

TECHNOLOGICAL RESEARCH PROPERTIES OF DIFFERENT TYPES OF WHOLE GRAIN FLOUR

L. Mykhonik¹, I. Cherkas¹, T. Sytnychenko¹, T. Lebedenko², G. Khomych³

¹National University of Food Technologies

²Odessa National Technological University

³Poltava University of Economics and Trade

Key words:

Wheat whole grain flour
Quality indicators
Consumer properties
Chemical composition
Bakery products

Article history:

Received 07.07.2024

Received in revised form
22.07.2024

Accepted 11.08.2024

Corresponding author:

L. Mykhonik

E-mail:

gm_lora@i.ua

Citation: Михонік Л. А.,
Черкас О. І., Ситничен-
ко Т. О., Лебеденко Т. Є.,
Хомич Г.П. (2024). Дослі-
дження технологічних
властивостей різних видів
пшеничного цільнозерно-
вого борошна. *Наукові пра-
ци НУХТ*, 30(4), 132—145.
DOI: 10.24263/2225-2924-
2024-30-4-12

ABSTRACT

Bread made from wheat whole-grain flour, in which all the useful substances of the grain are rationally preserved, is able to improve the quality of nutrition, but bread made from whole-grain flour, compared to bread made from variety flour, has low consumer properties. It is possible to improve the quality of products made from this flour by increasing its dispersion, using flour from high-quality wheat grain, and improving dough-making technologies. The market offers various types of wheat whole grain flour, produced using different technologies. Determining the technological properties of these types of flour will make it possible to develop optimal formulations and technological recommendations for obtaining high-quality products.

The quality indicators and baking (technological) properties of different types of wheat whole grain flour — wallpaper, millet and seeded — were studied. It was established that millet flour has larger particles and a darker color. Sown flour, compared to other types of whole grain flour, has the highest particle dispersion, the highest whiteness index and gluten content.

The study of the carbohydrate-amylase complex showed that wall flour and millet flour have low values of sugar-forming capacity (less than 180 mg of maltose per 10 g of flour) and autolytic activity, which is confirmed by low gas-forming capacity (less than 1300 cm³ of CO₂ per 100 g of flour) and the graph of gas formation dynamics.

Bread samples made from whole wheat flour have a lower volume and porosity index, higher moisture content and acidity of the crumb than the control sample made from higher grade flour. Bread made from seeded flour was the closest to control in terms of organoleptic and physico-chemical indicators. Bread made from millet flour had low consumer properties — small volume, uneven, thick-walled structure of the porosity of the pulp, which clumps when chewed.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІЗНИХ ВИДІВ ПШЕНИЧНОГО ЦІЛЬНОЗЕРНОВОГО БОРОШНА

Л. А. Михонік¹, О. І Черкас¹, Т. О. Ситниченко¹, Т. Є. Лебеденко²,
Г. П. Хомич³

¹Національний університет харчових технологій

²Одеський національний технологічний університет

³Полтавський університет економіки і торгівлі

Хліб з пшеничного цільнозернового борошна, в якому раціонально зберігаються всі корисні речовини зернівки, здатний підвищити якість харчування, проте хліб із цільнозернового борошна, порівняно з хлібом із сортового борошна, має низькі споживчі властивості. Покращити якість виробів з цього борошна можна шляхом підвищення його дисперсності, використання борошна з високоякісного зерна пшениці, удосконалення технологій тістоприготування. На ринку представлені різні види пшеничного цільнозернового борошна, виготовлені за різними технологіями. Визначення технологічних властивостей цих видів борошна дасть змогу розробити оптимальні рецептури й технологічні рекомендації для одержання виробів високої якості.

Досліджено показники якості і хлібопекарські (технологічні) властивості різних видів пшеничного цільнозернового борошна — обойного, жорнового та сіяного. Встановлено, що жорнове борошно має більш крупні частинки і темніший колір. Борошно сіяне, порівняно з іншими видами цільнозернового борошна, має найвищу дисперсність частинок, найбільший показник білості і вміст клейковини.

Дослідження вуглеводно-амілазного комплексу показало, що борошно обойне та жорнове мають низькі значення цукроутворювальної здатності (менше 180 мг мальтози на 10 г борошна) та автолітичної активності, що підтверджується низькою газоутворювальною здатністю (менше 1300 см³ CO₂ на 100 г борошна) та графіком динаміки газоутворення.

Зразки хліба з цільнозернового борошна мають менший об'єм і показник пористості, вищу вологість і кислотність м'якушки, ніж контрольний зразок з борошна вищого сорту. Найбільш близьким до контролю за органолептичними та фізико-хімічними показниками був хліб із сіяного борошна. Хліб із жорнового борошна мав низькі споживчі властивості — малий об'єм, нерівномірну, товстостінну структуру пористості м'якушки, що коксується при розжовуванні.

Ключові слова: пшеничне цільнозернове борошно, показники якості, споживчі властивості, хімічний склад, хлібобулочні вироби.

Постановка проблеми. Розширення асортименту хлібобулочних виробів оздоровчого, дієтичного та спеціального призначення для різних верст населення є важливим напрямком розвитку хлібопекарської галузі. Надати хлібу функціональних властивостей можна шляхом включення до його рецептури сировини, багатой на біологічно-активні речовини. До такої сировини відноситься пшеничне

цільнозернове борошно, яке за хімічним складом наближено до зерна. Відомо, що під час сортових помелів із зернівки видаляються периферійні частинки, які є джерелом харчових волокон, білка, мінеральних речовин і вітамінів. У пшеничному цільнозерновому борошні, порівняно з борошном пшеничним вищого сорту, міститься в 12,5 раза більше клітковини, в 5,8 раза — магнію, 3,9 — фосфору, 3,4 — заліза, 2,1 — кальцію, а також в 3,7 — вітаміну PP, вдвічі більше вітамінів групи B. Також у цьому борошні міститься вітамін E, відсутній у борошні вищого сорту (Жигунов, Волошенко, & Хоренжий, 2018).

Вважається, що хліб, виготовлений з цільнозернового борошна, зазвичай, має гірші сенсорні якості (менший об'єм, темніший колір, менш еластичну та жорстку текстуру м'якушки, прісний смак), ніж «білий» хліб із сортового борошна. Однією з причин цих недоліків є крупність частинок борошна, яка становить від 30 до 600 мкм і більше внаслідок труднощів у подрібненні оболонок і алеїронового шару зернівки (Дробот, & Михонік, 2008).

Сьогодні виробники пропонують різні види пшеничного цільнозернового борошна, виготовлені за різними технологіями. Визначення технологічних властивостей цих видів борошна дасть змогу прогнозувати якість хлібобулочних виробів з нього та розробити оптимальні рецептури й технологічні рекомендації щодо його переробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням хімічного складу, хлібопекарських властивостей пшеничного цільнозернового борошна та споживчим властивостям хлібобулочних виробів з нього приділяється значна увага науковців. Склад цільнозернового борошна одного виду зерна має значні варіації. На вміст макро- та мікронутрієнтів цільного зерна впливають як генетичні (сорт), так і екологічні (агрономічні) фактори. У дослідженнях HEALTHGRAIN сорти можна було диференціювати за високим і низьким рівнем клітковини та інших біоактивних речовин. Контроль якості та належні методи управління допомагають гарантувати, що цільнозернове борошно, отримане шляхом рекомбінації фіксованих співвідношень потоків помелу, має постійний склад (Van der Kamp, Poutanen, Seal, & Richardson, 2014).

Вивчення мінерального складу різних видів пшеничного борошна показало, що тип і походження борошна мають важливий вплив на загальний вміст елементів як у самому борошні, так і в хлібі. Цільнозернове борошно, порівняно з рафінованим, характеризувалось вищим вмістом елементів (Mg, P, K, Ca, Na, Mn, Fe та Zn) і найнижчим вмістом Se (Fernández-Canto та ін., 2022).

Проведено дослідження вмісту 27 елементів (B, Na, Mg, Al, P, S, K, Ca та ін.) індуктивним методом у зерні, борошні, різних зразках хліба та макаронних виробів і встановлено значні переваги цільнозернового борошна над білим борошном у хлібі й макаронних виробках для задоволення добової потреби щодо основних макро- та мікроелементів (Ertl, & Goessler, 2018).

У праці (Bressiani та ін., 2017) зазначено, що гранулометричний склад борошна відіграє важливу роль у формуванні реологічних властивостей тіста та показників якості хліба. Крупні частинки проявляють більший вплив на глютену мережу, з меншою стабільністю, меншим опором розтягуванню та меншим питомим об'ємом випічки.

Цільнозернове пшеничне борошно є найкращою сировиною для приготування хлібних виробів, оскільки містить антиоксиданти, білки, вуглеводи, вітаміни і мінерали з добре збалансованим складом, а клітковина цього борошна діє як пребіотик у кишечнику людини. Покращити якість цільнозернового борошна можна шляхом змішування його з борошном твердих сортів пшениць і додавання сухої пшеничної клейковини. Також для підвищення харчової цінності виробів із цільнозернового борошна доцільно додавати борошно інших культур — з вівса, жита, ячменю та сорго, але це негативно впливає на якість хліба (Elsahookie, Cheyed, & Dawood, 2021).

Заміна частини білого пшеничного борошна цільнозерновим значно підвищує поживну якість хліба і вироби набувають функціональних властивостей завдяки високому вмісту клітковини, проте зі збільшенням дозування цільнозернового борошна об'єм виробів зменшується, а вологість і щільність м'якушки зростають. Результати сенсорного аналізу показали, що заміна білого пшеничного борошна цільнозерновим борошном до 20% дає змогу отримати вироби, наближені до контролю з білого борошна, збільшення дозування погіршує органолептичні показники (Ngozi, 2014).

Аналізуючи дослідні дані різних сортів цільнозернового борошна, слід зазначити, що вміст сухої речовини, сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини, мінеральних речовин і легкогідролізованих вуглеводів (крохмаль, геміцелюлоза) знаходилися в межах 84,7—88,8%, 10,2—16,3%, 0,9—1,7%, 2,3—4,8%, 1,2—3,2% і 77,5—84,2% відповідно. Такі показники, як зольність і крупність борошна безпосередньо залежали від схеми помелу і цілісності всіх анатомічних частинок зерна. Якісний і кількісний вміст клейковини борошна грубого помелу коливається від 21% до 36%, а індекс деформації клейковини — від 53,8 до 81,7 од. (Pismennyi, Nikonchuk, Shevchuk, Petrova, & Sydoryka, 2023).

Досліджували показники якості різних типів пшеничного борошна — 550, 1050 та цільнозернового. Визначали число падіння, відсоток клейковини, вміст крохмалю, в'язкість і структурно-механічні властивості за фаринографом, а також об'єм хліба з цих типів борошна. Встановлено, що цільнозернове борошно має найменший вміст крохмалю і клейковини та найнижчий показник числа падіння. Об'єм виробів становить 400, 340 і 300 см³ відповідно. Незважаючи на щільну м'якушку, низький об'єм та гірші сенсорні властивості хліба з цільнозернового борошна, його слід включати в раціон харчування, оскільки він є найбільш корисним за хімічним складом. Для покращання споживчих властивостей виробів цільнозернове борошно слід змішувати з іншими типами борошна (Ramzan, & Kamran, 2023).

Для збагачення хліба біологічно-активними речовинами досліджували доцільність використання гречаного борошна та гречаних пластівців у технології хліба з пшеничного цільнозернового борошна. Гречане борошно і пластівці вносили у кількості 15% замість маси цільнозернового борошна. За допомогою фаринографа встановлено, що продукти переробки гречки призводять до незначного зниження структурно-механічних властивостей тіста, показника пористості м'якушки і об'єму виробів, але смак і аромат при цьому покращується (Drobot, Semenova, Smirnova, & Myhonik, 2014).

Визначали показники якості цільнозернового борошна промислового виробництва та хліба з нього. Встановлено, що досліджувані зразки борошна мають суттєві відмінності. Зольність досліджуваних зразків цільнозернового борошна із пшениці та зерна спельти знаходиться в діапазоні 0,80—1,46%; крупність: залишок на ситі № 067 — в межах 0,1—1,7 %, прохід крізь сито № 38 — у межах 12—34%. Вміст сирої клейковини у зразках становив 24—26% з індексом деформації клейковини у діапазоні 60—80 одиниць. Найбільший об'єм хліба (400—460 см³) і пористість (67—68 %) мали зразки з борошна з найменшим розміром частинок (залишок на ситі № 067 не більше 1%, прохід крізь сито № 38 більше 15—20 %) (Marchenkov, Voloshenko, Zhygunov, Marenchenko, & Zhurenko, 2021).

Розглянуто переваги цільнозернового борошна, що зберігає поживну цінність зерна і його біологічно-активні властивості. Досліджено показники якості, а саме зольність, білість, крупність і вміст клейковини пшеничного цільнозернового борошна вітчизняного виробництва. Показано, що ці показники коливаються в широких межах. Хліб з досліджуваних зразків борошна має рівномірну пористість, гладку поверхню без підривів скоринки, приємний смак і аромат. Найбільший об'єм і пористість мають зразки, випечені з борошна з меншою крупністю частинок, з низьким показником зольності і високим вмістом клейковини (Жигунов, Волощенко, & Хоренжий, 2018).

Вищенаведена інформація свідчить про актуальність використання пшеничного цільнозернового борошна в технології оздоровчих хлібобулочних виробів і подальшого вивчення показників якості цього борошна та його хлібопекарських властивостей, зокрема білково-протеїназного і вуглеводно-амілазного комплексів, які визначають перебіг технологічного процесу і якість виробів.

Мета статті: дослідити показники якості та хлібопекарські (технологічні) властивості різних видів пшеничного цільнозернового борошна.

Матеріали і методи. Для досліджень використовували: борошно пшеничне вищого сорту (ТМ «Хуторок») — контрольний зразок, борошно пшеничне обойне «Цільнозернове» (ТМ «Своя лінія»), борошно пшеничне цільнозернове жорнового помелу (ТМ «Лавка традицій»), борошно пшеничне цільнозернове сіяне (ТМ «EuroMill»), дріжджі хлібопекарські пресовані (ТМ «Львівські»), сіль кухонну харчову (ТМ «Добробут»).

Уся сировина та реактиви для проведення досліджень відповідали нормативній документації та зберігались у необхідних умовах, зазначених на маркуванні.

Визначали органолептичні показники борошна (зовнішній вигляд, колір, запах, вміст мінеральної домішки та фізико-хімічні (масова частка вологи, кислотність, білість, зараженість і забруднення шкідниками, вміст і якість клейковини) (Дробот, 2015).

Крупність борошна (гранулометричний склад) визначали за допомогою розсіюника лабораторного з частотою коливання 180...200 хв⁻¹ та набору сит з шовкової або синтетичної тканини або дротяної сітки для визначення розміру та масової частки частинок борошна. Борошно просіювали через набір сит протягом 10 хв, після чого зважували залишок з верхнього та прохід з нижнього сита.

Газоутворювальну здатність борошна визначали за допомогою приладу АГ-1 за кількістю виділеного діоксиду вуглецю (см^3) за температури $30\text{ }^\circ\text{C}$ за 5 год бродіння тіста із 100 г досліджуваного борошна, 60 см^3 води та 10 г пресованих дріжджів (Shevchenko, Litvynchuk, & Koval, 2023).

Цукроутворювальну здатність борошна досліджували за кількістю утвореної мальтози (мг) у водно-борошняній суспензії з 10 г борошна і 50 см^3 води за одну годину ферментації за температури $27\text{ }^\circ\text{C}$. Визначення кількості мальтози проводили прискореним йодометричним методом без гідролізу (Shevchenko, & Galenko, 2021). Автолітичну здатність борошна досліджували за методом автолітичної проби визначенням накопичених водорозчинних речовин у водно-борошняній суспензії під час її прогрівання в киплячій водяній бані. Вміст водорозчинних речовин визначали рефрактометричним методом (Дробот, 2015).

Зразки тіста з досліджуваних видів борошна готували безопарним способом з додаванням пресованих хлібопекарських дріжджів і солі. В тісті визначали масову частку вологи, кислотність наприкінці бродіння (Shevchenko, Drobot, & Galenko, 2022). Тісто виброджувало протягом 170 хв (30 ± 2) $^\circ\text{C}$, після чого його вручну поділяли на шматки і формували тістові заготовки для формового і подового хліба. Вистоювання тістових заготовок відбувалось у камері вистоювання ТМ «Sveba-Dahlen» (Швеція) за температури (38 ± 2) $^\circ\text{C}$ та відносній вологості (78 ± 2)% до готовності. Вироби випікали в ярусній печі ТМ «Sveba-Dahlen» (Швеція) за температури $200\ldots 220\text{ }^\circ\text{C}$. Контролем було обрано хліб з пшеничного борошна вищого сорту, яке є найбільш поширеним у виробництві пшеничного хліба.

Якість хліба оцінювали за органолептичними (зовнішній вигляд, стан поверхні, забарвлення скоринки, структура пористості, смак, запах) (Galenko, Shevchenko, Seccanti, Mignani, & Litvynchuk, 2024) та фізико-хімічними показниками (кислотність, пористість, питомий об'єм, формостійкість). Масову частку вологи м'якушки хліба визначали методом висушування наважки в сушильній шафі СЕШ-3М (ТОВ «УкрАналитика», Україна) за температури $130\text{ }^\circ\text{C}$ протягом 40 хв, кислотність — методом титрування витяжки, приготовленої з м'якушки хліба, розчином гідроксиду натрію або калію в присутності індикатора фенолфталеїна (Hetman, Mykhonik, Kuzmin, & Shevchenko, 2021).

Пористість хліба відображає об'єм пор у певному об'ємі м'якушки, виражений у відсотках до загального об'єму (Verheyen, Albrecht, Elgeti, Jekle, & Becker, 2015). Вимірювання проводилося за допомогою приладу Журавльової.

Формостійкість виробів визначали вимірюванням висоти і діаметра подових виробів (мм) й оцінювали за їх співвідношенням.

Об'єм хліба визначали за допомогою спеціального приладу — об'ємомірника (місткість з дрібним зерном), що працює за принципом витиснення хлібом зерна. Об'єм витисненого зерна (см^3), що вимірюють за допомогою циліндра, відповідає об'єму хліба (Shevchenko, Drobot, & Galenko, 2022). Питомий об'єм хліба визначається діленням об'єму хліба на його масу і виражається з точністю до $1\text{ см}^3/100\text{ г}$ (Zhu, Sakulnak, & Wang, 2016).

Викладення основних результатів дослідження. З огляду на те, що відсутні єдині нормативні вимоги до пшеничного цільнозернового борошна, виникла необхідність порівняти різні зразки цього борошна, параметри технологічного процесу виготовлення хліба та показники виробів.

Органолептична оцінка досліджуваних видів пшеничного цільнозернового борошна порівняно з борошном вищого сорту представлена в табл. 1.

Борошно цільнозернове пшеничне обойне і жорнове за кольором відповідали показникам якості для борошна пшеничного обойного, але жорнове борошно візуально відрізнялось більш крупними частинками і більш темним кольором. Борошно цільнозернове сіяне за зовнішнім виглядом було подібним до борошна пшеничного другого сорту.

Фізико-хімічні показники якості наведені в табл. 2.

Таблиця 1. Органолептичні показники якості пшеничного борошна

Показник	Борошно пшеничне вищого сорту	Борошно пшеничне цільнозернове		
		Обойне	Жорнове	Сіяне
Органолептичні показники якості пшеничного борошна				
Колір	Білий	Білий із сірим відтінком, з помітними дрібними частинами оболонки	Світло-сірий, з дуже помітними крупними частинками оболонки	Білий із жовтим відтінком, з ледь помітними частинками оболонки
Запах	Властивий пшеничному борошну, без сторонніх запахів			
Смак	Властивий пшеничному сортовому борошну, без стороннього смаку	Властивий пшеничному цільнозерновому борошну, без стороннього смаку		Властивий пшеничному сортовому борошну, без стороннього смаку
Вміст мінеральної домішки	При розжовуванні борошна не відчувається хрускоту			

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники якості пшеничного борошна

Показник	Борошно пшеничне вищого сорту	Борошно пшеничне цільнозернове		
		Обойне	Жорнове	Сіяне
Масова частка вологи, %	13,3	12,1	11,4	11,6
Кислотність титрована, град	3,0	4,6	5,5	4,5
Білість, од. пр.	64,6	21,7	-30,0	37,1
Зараженість і забруднення шкідниками	Не виявлено			

Масова частка вологи відповідає вимогам нормативної документації. Титрована кислотність борошна пшеничного вищого сорту, обойного та сіяного відповідала нормативам галузі, а цільнозернового жорнового дещо перевищувала (згідно з нормативами галузі не більше 5,0 град).

Білість, од. пр., для борошна пшеничного вищого сорту відповідала вимогам нормативної документації, для борошна пшеничного цільнозернового (обойного)

не регламентується стандартом. Визначення цього показника для борошна цільнозернового свідчить, що найменше його значення має борошно цільнозернове жорнове. Показник білості для цільнозернового сіяного борошна становив 37,1 од. пр., це значення входить у межі показника для борошна першого сорту.

З вищезазначених зразків борошна відмивали клейковину та оцінювали її кількість і якість. Результати наведені в табл. 3.

Найбільший вміст сирої клейковини міститься в борошні цільнозерновому сіяному, що перевищує навіть вміст у борошні пшеничному вищого сорту. Слід зазначити, що такий високий вміст клейковини не характерний для цільнозернового борошна і можна припустити, що виробники або отримують цільнозернове борошно з високоякісної пшениці (з високим вмістом білка), або додатково збагачують борошно сухою пшеничною клейковиною. Наше припущення підтверджує також доволі високий вміст клейковини в цільнозерновому жорновому борошні.

Таблиця 3. Показники якості клейковини

Показник	Борошно пшеничне вищого сорту	Борошно пшеничне цільнозернове		
		Обойне	Жорнове	Сіяне
Вміст клейковини, %:				
- сира	28,95	23,65	27,6	31,5
- суха	10,75	7,74	10,07	11,61
Гідратаційна здатність, %	180,6	176,9	172,1	205,3
Еластичність	Хороша	Хороша	Хороша	Хороша
Розтяжність, см	16	14	12	17
ІДК (пружність), од. пр.	67,9	58,4	56,3	73,6

Розтяжність у пшеничному борошні вищого сорту та у всіх видах цільнозернового борошна середня. За еластичністю, розтяжністю та показником ІДК клейковина всіх видів борошна відноситься до 1 групи — хороша.

Харчова й енергетична цінність борошна, зазначена на упаковці виробників, наведена в табл. 4.

Таблиця 4. Харчова (поживна) та енергетична цінність пшеничного борошна

Показник, на 100 г продукту	Борошно пшеничне вищого сорту	Борошно пшеничне цільнозернове		
		Обойне	Жорнове	Сіяне
Білки, г	10,3	11,5	13,8	11,5
Жири, г	1,1	2,2	1,7	2,2
Вуглеводи, г	70,0	55,8	59,3	55,8
Енергетична цінність (калорійність), ккал	334,0	296,0	284,0	298,0

Згідно з даними табл. 4 цільнозернове борошно має вищий вміст білків і жирів та менший вміст вуглеводів. Це пояснюється тим, що в цільнозерновому борошні містяться майже всі його периферійні частинки (насіннева оболонка, алеїроновий шар і зовнішні шари ендосперму).

Щодо харчової (поживної) та енергетичної цінності цільнозернове борошно містить меншу на 10—12% калорійність порівняно із сортовим борошном.

Технологічні властивості, зокрема й перебіг мікробіологічних і біохімічних процесів у тісті, залежать від гранулометричного складу борошна (дисперсності), результати визначення якого наведені в табл. 5.

Досліджувані види цільнозернового борошна характеризуються меншою дисперсністю частинок порівняно з пшеничним сортовим борошном. Про вищу крупність свідчить наявність фракції, розміром більше 144 мкм. Жорнове борошно має найбільший розмір частинок, залишок його на ситі № 067 з розміром отворів 670 мкм складає більше 21%. Борошно цільнозернове сіяне за проходом крізь сито № 49/52 (розмір отворів 144 мкм) відповідає вимогам щодо крупності для борошна пшеничного першого сорту.

Таблиця 5. Гранулометричний склад досліджуваних видів борошна

Сита	Розмір отворів, мкм	Борошно пшеничне вищого сорту	Борошно пшеничне цільнозернове		
			Обойне	Жорнове	Сіяне
Залишок на ситі, %					
№ 067	670	—	0,9	21,06	—
№ 41/43	160	—	21,61	—	6,6
№ 49/52	144	0,4	—	—	5,6
Прохід крізь сито, %					
№ 41/43	160	—	43,21	28,4	93,4
№ 49/52	144	99,6	—	—	94,4

Досліджувані види цільнозернового борошна суттєво відрізняються за показниками якості, зокрема й за розміром частинок, що вплине на перебіг технологічного процесу та показники якості виробів.

Вуглеводно-амілазний комплекс досліджували за автолітичною активністю, цукроутворювальною та газоутворювальною здатністю. Відомо, що власні цукри борошна забезпечують дозрівання тіста тільки протягом 30—60 хв. Тому важливим показником борошна є його здатність утворювати цукри за допомогою ферментів амілолітичної дії в процесі дозрівання тіста, тобто цукроутворювальна здатність. Результати дослідження показників вуглеводно-амілазного комплексу цільнозернового борошна порівняно з пшеничним борошном вищого сорту наведені в табл. 6.

Таблиця 6. Показники вуглеводно-амілазного комплексу борошна

Показники	Борошно пшеничне вищого сорту	Борошно пшеничне цільнозернове		
		Обойне	Жорнове	Сіяне
Цукроутворювальна здатність, мг мальтози на 10 г борошна	186,0	169,2	151,2	230,4
Автолітична активність, % на СР борошна	27	24	23	31
Газоутворювальна здатність, см ³ /100 г борошна	1232	1024	920	1440

Борошно цільнозернове обойне та жорнове мають низькі значення цукроутворювальної здатності (менше 180 мг мальтози на 10 г борошна) та автолітичної активності, що підтверджується кількістю виділеного діоксиду вуглецю протягом 5 год бродіння, тобто газоутворювальна здатність цих видів борошна низька (менше 1300 см³ CO₂ на 100 г борошна). Ймовірно, це пов'язано з високими температурами під час сушіння зерна і внаслідок цього інактивацією амілолітичного ферментного комплексу борошна. Це є підставою для включення до рецептури виробів з цих видів цільнозернового борошна цукру білого, також можна рекомендувати використання солоду білого неферментованого, ферментних препаратів амілолітичної дії, подовжену тривалість бродіння та вистоювання.

Борошно цільнозернове сіяне характеризується найбільшою газоутворювальною здатністю порівняно з іншими видами цільнозернового борошна та контрольним зразком (борошном вищого сорту). Це пояснюється тим, що зазначене борошно має крупність частинок наближену до крупності борошна вищого сорту, при цьому завдяки вмісту периферійних частинок зернівки вищу активність амілолітичних ферментів, зокрема β-амілази.

Борошно цільнозернове жорнове має найменший показник газоутворювальної здатності, оскільки містить доволі високий відсоток частинок розміром більше 500 мкм і, відповідно, має низьку податливість крохмальних зерен аміолізу. Слід зауважити, що цільнозернове обойне і жорнове мають низьку газоутворювальну здатність. Ймовірно, як припускалось раніше, це може бути обумовлено температурними режимами сушіння зерна перед помелом.

Графіки динаміки газоутворення показують (рис. 1), що перший пік для всіх видів борошна і максимальна швидкість виділення CO₂ спостерігається через 30 хв бродіння, при цьому у цільнозернових видів борошна цей пік вищий, що пояснюється більшим порівняно із сортовим борошном вмістом власних цукрів.

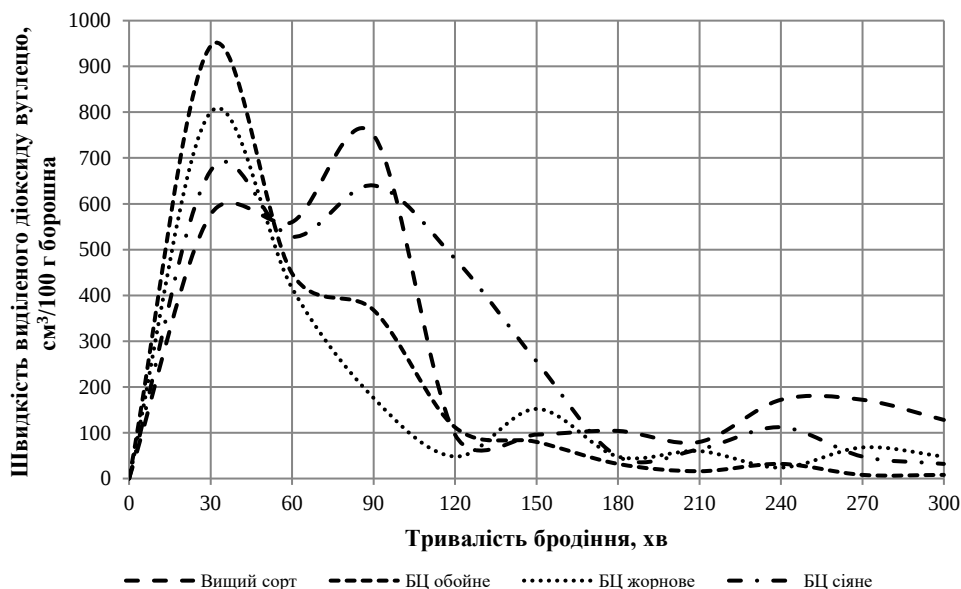


Рис. 1. Динаміка газоутворення пшеничного борошна

У борошна цільнозернового обойного найвищий перший пік, але практично відсутній другий пік зростання газоутворення, що підтверджує низьку активність амілолітичних ферментів. Також слабо виражений другий пік має борошно цільнозернове жорнове.

У пшеничного борошна вищого сорту та цільнозернового сіяного другий пік спостерігається через 90 хв бродіння, що корелюється вищим показником цукроутворювальної здатності цих видів борошна порівняно з борошном цільнозерновим обойним і жорновим.

Основним методом оцінки хлібопекарських властивостей пшеничного борошна є пробне випікання. Контролем було обрано зразок тіста і хліба з пшеничного борошна вищого сорту, яке є найбільш поширеним у виробництві пшеничного хліба. Показники технологічного процесу та якості виробів наведені в табл. 7.

Таблиця 7. Показники технологічного процесу та якості виробів

Назва показника	Контроль з борошна вищого сорту	Зразки з пшеничного цільнозернового борошна		
		обойного	жорнового	сіяного
Показники технологічного процесу				
Масова частка вологи тіста, %	43,0	48,2	46,6	44,3
Кінцева кислотність тіста, град	3,0	4,5	5,0	4,4
Тривалість вистоявання тістових заготовок, хв	50	35	40	43
Тривалість випікання, хв	30	35	35	30
Органолептичні показники якості хліба				
Стан поверхні	Гладка	Шорстка	Шорстка	Гладка
Колір скоринки	Світло-жовтий	Золотистий	Світло-коричневий	Жовтий
Колір м'якушки	Кремовий	Світло-коричневий	Коричневий	Світло-сірий
Еластичність м'якушки	Еластична	Еластична	Еластична	Еластична
Структура пористості	Дрібна, рівномірна, тонкостінна	Середня, рівномірна, тонкостінна	Середня, нерівномірна, товстостінна	Дрібна, рівномірна, тонкостінна
Смак	Властивий пшеничному хлібу, без стороннього присмаку			
Аромат	Властивий пшеничному хлібу, без сторонніх запахів			
Хруст	Відсутній			
Розжовуваність м'якушки	Добре розжовується, не комкується		Гірше розжовується, дещо комкується	Добре розжовується, не комкується
Фізико-хімічні показники якості хліба				
Масова частка вологи, %	42,3	47,4	45,8	43,5
Кислотність, град.	2,4	4,0	4,4	3,8
Пористість, %	74,0	67,0	66,0	68,0

Питомий об'єм, см ³ /100 г	316	231	210	268
Формостійкість, Н/Д	0,44	0,37	0,26	0,43

Тісто з цільнозернового обойного та жорнового борошна має на 3,6—5,2% вищий показник масової частки вологи порівняно з тістом з борошна вищого сорту. Таке зростання пов'язано з хімічним складом цих видів борошна, що мають у своєму складі високий вміст периферійних частинок, які характеризуються вищою водопоглинальною здатністю, ніж центральні частини зернівки.

Кислотність тіста з усіх зразків цільнозернового борошна також вища порівняно з тістом із сортового борошна, що обумовлено вищим вмістом кислореагуючих речовин у висівкових частинках зернівки.

Тривалість вистоювання зразків із цільнозернового борошна менша порівняно з тривалістю вистоювання контрольного зразка, а тривалість випікання, навпаки, на 5 хв довша.

Вироби з цільнозернового борошна мають менший об'єм і нижчий показник пористості, ніж хліб з пшеничного борошна вищого сорту. Хліб з борошна вищого сорту та цільнозернового сіяного характеризується доволі високим показником формостійкості — 0,44 та 0,43 відповідно, тоді як хліб із жорнового борошна має найнижче значення цього показника. Це можна пояснити тим, що, незважаючи на доволі високий вміст клейковини, жорнове борошно містить високу кількість висівкових частинок великого розміру, які втручаються в клейковинний каркас і погіршують газотримувальну здатність тіста, що також обумовлює найменший об'єм виробу з цього борошна.

Структура пористості у хліба із сортового борошна та цільнозернового сіяного — дрібна, рівномірна, тонкостінна, у хліба з обойного борошна — середня, рівномірна. Хліб із жорнового борошна має нерівномірну та товстостінну пористість, м'якушка його дещо гірше розжовувалась, що, ймовірно, пов'язано з крупністю частинок борошна.

За органолептичними та фізико-хімічними показниками найбільш близьким до контрольного зразка є хліб із цільнозернового сіяного борошна, хліб із жорнового борошна має найбільш низькі споживчі властивості порівняно з іншими зразками.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення технологічних заходів з метою покращання якості хліба з різних видів пшеничного цільнозернового борошна з урахуванням їх якості і хлібопекарських властивостей.

Висновки

Порівняльна оцінка різних видів пшеничного цільнозернового борошна показала, що досліджувані види борошна відрізнялись як за органолептичними, так і за фізико-хімічними показниками. Зокрема, жорнове борошно має більш крупні частинки і більш темний колір з дуже помітними частинками оболонки, а борошно цільнозернове сіяне за органолептичними показниками відповідало вимогам до борошна пшеничного другого сорту. Відзначено високий вміст сирової клейковини (більше 27%) в цільнозерновому пшеничному сіяному та жорновому борошні, що

не є характерним для цих видів борошна. За еластичністю, розтяжністю та показником ІДК клейковина всіх видів борошна відноситься до першої групи — хороша.

Найвищий показник автолітичної активності та цукроутворювальної здатності має борошно цільнозернове сіяне. Дещо менші значення цих показників у пшеничного борошна вищого сорту. Борошно цільнозернове обойне та жорнове мають низькі значення цукроутворювальної здатності, що, ймовірно, пов'язано з температурними режимами сушіння зерна під час виробництва цього борошна. Отримані дані узгоджуються з результатами газоутворювальної здатності та динаміки накопичення діоксиду вуглецю.

За результатами пробного лабораторного випікання встановлено, що масова частка води та кислотність тіста у всіх зразків із цільнозернового борошна вища порівняно з контролем, що обумовлено наявністю в цільнозерновому борошні периферійних частинок зернівки. Тривалість вистоювання тістових заготовок порівняно з контрольним зразком менша, а тривалість випікання — довша.

За органолептичними показниками, об'ємом, показником пористості та формостійкості найбільш близьким до контрольного зразка є хліб з цільнозернового сіяного борошна. Хліб з обойного та жорнового борошна мав нижчий, порівняно з контрольним зразком і зразком із сіяного борошна, об'єм і показник пористості. Хліб із цільнозернового жорнового борошна має найбільш низькі споживчі властивості.

Існуючі дослідження показників якості пшеничного цільнозернового борошна підтверджують доцільність подальших досліджень у цьому напрямку з метою розширення асортименту оздоровчих хлібних виробів з високим вмістом харчових волокон і покращення їх якості.

Література

Дробот, В. І. (Ред.). (2015). Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів. Київ: Кондор-Видавництво.

Дробот, В. І., & Михонік, Л. А. (2008). Споживчі властивості хлібобулочних виробів з борошна високого виходу. *Зернові продукти та комбікорми*, 1, 19—20.

Жигунов, Д. О., Волощенко, О. С., & Хоренжий, Н. В. (2018). Порівняльне дослідження показників якості цільнозернового пшеничного та спельтового борошна. *Зернові продукти та комбікорми*, 18 (3), 15—20.

Bressiani, J., Oro, T., Santetti, G. S., Almeida, J. L., Bertolin, T. E., Gómez, M., & Gutkoski, L. C. (2017). Properties of whole grain wheat flour and performance in bakery products as a function of particle size. *Journal of Cereal Science*, 75, 269—277. Взято з <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.05.001>.

Drobot, V., Semenova, A., Smirnova, J., & Myhonik, L. (2014). Effect of Buckwheat Processing Products on Dough and Bread Quality Made from Whole-Wheat Flour. *International Journal of Food Studies*, 3, 1—12.

Elsahookie, M., Cheyed, S. H., & Dawood, A. A. (2021). Characteristics of Whole Wheat Grain Bread Quality. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 12(1), 593—597. Взято з <https://www.researchgate.net/publication/348311228>.

Ertl, K., & Goessler, W. (2018). Grains, Whole Flour, White Flour, and Some Final Goods: An Elemental Comparison. *European Food Research and Technology*, 244, 2065—2075.

Fernández-Canto, M. N., García-Gómez, M. B., Boado-Crego, S., Vázquez-Oderiz, M. L., Muñoz-Ferreiro, M. N., Lombardero-Fernández, M., ..., Romero-Rodríguez, M. A. (2022). *Foods*, 11(20), 3176. Взято з <https://doi.org/10.3390/foods11203176>.

- Galenko, O., Shevchenko, A., Ceccanti, C., Mignani, C., & Litvynchuk, S. (2024). Transformative shifts in dough and bread structure with pumpkin seed protein concentrate enrichment. *European Food Research and Technology*, 250, 1177—1188. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04454-z>.
- Hetman, I., Mykhonik, L., Kuzmin, O., & Shevchenko, A. (2021). Influence of spontaneous fermentation leavens from cereal flour on the indicators of the technological process of making wheat bread. *Ukrainian Food Journal*, 10(3), 492—506. <http://dx.doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-3-6>.
- Marchenkov, D., Voloshenko, O., Zhygunov, D., Marenchenko, O., & Zhurenko, O. (2021). Investigation of quality indicators of wholemeal industrial-made flour. *Food science and technology*, 15(4), 87—94. doi:<https://doi.org/10.15673/fst.v15i4.2258>.
- Ngozi, A. A. (2014). Effect of whole wheat flour on the quality of wheatbaked bread. *Global Journal of Food Science and Technology*, 2(3), 127—133.
- Pismennyi, O., Nikonchuk, N., Shevchuk, N., Petrova, O., & Sydoryka, I. (2023). Research of quality indicators of different types of wholegrain flour. *Scientific Horizons*, 26(8), 72—82. doi: 10.48077/scihor8.2023.72.
- Ramzan, S., & Kamran, M. (2023). Comparative Study on Rheological Properties of Wheat Flour Types for Industrial Usage. *Sharif AgriHealth: Journal of Agri-food, Nutrition and Public Health*. 4(1), 63—69. doi:<http://dx.doi.org/10.20961/agrihealth.v4i1.71636>.
- Shevchenko, A., Drobot, V., & Galenko, O. (2022). Use of pumpkin seed flour in preparation of bakery products. *Ukrainian Food Journal*, 11(1), 90—101. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2022-11-1-10>.
- Shevchenko, A., & Galenko, O. (2021). Citrates of mineral substances in the technological process of manufacturing bakery products. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 27(1), 182—187. DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-1-19.
- Shevchenko, A., Litvynchuk, S., & Koval, O. (2023). The influence of rice protein concentrate on the technological process of wheat bread production. *EUREKA: Life Sciences*, 4, 22—29. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2023.003031>.
- Van der Kamp, J. W., Poutanen, K., Seal, C. J., & Richardson, D. P. (2014). The HEALTHGRAIN definition of «whole grain». *Food & Nutrition Research*, 58: 22100. Взято з <http://dx.doi.org/10.3402/fnr.v58.22100>.
- Verheyen, C., Albrecht, A., Elgeti, D., Jekle, M., & Becker, T. (2015). Impact of gas formation kinetics on dough development and bread quality. *Food Research International*, 76(3), 860—866.
- Zhu, F., Sakulnak, R., & Wang, S. (2016). Effect of black tea on antioxidant, textural, and sensory properties of Chinese steamed bread. *Food Chemistry*, 194, 1217—1223.