЕЗДРІЖДЖОВОГО

*Аліна Васьківська,*  
аспірантка,  
Київський університет культури,  
Київ, Україна,  
alinavaskivska@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-5177-1161>  
© Васьківська А. О., 2024

*Світлана Пересічна,*  
кандидатка технічних наук,  
Київський національний університет  
культури і мистецтв,  
Київ, Україна,  
svetap264@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0003-2023-558X>  
© Пересічна С. М., 2024

**Актуальність.** Наявний асортимент безглютенових хлібобулочних виробів на внутрішньому ринку України є недостатнім для задоволення зростаючих потреб споживачів із різними видами харчової алергії або генетично схильних до целиакії. Відповідно до зростаючого попиту споживачів на хліб безглютеновий нами розроблені та виготовлені з високоякісних натуральних інгредієнтів наступні види хлібу гречаного безглютенового бездріжджового: з кіноа, сезамом та волоським горіхом; з кіноа, сезамом та харчовими волокнами коноплі; з кіноа, сезамом та харчовими волокнами гарбуза. Оскільки кожний із сировинних інгредієнтів відіграє значну роль у процесі тістоутворення, доцільним є дослідження механізму вироблення бездріжджового тіста на основі крупи зеленої гречки з додаванням насіння кіноа, сезаму, волоського горіха, харчових волокон коноплі та гарбуза і визначення фізико-хімічних процесів, що протікають у тісті після його утворення та забезпечують якість готових хлібобулочних виробів. **Метою дослідження** є вплив використаної рослинної сировини – крупи зеленої гречки, насіння кіноа, сезаму, волоського горіха, харчових волокон коноплі, гарбуза – на фізико-хімічні та органолептичні показники безглютенових хлібобулочних виробів. **Методи дослідження.** Під час досліджень використані аналітичні, органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні, математично-статистичні методи оброблення експериментальних даних із використанням комп'ютерних технологій. **Результати.** За результатами досліджень визначено фізико-хімічні показники: масова частка вологи, вміст сухих речовин, кислотність відповідної сировини: крупи зеленої гречки, насіння кіноа, сезаму, волоського горіха, харчових волокон коноплі та гарбуза. Визначено масову частку вологи тіста та готових зразків хліба, що становила для випеченого хліба, у %: для дослідного зразка № 1 – 53,3, для зразків № 2, 3 – 55,6, що збільшилась у порівнянні з контролем на 2,3 % та 6,7 % відповідно. Загальна кислотність становила, у град: для дослідного зразка хліба № 1 – 9,4, для зразків № 2, 3 – 9,7 (збільшилась на 10,2 % і 13,7 % відповідно, порівнюючи із контролем). Крихкість хліба гречаного збільшилась на 21,25 % (зразок № 1) та на 20,25 % (зразки № 2, 3), порівнюючи із хлібом житньо-пшеничним. По-кращилась пористість хліба гречаного безглютенового бездріжджового, яка становила, у %: для дослідних зразків: № 1 – 70, для № 2 та 3 (з додаванням харчових волокон гарбуза та коноплі) – 72, що на 7,7 % та 10,8 % відповідно краще, порівнюючи із контрольним зразком. Визначено деформацію м'якушки житньо-пшеничного хліба (контрольний зразок) та дослідних зразків хліба гречаного безглютенового бездріжджового під час зберігання терміном 4, 24 та 48 годин. Встановлено, що загальна деформація м'якушки в досліджуваних зразках зменшилась протягом 24 годин після випікання на 6,7 % (зразок № 1) та 13,4 % (зразки № 2, 3), через 48 годин зберігання – на 8,0 % (зразок № 1) та 16,0 % (зразки

№ 2, 3), порівнюючи із контрольним зразком. **Висновки та обговорення.** На підставі вищезазначеного можна зробити висновок, що використання крупи зеленої гречки, насіння кіноа, сезаму, волоського горіха, харчових волокон коноплі та гарбуза у виробництві хліба гречаного безглютенового бездріжджового сприяє покращенню його органолептичних характеристик, фізико-хімічних показників якості та дозволяє розширити асортимент безглютенових хлібобулочних виробів, що сприятиме покращенню харчування широких верств населення.

**Ключові слова:** хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий, фізико-хімічні показники, кислотність, пористість, крихкість, масова частка вологи.

### Актуальність проблеми

*Постановка проблеми.* Хліб та хлібобулочні вироби є традиційними складовими споживчого кошика населення України. Споживання хлібних виробів у населення є одним із ключових факторів, що впливають на його здоров'я. З огляду на це, важливо забезпечити споживачів продукцією, що має необхідний вміст нутрієнтів для задоволення добової потреби організму. Однак стандартний асортимент хлібобулочних виробів зазвичай не забезпечує цієї потреби, а їх надмірне споживання може мати несприятливі наслідки. Водночас на сьогодні здорове харчування стає все більш важливим, а асортимент хлібобулочних виробів розширюється.

Українські споживачі чутливі до сучасних харчових трендів, які мають досить широкий спектр для оцінки асортименту, представленого на ринку хлібобулочної продукції. При цьому зростає тенденція набуття здорових харчових звичок, які паралельно сприяють зростанню асортименту хліба з підвищеною харчовою цінністю. Перспективним шляхом підвищення показників якості хлібобулочних виробів є застосування рослинної сировини з високим вмістом білка. Оскільки білкові культури часто використовують як джерело  $\alpha$ -амінокислот, крім унікального хімічного складу, вони відрізняються доступністю та наявністю широкої сировинної бази для виробництва хлібобулочних виробів.

Світовою проблемою на сьогодні є зростання загальної захворюваності населення планети, зокрема, на целіакію. Ліків проти цієї хвороби, на жаль, немає – хворим потрібно суворо дотримуватись безглютенової дієти протягом усього життя, тобто з раціону назавжди виключаються продукти із пшениці, жита і ячменю. Споживачі із цим захворюванням повинні мати достатній асортимент хлібобулочних виробів, які б задовольняли їх раціон. З огляду на зазначену проблему нами розроблені три види хліба безглютенового бездріжджового на основі крупи зеленої гречки з використанням рослинної сировини: насіння кіноа, сезаму, волоського горіха, харчових волокон коноплі та гарбуза (Васьківська & Пересічна, 2022, 2023).

Відповідно доцільно встановити вплив використаної рослинної сировини на фізико-хімічні та органолептичні показники безглютенових хлібобулочних виробів, оскільки саме останні є основними, що приваблюють споживача.

Перспективною для виготовлення хліба є крупа зеленої гречки та продукти її перероблення, зокрема, борошно. Особливо популярним в умовах поширення тенденцій здорового харчування стає використання цієї сировини. Особливість зеленої гречки полягає також у тому, що вона не містить білка глютену, в ній переважають альбуміни і глобуліни, які легко засвоюються організмом, що робить

цю крупу особливо цінним дієтичним продуктом. Відсутність попередньої термообробки зеленої гречки у технології виробництва хліба дозволяє максимально зберегти весь спектр вітамінів, макро- і мікронутрієнтів, ферментного комплексу та потужні антиоксидантні властивості.

Науковими дослідженнями встановлено, що зелена гречка є джерелом підвищення фізіологічної цінності хліба. Використання її в суміші із пшеничним борошном збагачує вироби білком, вітамінами, мінеральними та іншими біологічно активними речовинами, затримує черствіння (Morais et al., 2014).

*Стан вивчення проблеми.* Науковцями проводяться дослідження з визначення сировини для виробництва безглютенових хлібобулочних виробів і її впливу на органолептичні та фізико-хімічні показники цієї продукції. В якості найбільш розповсюджених і широко вживаних сировинних компонентів застосовують рисове борошно і крохмаль, кукурудзяне борошно і крохмаль, картопляний, маніоковий, пшеничний крохмаль. Дані дослідження висвітлено в роботах зарубіжних учених Morais та ін. (2014); С. М. Mancebo та ін. (2015); М. Gomez та L. S. Sciarini (2015).

Науковці зі США Е. F. Trappey та ін. (2015), К. Marston та ін. (2015) як альтернативну сировину пропонують безглютенове борошно: із зернових (соргове, просяне, вівсяне); із псевдозернових (гречане, амарантове, кіноа); борошно з коренів та бульб (маніоки, батату); борошно з бобових (соеве, нутове, сочевичне, горохове); інші види борошна (ляне, каштанове, бананове, теффі та ін.), а також борошняні суміші, що забезпечують певні реологічні характеристики тіста і потрібний ступінь пористості хліба.

Вчені І. М. Медвідь та ін. (2019) провели дослідження, щодо корегування структурно-механічних властивостей безглютенового тіста з рисового борошна за допомогою гідроксипропілметилцелюлози (ГПМЦ) і лецитину.

А. Lazaridou та ін. (2007) встановили, що додавання 2 % пектину, 1 % карбоксиметилцелюлози та 1 %  $\beta$ -глюканів покращує пористість безглютенового хліба на основі рисового борошна, кукурудзяного крохмалю та казеїнату натрію і подовжує період свіжості хліба.

Турецькими вченими І. D. Mert та ін. (2014) встановлено ефективність використання спонтанного бродіння для розроблення безглютенових хлібобулочних виробів. Досліджено вплив рисової закваски самовільного бродіння на реологічні властивості тіста, а також проаналізовано показники технологічного процесу приготування хліба з рисового борошна, які прискорили дозрівання тіста та підвищили інтенсивність кислотонакопичення.

Для покращення фізико-хімічних показників хліба науковцями Н. Пашовою та ін. (2018) запропоновано використання бурякового квасу. Встановлено, що хліб на його основі має розвинену пористість м'якушки, довго не кришиться, повільно черстве, стійкий до мікробіологічного псування. М'якушка не деформується і еластична при натисканні.

Вчені R. Moreira та ін. (2013a, 2013b) провели дослідження якості структуруючих реагентів для імітації в'язко-пружних властивостей клейковини, що широко використовують гідроколоїди різних видів. Такі інгредієнти зазвичай використовуються як замітник глютену через їх здатність до загущення, високі водозв'язуючі і гелеутворюючі характеристики. Вони здатні контролювати властивості водної фази, стабілізувати структуру емульсій, пін, суспензій та багатофазних систем. Гідроколоїди збільшують об'єм тіста, стабілізуючи його пінну структуру

за рахунок збільшення в'язкості, флокуляції та коалесценції. Гідроколоїди також запобігають впливу водної фази на пінну структуру, покращуючи стійкість рідини в плівках, що оточують пухирці газу.

На основі проведених досліджень науковцями Н. Gambuś та ін. (2007), S. A. Mir та ін. (2016) доведено, що покращення структурно-механічних характеристик тіста та хлібних виробів може бути досягнуто шляхом підбору загусників і гелеутворювачів, що відіграють роль основних структуроутворювачів у безклеюватих системах.

Для збільшення термінів зберігання та зменшення крихкості готових хлібобулочних виробів вченими M. Rinaldi та ін. (2017) запропоновано застосування у виробництві безглютенового хліба закваски з каштанового борошна, що дозволяє збільшити вологість та сповільнити процеси черствіння хлібного виробу.

Вченими M. Majzoobi та ін. (2017) запропоновано застосування у виробництві безглютенових хлібних виробів морквяного порошку, який покращує фізико-хімічні показники тіста, а саме: в'язкість, еластичність, консистенцію та м'якість готового виробу.

Додавання псиліуму у тісто знижує показники твердості м'якушки на 65–75 %, порівнюючи з показниками контрольного хліба без глютену, протягом 72 годин зберігання. Найдовшу затримку черствіння хліба спостерігали при додаванні 17,14 % подорожника (Даньшин & Гавриш, 2020).

Науковицями А. О. Васьківською та С. М. Пересічною (2022) обґрунтовано доцільність заміни борошна житнього та пшеничного першого сорту на безглютенову сировину, а саме крупу зеленої гречки та добавки рослинного походження – харчові волокна коноплі та гарбуза; волоський горіх; насіння сезаму та кіноа, і виготовлення бездріжджового безглютенового хліба з кіноа, сезамом та волоським горіхом; з кіноа, сезамом та харчовими волокнами коноплі; з кіноа, сезамом та харчовими волокнами гарбуза.

*Невирішені питання.* Наступним етапом наших досліджень було вивчення фізико-хімічних показників безглютенової сировини, якості тіста, хліба гречаного безглютенового бездріжджового та його структурно-механічних показників під час зберігання протягом 4, 24, 48 годин та пошуку шляхів покращення органолептичних показників безглютенових хлібобулочних виробів.

## **Мета і методи дослідження**

*Метою дослідження є вплив використаної рослинної сировини – крупи зеленої гречки, насіння кіноа, сезаму, волоського горіха, харчових волокон коноплі, гарбуза – на фізико-хімічні та органолептичні показники безглютенових хлібобулочних виробів.*

*Методологічною основою дослідження є визначення та аналіз фізико-хімічних показників трьох видів хліба гречаного безглютенового бездріжджового, виготовленого на основі крупи зеленої гречки, з додаванням насіння кіноа, сезаму, волоського горіха, харчових волокон коноплі та гарбуза.*

*Методи дослідження – абстрактно-логічний (при систематизації наукових публікацій щодо використання безглютенової сировини, яка забезпечує певні реологічні характеристики тіста і фізико-хімічні показники хліба); фізико-хімічні (визначали за ДСТУ 7045:2009 масову частку вологи, кислотність, пористість,*

крихкість; Держспоживстандарт України, 2010); структурно-механічні (визначали на автоматизованому пенетрометрі АП-4/1 властивості м'якучки хліба та їх зміну під час зберігання); вимірювання (визначали фізико-хімічні показники дослідних зразків хліба і порівнювали з контролем); органолептичні (визначали показники якості хліба у відповідності до ДСТУ 9188:2022 «Вироби хлібобулочні. Органолептичне оцінювання показників якості»; Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості [УкрНДНЦ], 2023).

Зміну співвідношення «вільної» і «зв'язаної» вологи визначали термогравіметричним методом на дериватографі Q-1500 у діапазоні температур 20–25 °С через 24 і 48 годин після випікання. Показники визначали у відповідності до ДСТУ 7045:2009 «Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників» (Держспоживстандарт України, 2010).

*Об'єктом дослідження* є фізико-хімічні показники (масова частка вологи, кислотність, крихкість, пористість) хліба гречаного безглютенового бездріжджового.

*Предмет дослідження* – хліб житньо-пшеничний (контроль), хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий:

- з кіноа, сезамом та волоським горіхом;
- з кіноа, сезамом та харчовими волокнами коноплі;
- з кіноа, сезамом та харчовими волокнами гарбуза.

*Наукова новизна.* Основні теоретичні та практичні результати, що визначають новизну дослідження, полягають у встановленні закономірності впливу насіння кіноа, сезаму, волоського горіха, харчових волокон коноплі та гарбуза на фізико-хімічні та структурно-механічні властивості якості тіста і хліба безглютенового на основі крупи зеленої гречки.

*Інформаційна база дослідження* – праці вітчизняних і зарубіжних вчених; статистичні дані, монографії, автореферати дисертацій, друковані та електронні наукові статті у фахових збірниках наукових праць, матеріали науково-практичних конференцій, ресурси мережі інтернет.

## **Результати дослідження**

Якість розробленого хліба гречаного безглютенового бездріжджового досліджували на відповідність стандартним показникам виробів, виготовлених за загальноприйнятою технологією, а також за показниками органолептичної оцінки. Ці показники залежать від складу, умов зберігання та властивостей сировини, що використовується, процесів, що відбуваються в тісті при замішуванні, розстоюванні і обминанні тіста, а також при випіканні виробів.

З метою розроблення безглютенових хлібних виробів, збагачених білками, харчовими волокнами, макро- і мікроелементами, вітамінами, нами обрано безглютенову сировину, а саме: крупу зеленої гречки, насіння кіноа та сезаму, волоський горіх, харчові волокна коноплі та гарбуза.

Органолептичну оцінку якості дослідних зразків проводили за 5-бальною шкалою кожного із показників: стан поверхні виробу, колір, стан м'якучки, смаку та запах згідно з ДСТУ 9188:2022 (УкрНДНЦ, 2023) з метою визначення відповідності показників якості готових виробів нормативним вимогам. Середні оцінки органолептичних показників хліба гречаного безглютенового бездріжджового наведені на рис. 1.

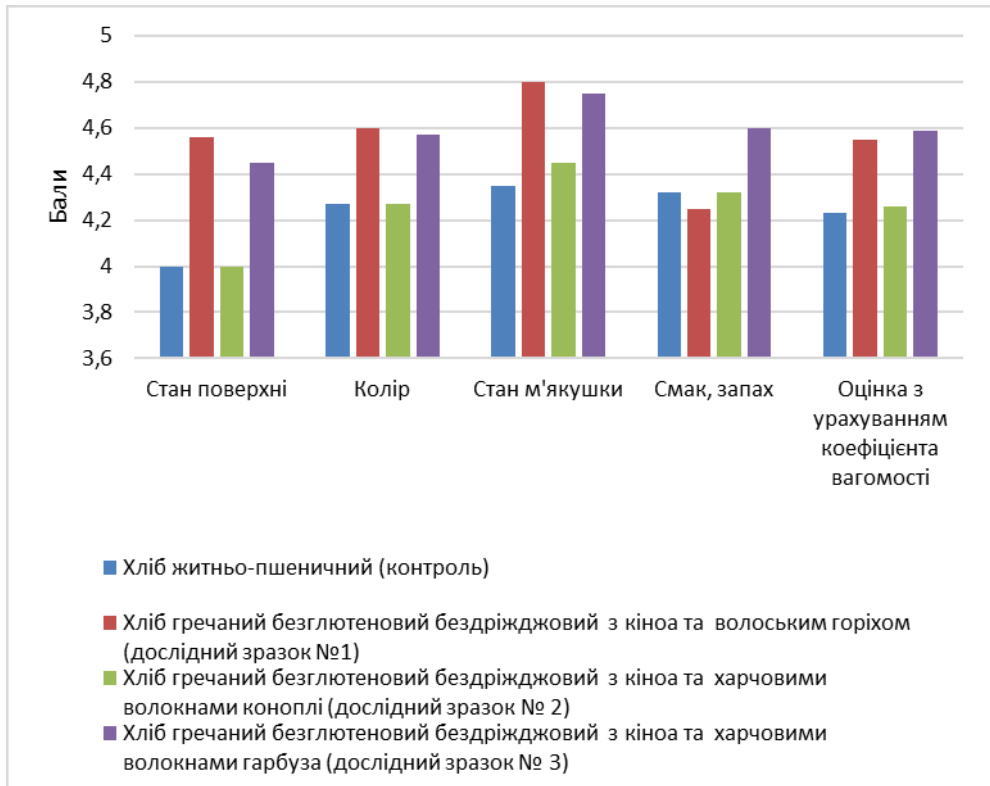


Рис. 1. Показники якості та загальна органолептична оцінка хліба гречаного безглютенового бездріжджового  
Джерело: дослідження авторів

Pic. 1. Quality indicators and general organoleptic assessment of gluten-free and yeast-free buckwheat bread  
Source: the authors' research

Як видно з рис. 1, бальна оцінка дослідного зразка № 2 хліба гречаного безглютенового з кіноа та харчовими волокнами коноплі є на рівні контрольного зразка за кольором, за станом м'якушки – 4,2 бали, а за запахом та смаком перевищує контрольний зразок і становить 4,3 бали. Загальна органолептична оцінка хліба житньо-пшеничного – 4,23 бали; хліба гречаного безглютенового бездріжджового з кіноа та волоським горіхом – 4,55 бали; хліба гречаного безглютенового бездріжджового з кіноа та харчовими волокнами коноплі – 4,45 бали; хліба гречаного безглютенового бездріжджового з кіноа та харчовими волокнами гарбуза – 4,59 бали.

Слід зазначити, що позитивним є покращення запаху та смакових характеристик хліба гречаного безглютенового бездріжджового з кіноа та харчовими волокнами коноплі, з кіноа та харчовими волокнами гарбуза (4,3 та 4,6 бали), порівнюючи із контрольним зразком (4,2 бали).

Основними характеристиками сировини, що використовувалася для приготування тіста, є її хімічний склад, дисперсність, водопоглинальна здатність. При поєднанні в одній рецептурі різних видів безглютенової сировини створюються

складні системи, які залежать від технологічних властивостей сировини (Sanchez et al., 2002; Дробот та ін., 2006).

Для отримання більш достовірної інформації щодо якості дослідних зразків хліба досліджено фізико-хімічні показники основної сировини: борошна пшеничного першого сорту, житнього; крупи зеленої гречки; насіння кіноа та сезаму; волоського горіха; харчових волокон коноплі та гарбуза. Результати представлені в табл. 1.

Табл. 1. Фізико-хімічні показники основної сировини, що використовувалась при приготуванні хліба

Tabl. 1. Physical and chemical indicators of the main raw materials used in the bread cooking

Сировина	Показники	
	Масова частка сухих речовин, %	Кислотність, град
Борошно пшеничне першого сорту	85	2,5
Борошно житнє	86	6,0
Крупа зеленої гречки	86	4,5
Насіння кіноа	87	4,8
Насіння сезаму	87	3,0
Волоський горіх	87	5,5
Харчові волокна коноплі	86	3,0
Харчові волокна гарбуза	86	3,0

Джерело: дослідження авторів

Source: the authors' research

Таким чином, масова частка вологи в досліджуваній сировині становила: 13 % у волоському горіху, насінні кіноа та сезаму; 14 % – у крупі зеленої гречки, харчових волокнах коноплі і гарбуза, що нижче відповідно на 2 % і 1% від борошна пшеничного вищого сорту. Що стосується кислотності сировини, що досліджується, то вона нижча, ніж у борошні пшеничному першого сорту, і вища, ніж у борошні житньому.

Масова частка вологи є важливим показником якості хлібобулочних виробів, оскільки він впливає на зберігання продукту без псування. Від масової частки вологи у хлібобулочному виробі залежить його калорійність, стан м'якушки, вихід готового виробу.

Масову частку вологи тістового напівфабрикату визначали на первинній стадії технологічного процесу виробництва хлібобулочних виробів, а її рівень порівнювали з контрольним зразком (хліб житньо-пшеничний) (табл. 2).

В результаті проведених досліджень встановлено, що масова частка вологи тіста у всіх дослідних зразках збільшена. Так, вологість дослідних зразків тіста становила: № 1 – 52,7 %; № 2, 3 – 54, 0 %, контролю – 51,5 %, що на 2,3 % та 4,8 % більше від контрольного зразка. Ці показники обумовлені технологічним процесом виготовлення дослідних зразків тіста, оскільки крупа зеленої гречки попередньо проходила процес гідратації.

Наступним етапом було проведення дослідження фізико-хімічних показників хліба гречаного безглютенового бездріжджового, результати якого надано в табл. 2.

Табл. 2. Фізико-хімічні показники якості тіста та готового хліба  
 Tabl. 2. Physical and chemical indicators of the quality  
 of dough and ready-made bread

Показники	Контроль	Досліди		
	Хліб житньо-пшеничний	Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та волоським горіхом (зразок № 1)	Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та харчовими волокнами коноплі (зразок № 2)	Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та харчовими волокнами гарбуза (зразок № 3)
<b>Тісто</b>				
Масова частка вологи, %	51,5	52,7	54,0	54,0
<b>Готові вироби</b>				
Масова частка вологи, %	52,1	53,3	55,6	55,6
Кислотність, град	8,5	9,4	9,7	9,7
Крихкість, %	40,0	48,5	48,1	48,1
Пористість, %	65,0	70,0	72,0	72,0
Упікання, %	9,1	16,7	18,4	16,4

*Джерело: дослідження авторів*

*Source: the authors' research*

Заміна борошна при приготуванні хліба гречаного безглютенового на крупу зеленої гречки, насіння кіноа та сезаму, волоський горіх, харчові волокна коноплі та гарбуза також вплинула на масову частку вологи в дослідних зразках хліба. Так, масова частка вологи дослідних зразків хліба становить: № 1 – 53,3 %, № 2, 3 – 55,6 %, що більше контрольного зразка на 2,3 % та 6,7 % відповідно.

Показник кислотності хліба характеризує його якість та визначає смак і аромат. Кислотність хліба зумовлена: кислотністю сировини та продуктами, що утворюються під час бродіння тіста; наявністю вільних жирних кислот, що присутні у виробах, які зберігаються тривалий час, ці кислоти утворюються внаслідок гідролізного розпаду жирів, присутності інших вільних органічних кислот (молочної, оцтової та ін.), саме вони визначають смак і аромат виробів; наявністю кислотореагуючих продуктів розпаду білків – амінокислот.

Загальна кислотність хліба гречаного безглютенового бездріжджового зменшилась на 10,5 % (з кіноа та волоським горіхом) і на 14,1 % – з кіноа та харчовими волокнами коноплі і з кіноа та харчовими волокнами гарбуза, порівнюючи з контролем. Цей факт обумовлений тим, що сировина, яку використовували в дослідних зразках, зокрема насіння кіноа, волоський горіх, має нижчу, ніж у сировини контрольного зрізця, кислотність. Це також відіграватиме відповідну роль у зберіганні хліба гречаного безглютенового, оскільки підвищена кислотність сприятиме розвитку пліснявих грибів.



Встановлено, що в результаті повної заміни житнього та пшеничного борошна на безглютенові види сировини (крупку зеленої гречки, насіння кіноа, сезаму, волоського горіха, харчових волокон коноплі та гарбуза) в дослідних зразках хліба гречаного крихкість виробів збільшилась. Характерною властивістю м'якушки хліба є збільшення її здатності кришитися навіть при слабкому механічному впливі. Це виражається у масовій частці крихт, що утворилися до маси взятої м'якушки. У міру черствіння крихкість м'якушки збільшувалася, оскільки при цьому утворювалися тріщинки у стінках пор, і вони ставали крихкими. Крихкість дослідного зразка № 1 збільшилась на 8,5 %, зразків № 2 та 3 – на 8,1 %, порівнюючи із контрольним зразком. Дослідження крихкості м'якушки хліба безглютенового показало, що в процесі зберігання внаслідок зменшення міцності стінок пор досліджуваного хліба цей показник збільшувався.

Пористість хліба визначали як відсоткове відношення об'єму пор до загального об'єму м'якушки. Добре розпушений хліб із рівномірною дрібною тонкостінною пористістю легше розжовується, просочується травними соками й тому краще засвоюється. Пористість нормується стандартами – вона встановлена для кожного виду хлібобулочних виробів. Нормативні значення: пшеничний хліб із сортового пшеничного борошна має пористість 54–75 %, із житнього – 45–57%, із житньо-пшеничного 46–62 %. Як видно з даних таблиці 2, найвища пористість хліба гречаного безглютенового у дослідних зразках № 2 та 3 – 72 % із додаванням харчових волокон гарбуза та коноплі; у зразку № 1 – 70 %; контролі – 65 %. Збільшення цього показника у дослідних зразках хліба свідчить про більший об'єм виробів, кращий товарний вигляд і більшу розпушеність м'якушки хліба за рахунок наявності в крупі зеленої гречки дріжджових грибків, а основними леткими сполуками є піразинові. Також основними процесами під час дозрівання тіста є спиртове і молочнокисле бродіння. Внаслідок цих процесів відбувається розпушення тіста діоксидом вуглецю.

Вихід готових видів хліба гречаного безглютенового бездріжджового до маси основної сировини становив: дослідного зразка № 1 – 83,3 %, № 2 – 81,6 %, № 3 – 83,6 %, а контролю – 90,9 %.

Таким чином, аналізуючи результати досліджень, встановили, що дослідні зразки хліба гречаного безглютенового бездріжджового, до складу яких входять крупа зеленої гречки, насіння кіноа, сезаму, волоський горіх, харчові волокна коноплі та гарбуза, мають високі органолептичні та фізико-хімічні показники якості.

З метою визначення збереження хлібом гречаним безглютеновим свіжості досліджували зміну деформації м'якушки хліба через 4, 24 та 48 годин після випікання (табл. 3).

Встановлено, що показники загальної деформації м'якушки усіх досліджуваних виробів є більш високими, порівнюючи з контролем, після випікання та протягом 24 годин після нього і становлять у дослідному зразку № 1 – 60 од., у зразках № 2 та № 3 – 58 од. Через 48 годин зберігання деформація м'якушки становила 28 од. (зразок № 1) та 25 од. (зразки № 2, 3), що менше, порівнюючи із втратами протягом перших 24 годин (табл. 3). При цьому у процесі зберігання деформація м'якушки безглютенових бездріжджових дослідних зразків знижувалася меншою мірою, ніж у контрольному зразку.

Як відомо, у процесі зберігання хліба відбувається перерозподіл зв'язаної та вільної вологи в м'якушці готових виробів, завдяки чому система набуває нового рівноважного стану. При цьому за зміною співвідношення «вільної» та «зв'язаної»

води під час зберігання хліба можна встановити ступінь його черствіння. Оскільки чим більший вміст міцно зв'язаної вологи в готових виробих, тим довший термін їх зберігання.

Табл. 3. Структурно-механічні показники м'якушки хліба гречаного безглютенового бездріжджового під час зберігання

Tabl. 3. Structural and mechanical parameters of the crumb of gluten-free and yeast-free buckwheat bread during storage

Термін зберігання	Загальна деформація м'якушки, од. пенетрометра			
	Контроль	Досліди		
	Хліб житньо-пшеничний	Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та волоським горіхом (зразок № 1)	Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та харчовими волокнами коноплі (зразок № 2)	Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та харчовими волокнами гарбуза (зразок № 3)
через 4 години	75	82	80	80
через 24 години	42	60	58	58
через 48 годин	15	28	25	25

Джерело: дослідження авторів  
 Source: the authors' research

Дані отриманих показників із табл. 4 свідчать, що швидкість втрати зв'язаної води в процесі зберігання дослідних безглютенових хлібобулочних виробів менша, ніж у контрольного житньо-пшеничного хліба. Так, через 48 годин зберігання вміст зв'язаної води в контрольному зразку більший та становить – 2,9 %, тоді як у дослідних зразках № 1 – 3,1 %; № 2, 3 – 3,3 %. Отримані дані свідчать, що білки крупи зеленої гречки зв'язують воду і дещо затримують процес черствіння. Зміна кількості зв'язаної води залежить від кількості білкових речовин і їх здатності набухати та утримувати воду.

Найбільше зв'язаної вологи міститься в дослідних зразках хліба гречаного безглютенового, оскільки гречка має більшу, порівнюючи з борошном пшеничним та житнім, водопоглинальну здатність, також на результат вплинула технологія виробництва дослідних зразків. У процесі зберігання хліба відбувається перерозподіл зв'язаної та вільної вологи в м'якушці виробів, завдяки чому система набула нового рівноважного стану. При цьому за зміною співвідношення «вільної» та «зв'язаної» води під час зберігання хліба можна встановити ступінь його черствіння. Сповільненню черствіння готових виробів може сприяти можливе комплексоутворення між полярною групою лецитину та амілозою крохмалю крупи зеленої гречки.

В табл. 5 наведені мікробіологічні показники дослідних зразків хліба гречаного безглютенового бездріжджового відразу після випічки та після зберігання протягом 72 годин.

Табл. 4. Кінетичні параметри дериватограм м'якушки хліба гречаного безглютенового бездріжджового

Tabl. 4. Derivatograms' kinetic parameters of the of the crumb of gluten-free and yeast-free buckwheat bread

Зразки хліба	Три-валість зберігання, год.	Масова частка вологи, % до загальної кількості		Втрати зв'язаної вологи, %
		вільна	зв'язана	
Хліб житньо-пшеничний (контроль)	24	76,5	23,5	-
	48	79,4	20,6	2,9
Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та волоським горіхом (дослідний зразок № 1)	24	74,3	25,7	-
	48	77,4	22,6	3,1
Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та харчовими волокнами коноплі (дослідний зразок № 2)	24	72,3	27,7	-
	48	75,6	24,4	3,3
Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та харчовими волокнами гарбуза (дослідний зразок № 3)	24	72,3	27,7	-
	48	75,6	24,4	3,3

Джерело: дослідження авторів

Source: the authors' research

Табл. 5. Мікробіологічні показники дослідних зразків хліба гречаного безглютенового в процесі зберігання

Tabl. 5. Microbiological indicators of experimental samples of gluten-free buckwheat bread during storage

Показники	Вимоги НД	Контроль	Досліди			Позначення НД та метод випробувань	Відмітка про відповідність
		Хліб житньо-пшеничний	Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та волоським горіхом	Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та харчовими волокнами коноплі	Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий із кіноа та харчовими волокнами гарбуза		
Кількість мезофільних аеробних і фак. аеробних мікроорг., КУО в 1 г, відразу/через 72 год.	Не більше $5 \times 10^4$	$1,0 \times 10^3$ / $1,3 \times 10^5$	$0,26 \times 10^5$ / $0,30 \times 10^5$	$0,23 \times 10^5$ / $0,28 \times 10^5$	$0,23 \times 10^5$ / $0,28 \times 10^5$	ДСТУ 8446: 2015	Відповідає

Продовження табл. 5.

Сульфітрeredукуючі клостридії у 0,1 г, відразу/через 72 год.	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	ДСТУ 8720: 2017	Відповідає
Патогенні мікроорган., у т. ч. р. сальмонела в 25 г, відразу/через 72 год.	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	ДСТУ EN 12824: 2004	Відповідає
Бактерії роду Proteus в 0,1 г, відразу/через 72 год.	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	ДСТУ 8446: 2015	Відповідає
Vacillus cereus в 0,1 г продукту, відразу/через 72 год.	Не більше $1 \times 10^2$	$0,23 \times 10^5 / 0,29 \times 10^5$	$0,15 \times 10^5 / 0,18 \times 10^5$	$0,14 \times 10^5 / 0,16 \times 10^5$	$0,14 \times 10^5 / 0,16 \times 10^5$	ДСТУ 8040: 2015	Відповідає
Плісняві гриби КУО в 1 г, відразу/через 72 год.	Не більше $5 \times 10^2$	$0,30 \times 10^5 / 0,45 \times 10^5$	$0,25 \times 10^5 / 0,38 \times 10^5$	$0,22 \times 10^5 / 0,36 \times 10^5$	$0,22 \times 10^5 / 0,36 \times 10^5$	ДСТУ 8447: 2015	Відповідає
Дріжджі КУО в 1 г, відразу/через 72 год.	Не більше 50	Менше $10^*$	Менше $10^*$	Менше $10^*$	Менше $10^*$	ДСТУ 8447: 2015	Відповідає

Джерело: дослідження авторів (УкрНДНЦ, 2017а, 2017б, 2017с, 2019; Держспоживстандарт України, 2005)

Source: the authors' research (Ukrainian Scientific Research and Training Centre of Standardisation, Certification and Quality Problems, 2017a, 2017b, 2017c, 2019; Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005)

Отримані дані мікробіологічних показників якості дослідних зразків підтверджують мікробіологічну безпечність безглютенових хлібних виробів та можливість зберігання їх протягом 72 годин. У всіх дослідних зразках хліба кількість мезофільних мікроорганізмів та пліснявих грибів не перевищувала норму. Проте рекомендований оптимальний термін зберігання 48 годин, оскільки реалізація хліба здійснюється без упакування.

### Висновки та обговорення результатів

Внаслідок проведених досліджень отримані результати фізико-хімічних показників масової частки вологи, вмісту сухих речовин, кислотності відповідної сировини: крупи зеленої гречки, насіння кіноа, сезаму, волоського горіха, харчових волокон коноплі та гарбуза. Визначено масову частку вологи тіста та дослідних зразків хліба, що становила для випеченого хліба, у %: для дослідного зразка № 1 – 53,3, для зразків № 2, 3 – 55,6, що збільшилась, порівнюючи з контролем, на 2,3 % та 6,7 % відповідно. Загальна кислотність хліба гречаного безглютенового бездріжджового становила, у град: для дослідного зразка № 1 – 9,4, для зразків № 2, 3 – 9,7 (збільшилась на 10,2 % і 13,7 % відповідно, порівнюючи з контролем). Крихкість хліба гречаного збільшилась на 21,25 % (зразок № 1) та на 20,25 % (зразки № 2, 3), порівнюючи із хлібом житньо-пшеничним. Покращилась пористість хліба гречаного безглютенового, яка становила, у %: для дослідних зразків № 1 – 70, для № 2

та 3 (з додаванням харчових волокон гарбуза та коноплі) – 72, що на 7,7 % та 10,8 % краще, порівнюючи з контрольним зразком. Визначено деформацію м'якушки житньо-пшеничного хліба та дослідних зразків хліба гречаного безглютенового під час зберігання терміном 4, 24 та 48 годин. Встановлено, що загальна деформація м'якушки в досліджуваних зразках зменшилась протягом 24 годин після випікання на 6,7 % (зразок № 1) та 13,4 % (зразки № 2, 3), через 48 годин зберігання – на 8,0 % (зразок № 1) та 16,0 % (зразки № 2, 3), порівнюючи з контрольним зразком.

Мікробіологічні показники якості хліба гречаного безглютенового бездріжджового з біологічно активними інгредієнтами відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

Хліб гречаний безглютеновий бездріжджовий є перспективним у розвитку хлібобулочної галузі і сприятиме поліпшенню структури харчування споживачів, хворих на целиацію. Перспективи подальших наукових розробок полягають у створенні безглютенових хлібобулочних виробів функціонального призначення для споживачів в Україні.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

---

- Васьківська, А. О., & Пересічна, С. М. (2022). Технологія бездріжджового хліба з використанням безглютенової сировини. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 4, 44–54. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.4.6>
- Васьківська, А. О., & Пересічна, С. М. (2023). Харчова цінність бездріжджового безглютенового хліба. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*, 3(9), 5–12. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.3\(9\).2023.1](https://doi.org/10.32782/2708-4949.3(9).2023.1)
- Даньшин, Я. В., & Гавриш, Т. В. (2020, 23 жовтня). Псиліум в технології безглютенових макаронних виробів та вплив його на якісні показники. В *Харчові добавки. Харчування здорової та хворої людини* [Матеріали конференції] (с. 173). Oktan Print.
- Держспоживстандарт України. (2005). *Мікробіологія харчових продуктів і корм для тварин. Горизонтальний метод виявлення Salmonella* (ДСТУ EN 12824:2004).
- Держспоживстандарт України. (2010). *Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників* (ДСТУ 7045:2009).
- Дробот, В. І., Арсеньєва, Л. Ю., Білик, О. А., Доценко, В. Ф., Савчук, Н. І., Сильчук, Т. А., Ситник, І. П., Степаненко, Т. О., Терлецька, В. А., Устинов, Ю. В., & Юрчак, В. Г. (2006). *Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва*. Центр навчальної літератури.
- Медвідь, І. М., Шидловська, О. Б., & Доценко, В. Ф. (2019). Дослідження впливу гідроколідів на структурно-механічні властивості тіста і якості безглютенового хліба. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 30(4), 2, 104–110. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.4-2/17>
- Пашова, Н. В., Волошук, Г. І., Грегірчак, Н. М., & Карпик Г. В. (2018). Вплив борошна знежиреного насіння олійних культур та порошку топінамбура на якість та безпечність житнього хліба. *Продовольчі ресурси*, 11, 139–147.
- Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості. (2017а). *Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів* (ДСТУ 8446:2015).
- Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості. (2017б). *Продукти харчові. Метод виявлення та визначання Bacillus cereus* (ДСТУ 8040:2015).

- Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості. (2017с). *Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів* (ДСТУ 8447:2015).
- Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості. (2019). *Вироби ковбасні та продукти з м'яса. Методи визначення мікробного забруднення* (ДСТУ 8720:2017).
- Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості. (2023). *Вироби хлібобулочні. Органолептичне оцінювання показників якості* (ДСТУ 9188:2022).
- Gambuś, H., Sikora, M., & Ziobro, R. (2007). The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 6(3), 61–74. [https://www.food.actapol.net/pub/6\\_3\\_2007.pdf](https://www.food.actapol.net/pub/6_3_2007.pdf)
- Gomez, M., & Sciarini, L. S. (2015). Gluten-free bakery products and pasta. In E. Arranz, F. Fernández Bañares, C. M. Rosell, L. Rodrigo, & A. S. Peña (Eds.), *Advances in the understanding of gluten related pathology and the evolution of gluten-free foods* (pp. 565–604). OmniaScience. <http://dx.doi.org/10.3926/oms.265>
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), Article 10331047. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032>
- Majzoobi, M., Vosooghi Poor, Z., Mesbahi, G., Jamalian, J., & Farahnaky, A. (2017). Effects of carrot pomace powder and a mixture of pectin and xanthan on the quality of gluten-free batter and cakes. *Journal of Texture Studies*, 48(6), 616–623. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12276>
- Mancebo, C. M., Miguel, M. A. S., Martinez, M. M., & Gomez, M. (2015). Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water. *Journal of Cereal Science*, 61, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.10.005>
- Marston, K., Khouryieh, H., & Aramouni, F. (2015). Evaluation of sorghum flour functionality and quality characteristics of gluten-free bread and cake as influenced by ozone treatment. *Food Science and Technology International*, 21(8), 631–640. <https://doi.org/10.1177/1082013214559311>
- Mert, I. D., Campanella, O. H., Sumnu, G., Sahin, S. (2014). Gluten-free sourdough bread prepared with chestnut and rice flour. In *FoodBalt 2014* [Conference proceedings] (pp. 239–242). Latvia University of Agriculture. [https://lufb.llu.lv/conference/foodbalt/2014/FoodBalt\\_Proceedings\\_2014-239-242.pdf](https://lufb.llu.lv/conference/foodbalt/2014/FoodBalt_Proceedings_2014-239-242.pdf)
- Mir, S. A., Shah, M. A., Naik, H. R., & Zargar, I. A. (2016). Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.005>
- Morais, E. C., Cruz, A. G., Faria, J. A. F., & Bolini, H. M. A. (2014). Prebiotic gluten-free bread: Sensory profiling and drivers of liking. *LWT – Food Science and Technology*, 55(1), 248–254. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.07.014>
- Moreira, R., Chenlo, F., & Torres, M. D. (2013a). Effect of chia (*Sativa hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. *LWT – Food Science and Technology*, 50(1), 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.008>
- Moreira, R., Chenlo, F., & Torres, M. D. (2013b). Rheology of gluten-free doughs from blends of chestnut and rice flours. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1476–1485.
- Rinaldi, M., Paciulli, M., Caligiani, A., Scazzina, F., & Chiavaro, E. (2017). Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. *Food Chemistry*, 224, 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.055>
- Sanchez, H. D., Oletta, C. A., & de la Torre, A. M. (2002). Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch. *Journal of Food Science*, 67(1), 416–419. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11420.x>
- Trappey, E. F., Khouryieh, H., Aramouni, F., & Herald, T. (2015). Effect of sorghum flour composition and particle size on quality properties of gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 21, 188–202. <https://doi.org/10.1177/1082013214523632>

## REFERENCES

---

- Danshyn, Ya. V., & Havrysh, T. V. (2020, October 23). Psyllium v tekhnologii bezghliutenovykh makaronnykh vyrobiv ta vplyv yoho na yakisni pokaznyky [Psyllium in the technology of gluten-free pasta products and its effect on quality indicators]. In *Kharchovi dobavky. Kharchuvannia zdorovoi ta khvoroi liudyny* [Food additives. Healthy man and human patient diet] [Conference proceedings] (p. 173). Oktan Print [in Ukrainian].
- Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2005). *Mikrobiologhiia kharchovykh produktiv i korm dlia tvaryn. Horizontalnyi metod vyiavlennia Salmonella* [Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection of Salmonella] (DSTU EN 12824:2004) [in Ukrainian].
- Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2010). *Vyroby khlibobulochni. Metody vyznachannia fizyko-khimichnykh pokaznykiv* [Bakery products. Methods of defining physical and chemical indexes] (DSTU 7045:2009) [in Ukrainian].
- Drobot, V. I., Arsenieva, L. Yu., Bilyk, O. A., Dotsenko, V. F., Savchuk, N. I., Sylchuk, T. A., Sytnyk, I. P., Stepanenko, T. O., Terletska, V. A., Ustynov, Yu. V., & Yurchak, V. H. (2006). *Laboratornyi praktykum z tekhnologii khlibopekarskoho ta makaronnoho vyrobnytstv* [Laboratory workshop on the technology of bakery and pasta production]. Tsentri navchalnoi literatury [in Ukrainian].
- Gambuś, H., Sikora, M., & Ziobro, R. (2007). The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 6(3), 61–74. [https://www.food.actapol.net/pub/6\\_3\\_2007.pdf](https://www.food.actapol.net/pub/6_3_2007.pdf) [in English].
- Gomez, M., & Sciarini, L. S. (2015). Gluten-free bakery products and pasta. In E. Arranz, F. Fernández Bañares, C. M. Rosell, L. Rodrigo, & A. S. Peña (Eds.), *Advances in the understanding of gluten related pathology and the evolution of gluten-free foods* (pp. 565–604). OmniaScience. <http://dx.doi.org/10.3926/oms.265> [in English].
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), Article 10331047. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032> [in English].
- Majzoobi, M., Vosooghi Poor, Z., Mesbahi, G., Jamalain, J., & Farahnaky, A. (2017). Effects of carrot pomace powder and a mixture of pectin and xanthan on the quality of gluten-free batter and cakes. *Journal of Texture Studies*, 48(6), 616–623. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12276> [in English].
- Mancebo, C. M., Miguel, M. A. S., Martinez, M. M., & Gomez, M. (2015). Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water. *Journal of Cereal Science*, 61, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.10.005> [in English].
- Marston, K., Khouryieh, H., & Aramouni, F. (2015). Evaluation of sorghum flour functionality and quality characteristics of gluten-free bread and cake as influenced by ozone treatment. *Food Science and Technology International*, 21(8), 631–640. <https://doi.org/10.1177/1082013214559311> [in English].
- Medvid, I. M., Shydlovska, O. B., & Dotsenko, V. F. (2019). Doslidzhennia vplyvu hidrokoloividiv na strukturno-mekhanichni vlastyvoli tista i yakist bezghliutenovoho khliba [The research of hydrocolloids influence on structural mechanical dough properties and quality of gluten free bread]. *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 30(4), 2, 104–110. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.4-2/17> [in Ukrainian].
- Mert, I. D., Campanella, O. H., Sumnu, G., Sahin, S. (2014). Gluten-free sourdough bread prepared with chestnut and rice flour. In *FoodBalt 2014* [Conference proceedings] (pp. 239–242). Latvia University of Agriculture. [https://llufb.llu.lv/conference/foodbalt/2014/FoodBalt\\_Proceedings\\_2014-239-242.pdf](https://llufb.llu.lv/conference/foodbalt/2014/FoodBalt_Proceedings_2014-239-242.pdf) [in English].
- Mir, S. A., Shah, M. A., Naik, H. R., & Zargar, I. A. (2016). Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.005> [in English].

- Morais, E. C., Cruz, A. G., Faria, J. A. F., & Bolini, H. M. A. (2014). Prebiotic gluten-free bread: Sensory profiling and drivers of liking. *LWT – Food Science and Technology*, 55(1), 248–254. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.07.014> [in English].
- Moreira, R., Chenlo, F., & Torres, M. D. (2013a). Effect of chia (*Sativa hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. *LWT – Food Science and Technology*, 50(1), 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.008> [in English].
- Moreira, R., Chenlo, F., & Torres, M. D. (2013b). Rheology of gluten-free doughs from blends of chestnut and rice flours. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1476–1485 [in English].
- Pashova, N. V., Voloshchuk, H. I., Hrehirchak, N. M., & Karpyk H. V. (2018). Vplyv boroshna znezhyrenoho nasinnia oliinykh kultur ta poroshku topinambura na yakist ta bezpechnist zhytynoho khliba [Effect of defatted flour of oilseeds and topinambur flour on rye bread quality and safety]. *Food Resources*, 11, 139–147 [in Ukrainian].
- Rinaldi, M., Paciulli, M., Caligiani, A., Scazzina, F., & Chiavaro, E. (2017). Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. *Food Chemistry*, 224, 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.055> [in English].
- Sanchez, H. D., Oletta, C. A., & de la Torre, A. M. (2002). Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch. *Journal of Food Science*, 67(1), 416–419. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11420.x> [in English].
- Trappey, E. F., Khouryieh, H., Aramouni, F., & Herald, T. (2015). Effect of sorghum flour composition and particle size on quality properties of gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 21, 188–202. <https://doi.org/10.1177/1082013214523632> [in English].
- Ukrainian Scientific Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality Problems. (2017a). *Produkty kharchovi. Metody vyznachennia kilkosti mezofilnykh aerobnykh ta fakultatyvno-anaerobnykh mikroorganizmiv* [Food products. Methods for determination of quantity of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms] (DSTU 8446:2015) [in Ukrainian].
- Ukrainian Scientific Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality Problems. (2017b). *Produkty kharchovi. Metod vyavlennia ta vyznachennia Bacillus cereus* [Food products. Method for detection and determination of *Bacillus cereus*] (DSTU 8040:2015) [in Ukrainian].
- Ukrainian Scientific Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality Problems. (2017c). *Produkty kharchovi. Metod vyznachennia drizhdzhiv i plisenyvykh hrybiv* [Food products. Method for determination of yeast and mould] (DSTU 8447:2015) [in Ukrainian].
- Ukrainian Scientific Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality Problems. (2019). *Vyroby kovbasni ta produkty z miasa. Metody vyznachennia mikrobnogo zabrudnennia* [Sausage products and meat products. Methods of bacteriological analysis] (DSTU 8720:2017) [in Ukrainian].
- Ukrainian Scientific Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality Problems. (2023). *Vyroby khlibobulochni. Orhanoleptychne otsiniuvannia pokaznykiv yakosti* [Bakery products. Organoleptic evaluation of quality indices] (DSTU 9188:2022) [in Ukrainian].
- Vaskivska, A. O., & Peresichna, S. M. (2022). Tekhnolohiia bezdrizhdzhovoho khliba z vykorystanniam bezghliutenovoi syrovyny [Technology of yeast-free bread using gluten-free raw materials]. *Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, 4, 44–54. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.4.6> [in Ukrainian].
- Vaskivska, A. O., & Peresichna, S. M. (2023). Kharchova tsinnist bezdrizhdzhovoho bezghliutenovoho khliba [Nutritional value of yeast-free gluten-free bread]. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, 3(9), 5–12. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.3\(9\).2023.1](https://doi.org/10.32782/2708-4949.3(9).2023.1) [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 26.12.2023



UDC 664.665:[664.641.2:633.12]:664.64.016.3-026.78

*Alina Vaskivska,*  
Postgraduate Student,  
Kyiv University of Culture,  
Kyiv, Ukraine,  
alinavaskivska@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-5177-1161>

*Svitlana Peresichna,*  
PhD in Technical Sciences,  
Kyiv National University of Culture and Arts,  
Kyiv, Ukraine,  
svetap264@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0003-2023-558X>

## PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS OF GLUTEN-FREE AND YEAST-FREE BUCKWHEAT BREAD

**Topicality.** At domestic market of Ukraine, the available range of gluten-free bakery products is insufficient to meet the growing needs of consumers with various types of food allergies or genetically predisposed to celiac disease. In accordance with the growing consumers' demand for gluten-free bread, we developed and manufactured the following types of gluten-free and yeast-free buckwheat bread from high-quality natural ingredients: with quinoa, sesame and walnut; with quinoa, sesame and dietary hemp fiber; with quinoa, sesame and dietary pumpkin fiber. Since each of the raw ingredients plays a significant role in the process of dough formation, it is advisable to study the mechanism of cooking yeast-free dough based on green buckwheat groats, with the addition of quinoa, sesame, walnut, dietary hemp and pumpkin fiber, as well as to determine physical and chemical processes taking place in the dough after its formation and ensuring the quality of finished bakery products. **The aim of the article** is to study the effect of the used vegetable raw materials – green buckwheat groats, quinoa seeds, sesame, walnuts, dietary hemp and pumpkin fiber – on the physical and chemical, organoleptic indicators of gluten-free bakery products. **Research methods.** Analytical, organoleptic, physical and chemical, structural and mechanical, mathematical and statistical methods of experimental data processing with computer technologies use were applied during this study. **Results.** According to the research results, physical and chemical indicators were determined, as the following: moisture mass fraction, dry materials content, acidity of the corresponding raw material: green buckwheat groats, quinoa seeds, sesame, walnuts, dietary hemp and pumpkin fiber. The moisture mass fraction of the dough and finished bread samples was determined, which was such for baked bread, in %: for experimental sample No. 1 – 53.3, for samples No. 2, 3 – 55.6, which increased, compared to the control by 2.3 % and 6.7%, accordingly. The total acidity was such, in degrees: for the experimental bread sample No. 1 – 9.4, for samples No. 2, 3 – 9.7 (it increased by 10.2% and 13.7%, accordingly, compared to the control). The fragility of buckwheat bread increased by 21.25% (sample No. 1), and by 20.25% (sample No. 2, 3), compared to rye-wheat bread. Porosity of gluten-free and yeast-free buckwheat bread improved, which was such, in %: for experimental samples: No. 1 – 70, for No. 2 and 3 (with the addition of dietary pumpkin and hemp fiber) – 72, which is by 7.7% and 10.8% better, compared to the control sample. The crumb deformation of the rye-wheat bread (control sample), and test samples of gluten-free and yeast-free buckwheat bread during storage for 4, 24, and 48 hours was determined. It was established that the total crumb deformation in the studied samples decreased within 24 hours after baking by 6.7% (sample No. 1), and 13.4% (samples No. 2, 3), after 48 hours of storage – by 8.0% (sample No. 1) and 16.0% (samples No. 2, 3), compared to the control sample. **Conclusions and discussion.** On the basis of the above, it can be concluded that the usage of green buckwheat groats, quinoa

seeds, sesame, walnuts, dietary hemp and pumpkin fiber in the production of gluten-free and yeast-free buckwheat bread contributes to the improvement of its organoleptic characteristics, physical and chemical quality indicators, as well as allows to expand the range of gluten-free bakery products, which will conduce to improving the nutrition of the general population.

**Keywords:** gluten-free and yeast-free buckwheat bread, physical and chemical parameters, acidity, porosity, fragility, moisture mass fraction.