

RESEARCH ON THE USE OF GREEN BUCKWHEAT FLOUR IN THE TECHNOLOGY OF RUSKS

L. Mykhonik, I. Pohorielov

National University of Food Technologies

Key words:

Flour
Green buckwheat
Rusk products
Bakery products
Nutritional value

Article history:

Received 11.11.2024
Received in revised form
26.11.2024
Accepted 10.12.2024

Corresponding author:

L. Mykhonik
E-mail:
Lora@i.ua

Citation: Михонік Л. А.,
Погорєлов І. С. (2024). До-
слідження використання
борошна зеленої гречки в
технології простих суха-
рів. *Наукові праці НУХТ*,
30(6), 123—132.
DOI: 10.24263/2225-
2924-2024-30-6-12

ABSTRACT

The use of unconventional plant-based raw materials in breadmaking is relevant as it helps to balance the content of essential macro- and micronutrients in bakery products. Green buckwheat flour is such a material, which contains approximately 15% protein with a balanced amino acid composition and is characterized by high levels of vitamins, minerals, antioxidants, and dietary fibers, including β -glucans, which have a positive effect on human health.

The influence of green buckwheat flour on the technological process, sensory, and physicochemical quality indicators of simple rusks was examined. Mixtures with various ratios of premium wheat flour and green buckwheat flour (90:10, 80:20, 70:30) were prepared to analyze changes in dough acidity, moisture, proofing time, and the properties of the finished products.

The results demonstrated that replacing wheat flour with green buckwheat flour increased the initial and final acidity of the dough due to the presence of organic acids in green buckwheat flour and the intensification of the fermentation process.

It was found that when 30% of wheat flour was replaced with green buckwheat flour, the moisture content and acidity of the rusks significantly increased, and their water absorption capacity also raised, extending the soaking time. This indicates a denser crumb structure. Sensory analysis revealed that increasing the proportion of buckwheat flour darkened the crumb color and introduced a characteristic taste, enhancing the product's appeal.

The optimal dosage was 20% green buckwheat flour as a replacement for wheat flour, which achieved a balanced texture, flavor, and quality of the rusks. The use of green buckwheat flour in rusk technology enhanced the nutritional and biological value of the products, making it a promising addition to the nutrition both everyday and military.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ БОРОШНА ЗЕЛЕНОЇ ГРЕЧКИ В ТЕХНОЛОГІЇ ПРОСТИХ СУХАРІВ

Л. А. Михонік, І. С. Погорєлов

Національний університет харчових технологій

Використання рослинної нетрадиційної для хлібопечення сировини у виробництві хлібобулочних виробів є актуальним, оскільки дає змогу збалансувати вміст і виробач життєво необхідних макро- та мікронутрієнтів. До такої сировини відноситься борошно зеленої гречки, яке містить близько 15% білка зі збалансованим амінокислотним складом і характеризується високим вмістом вітамінів, мінеральних речовин, антиоксидантів, харчових волокон, зокрема β -глюканів, що мають позитивний вплив на організм людини.

Вивчено вплив борошна зеленої гречки на технологічний процес, органолептичні та фізико-хімічні показники якості простих сухарів. Для аналізу змін кислотності тіста, вологості, тривалості вистоювання та властивостей готових виробів підготовлено суміші з різними співвідношеннями борошна пшеничного вищого сорту та борошна зеленої гречки (90:10, 80:20, 70:30%). Результати показують, що заміна пшеничного борошна на борошно зеленої гречки підвищує початкову та кінцеву кислотність тіста, що обумовлено наявністю органічних кислот у складі борошна зеленої гречки та інтенсифікацією процесу бродіння.

Дослідження показує, що в разі заміни 30% пшеничного борошна на гречане вологість і кислотність сухарів значно зростають, а здатність до водопоглинання також підвищується, що збільшує час намочування сухарів і свідчить про щільнішу структуру м'якушки. Органолептичний аналіз виявив, що зі збільшенням частки гречаного борошна колір м'якушки темнішає, а також з'являється характерний смак, що посилює привабливість виробу. Оптимальним дозуванням є 20% борошна зеленої гречки замість пшеничного, що сприяє досягненню збалансованої текстури, смаку та якості сухарів. Використання борошна зеленої гречки в технології сухарів підвищує харчову та біологічну цінність виробів, що є перспективним доповненням для військового та повсякденного раціону.

Ключові слова: борошно, зелена гречка, сухарні вироби, хлібобулочні вироби, харчова цінність.

Постановка проблеми. Споживчі властивості хлібних виробів зі зниженою вологістю значною мірою залежать від сорту борошна, з якого вони виготовлені, що обумовлено різним хімічним складом. Вироби з борошна нижчих сортів містять більше жирів, вітамінів і мінеральних речовин, тоді як продукція з борошна вищих сортів має більше крохмалю, відрізняється краще розвинутою пористістю, приємним ароматом і смаковими властивостями, а також високою засвоюваністю вуглеводів. Один із напрямків розширення асортименту хлібобулочних виробів зі зниженою вологістю є використання нетрадиційних для хлібопечення видів сировини.

Для підвищення харчової і біологічної цінності хлібобулочних виробів можна використовувати різні види рослинної сировини, а також побічні продукти їх виробництва, проте обсяги виробництва такої продукції ще обмежені через недосконалість технології виготовлення.

Нетрадиційна сировина для хлібопекарської промисловості може бути рослинного, тваринного, мінерального та змішаного походження. До рослинної сировини належать лікарська, пряно-ароматична сировина, а також основні і побічні продукти переробки зернових, олійних і бобових культур — борошно, пластівці, висівки, шроти, макуха тощо. Так, борошно з круп'яних культур, зокрема вівсяне, ячмінне, гречане, рисове, пшоняне додає хлібним виробам функціональних властивостей.

Зелена гречка є цінним джерелом основних макро- та мікронутрієнтів, борошно з неї, порівняно з пшеничним сортовим борошном, має значно вищий вміст білка зі збалансованим амінокислотним складом, мінералів, вітамінів і харчових волокон, в тому числі β -глюкани. В умовах сьогодення актуальним є збагачення виробів тривалого зберігання, зокрема сухарів, з метою підвищення їх харчової та біологічної цінності шляхом заміни частини пшеничного борошна на борошно зеленої гречки (Дзюндзя, & Звагольська, 2021).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зелена гречка містить близько 15% білка, у складі якого є всі вісім незамінних амінокислот, а також до 155 мг/100 г антиоксидантів. Завдяки високій біологічній цінності білки зеленої гречки є одними з найбільш поживних серед рослинних білків. Крім того, гречка вирізняється значним вмістом вітамінів, таких як тіамін, рибофлавін, нікотинова кислота й токоферол, які наявні в значно більшій кількості порівняно з іншими зерновими культурами. Мінеральний склад зерна багатий на залізо (6—10 мг), цинк (2—3 мг) та селен (2—5 мкг), що робить його цінним для зміцнення здоров'я (Городецька, Камбулова, Кохан, & Олексієнко, 2020).

Борошно із зеленої гречки насичене дубильними речовинами та органічними кислотами, такими як щавлева, лимонна, яблучна, галова, кавова, хлорогенова, пірокатехінова та малеїнова кислоти. Воно має високу енергетичну цінність (280—320 ккал), що забезпечує тривале відчуття ситості без важкості після споживання. Борошно також багате на вітаміни групи В (В₁, В₂, В₆, В₉), Е, РР, які в комплексі з фосфором сприяють підтримці та синтезу нервових клітин. Серед макроелементів особливу роль відіграють калій, магній і фосфор; серед мікроелементів — залізо, мідь, цинк, хром, молібден і марганець, що підвищує корисність цього продукту для здоров'я.

Відсутність операції термообробки у виробництві борошна зеленої гречки дає змогу максимально зберегти весь спектр вітамінів, макро- та мікронутрієнтів, ферментного комплексу та потужні антиоксидантні властивості, оскільки до складу входять флавоноїди: орієнтин, кемпферол, кверцетин, вітексин, рутин тощо (Остронос, Чичикало, Чернишова, & Михонік, 2019).

Дослідження показали, що заміна 15% пшеничного борошна на гречане надає хлібу характерного кольору, забезпечує хорошу пористість і приємний смак. Хліб із гречкою має вищий вміст рутину і кверцетину, що підвищує його антиоксидантну активність і демонструє вищу здатність до нейтралізації вільних радикалів (Lin, Liu, Yu, Lin, & Mau, 2009).

Науковцями запропоновано рецептуру сухарів, яка складається з борошна житнього цільнозернового, борошна зеленої гречки, пшеничного борошна 1-го сорту, сухої пшеничної клейковини, висівок вівсяних, жмиху стевії, екстракту стевії та фруктози. Проведені медико-біологічні дослідження показали, що розроблені вироби скоректованого нутріцевтичного рецептурного складу можна рекомендувати для харчування в разі проведення антибіотикотерапії (Сімонова, & Соколова, 2018).

Борошно з темної гречки має більшу крупність частинок, ніж борошно зеленої гречки. Від крупності борошна залежить його водопоглинальна здатність. Водопоглинальна здатність борошна темної гречки становить 352%, а борошна зеленої гречки — 316%. Унаслідок менших розмірів частинок борошна збільшується питома поверхня поглинання, що суттєво впливає на водопоглинальну здатність тіста та його в'язкість. Клейстеризований крохмаль, що міститься в борошні темної гречки, підвищує водопоглинальну здатність тіста та спричиняє утримання вологості в тісті під час випікання (Стукальська, & Златєва, 2023).

Багатий хімічний склад борошна вівсяного, ячмінного, зеленої гречки та рисового свідчить про їх значний потенціал як цінної сировини для виробництва хлібобулочних виробів з функціональними властивостями. Вищезазначені види борошна є джерелами повноцінного білка, вітамінів (А, Е, РР, групи В), мікроелементів (Fe, K, P, Ca, Mg), харчових волокон. Зокрема, високий вміст розчинних полісахаридів, таких як β-D-глюкани, що робить їх перспективними завдяки імуномодуючим властивостям. Нетрадиційні види борошна дають змогу розширити асортимент виробів, збагачуючи їх харчову цінність (Гетьман, Михонік, & Науменко, 2019).

Використання лікарської і пряно-ароматичної рослинної сировини позитивно впливає на пригнічення біохімічних і мікробіологічних процесів, які спричиняють псування харчових продуктів. Застосування екстрактів хмелю, кропиви та ромашки під час виготовлення здобних сухарів забезпечує значне гальмування процесу псування жирової складової. Кислотне число у зразках з хмелевим екстрактом через 90 діб зберігання у 2,5 рази меншим порівняно з контрольним зразком, а з екстрактами кропиви — 85%, ромашки — 38%. Екстракт ромашки найбільш гармонійно впливає на смак здобних сухарів, але є найменш ефективним антиоксидантом (Юргачова, Соколова, Макарова, & Гордієнко, 2019).

Результати досліджень свідчать, що хороші показники якості хліба для виробництва сухарів досягаються за дозування борошна із зеленої гречки в кількості до 20% і темної — до 15% замість маси пшеничного борошна. Встановлено, що сухарі з додаванням борошна із зеленої гречки мають якісні показники, які відповідають вимогам нормативної документації. Показано, що використання борошна з темної гречки в технології сухарів ускладнює технологічний процес, оскільки готові вироби мають підвищену вологість і коефіцієнт набухання, більш щільну структуру і меншу ламкість, сухарі потребують значно довшої тривалості сушіння. Це пов'язано із впливом гідротермічної обробки зерна, з якого виготовляється темне гречане борошно, його високою водопоглинальною та водоутримувальною здатністю.

У технології бубликів, збагачених насінням льону, рекомендовано дозувати насіння льону в кількості 15% від маси борошна. При такому дозуванні вироби отримали найвищу кількість балів за комплексним показником якості і відповідали вимогам нормативної документації (Bondarenko, Mykhonik, Bilyk, Kochubei-Lytvynenko, Andronovich, & Hetman, 2019).

Додавання борошна з чорного рису значно підвищило загальний вміст золи, білка та загального жиру, однак вміст вуглеводів у сухарях суттєво зменшився. Також збільшився вміст фенолів і флавоноїдів, що забезпечило відмінну здатність до нейтралізації вільних радикалів після додавання чорного рису. Включення борошна з чорного рису покращило функціональні властивості, знизивши швидкість травлення крохмалю та значення глікемічного індексу. Сенсорні оцінки дещо знизилися після додавання чорного рису, проте всі зразки сухарів залишилися прийнятними за шкалою сприйняття (Kumari, & Gupta, 2024).

Дослідження показало, що часткова заміна пшеничного борошна на ячмінне у виробництві сухарів є ефективним способом підвищення їх харчової цінності. Додавання ячмінного борошна покращує профіль біоактивних сполук і збільшує антиоксидантну активність продукту, зокрема завдяки високому вмісту фенольних сполук і флавоноїдів. Сухарі з додаванням 30% ячмінного борошна мають кращі функціональні властивості, зберігаючи смакові характеристики (Punia, Sandhu, & Kaur, 2020).

Метою статті є дослідження впливу борошна зеленої гречки на технологічний процес, органолептичні та фізико-хімічні показники якості простих сухарів.

Матеріали і методи. Для досліджень використовували таку сировину: борошно пшеничне вищого сорту (ТМ «Zemari»), борошно зеленої гречки (ТМ «Органік Еко Продукт»), дріжджі хлібопекарські пресовані (ТМ «Духмяна хата»), сіль кухонну харчову (ТМ «Своя Лінія»).

Для дослідження взято суміші з пшеничного борошна та борошна зеленої гречки в такому співвідношенні — 90:10, 80:20, 70:30%. Контролем слугував зразок з пшеничного борошна вищого сорту.

Уся сировина та реактиви для проведення досліджень відповідали нормативній документації та зберігались у необхідних умовах, зазначених на маркуванні. Зразки сухарів виготовляли з хліба, який піддавали відлежуванню для запобігання деформації під час нарізання.

Зразки тіста з досліджуваних видів борошна для виготовлення хліба 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 120 хв (30 ± 2) °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 (32 ± 2) °C та відносній вологості (75 ± 2)% до готовності. Вироби випікали в ярусній печі ТМ «Sveba-Dahlen» (Швеція) за температури 200...220 °C. Контролем було обрано хліб і сухарі з пшеничного борошна вищого сорту без додавання борошна зеленої гречки.

Якість хліба для виготовлення сухарів оцінювали за органолептичними (зовнішній вигляд, стан поверхні, забарвлення скоринки, структура пористості, смак,

запах) (Galenko, Shevchenko, Ceccanti, 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 °С 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 проводять за допомогою приладу Журавльової.

Формостійкість виробів визначали вимірюванням висоти і діаметра подових виробів (мм) і 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 (см³), 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 см³/100 г (Zhu, Sakulnak, & Wang, 2016).

Для отримання зразків сухарів формовий хліб після 12 год відлежування нарізали на скибки товщиною 1,5 см, які висушували за температури 130 °С протягом 40 хвилин.

Якість сухарів оцінювали за органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні, структура пористості, колір, смак, запах) та фізико-хімічними показниками (масова частка вологості, кислотність, намоочуваність) (Bondarenko, Mykhonik, Bilyk, Kochubei-Lytvynenko, Andronovich, & Hetman, 2019).

Результати і обговорення. Із досліджуваних зразків борошна замішували тісто, яке після бродіння піддавали поділу, формуванню тістових заготовок, їх вистоюванню і випіканню. Показники якості технологічного процесу наведено в табл.1.

Таблиця 1. Показники технологічного процесу

Показник	Контроль	Внесено борошна зеленої гречки, % замість маси пшеничного		
		10	20	30
Кислотність тіста початкова, град.	1,4	1,6	2,2	2,4
Кислотність тіста кінцева, град.	2,0	2,4	3,0	3,2
Вологість тіста, %	44,0	44,0	44,1	44,2
Час вистоювання тістових заготовок, хв	45	41	35	30
Упікання тістових заготовок, %	11,6	11,4	10,6	10,0

Рівень кислотності тіста визначає смакові характеристики і впливає на подальшу якість хлібобулочних виробів. Початкова кислотність тіста збільшувалася

від 1,4 у контрольного зразка до 2,4 при 30% заміні пшеничного борошна на борошно зеленої гречки, кінцева кислотність зростала від 2,0 до 3,2 град. Ці зміни пояснюються наявністю в борошні зеленої гречки органічних кислот і ферментів, таких як протеази та амілази, що сприяють процесам ферментації. Відомо, що борошно зеленої гречки містить більше вільних амінокислот, вітамінів групи В, та біологічно активних речовин, які активізують ферментацію, що призводить до інтенсивнішого накопичення органічних кислот в тісті.

Час вистоювання тістових заготовок знижувався зі збільшенням частки борошна зеленої гречки: від 45 хв у контрольного зразка до 30 хв при 30% заміні. Це може бути обумовлено більшим, порівняно з пшеничним вищого сорту, вмістом цукрів у борошні зеленої гречки та кращою піддатливістю крохмалю цього борошна дії амілолітичних ферментів, що інтенсифікує накопичення діоксиду вуглецю у тісті та сприяє скороченню тривалості вистоювання.

Показник упікання змінювався за різного дозування борошна зеленої гречки: за 30% заміні показник знизився з 11,6% (контрольний зразок) до 10,0%. Ймовірно, це пов'язано з відмінностями хімічного складу пшеничного борошна та гречаного, і, відповідно, різною водоутримувальною здатністю тістової системи під час випікання.

Дослідження органолептичних показників хліба для виготовлення сухарів показало, що в контрольному зразку, виготовленому без гречаного борошна, показники відповідають традиційним характеристикам хліба з пшеничного борошна. Усі зразки формового хліба мають правильну прямокутну форму з опуклою скоринкою. Однак збільшення вмісту борошна зеленої гречки призвело до зменшення об'єму виробів, що особливо помітно у зразках з дозуванням 30% гречаного борошна. Це обумовлене меншою еластичністю тіста, що знижує здатність до утримання діоксиду вуглецю під час бродіння, вистоювання і випікання. Білки зеленої гречки, на відміну від клейковинних білків пшениці, не здатні формувати таку ж міцну сітку для утримання вуглекислого газу, що призводить до зменшення висоти і об'єму хліба.

Зміна кольору м'якушки також пов'язана зі збільшенням дозування борошна зеленої гречки. У контрольного зразка м'якушка має світлий, кремовий відтінок, типовий для хліба з пшеничного борошна. У зразка з 10% заміною колір стає дещо темнішим, наближеним до кремово-бежевого. Зразки з 20 і 30% борошна зеленої гречки мають ще більш насичений, темніший відтінок м'якушки. Це пояснюється природним кольором зеленої гречки, а також наявністю в ній поліфенольних сполук, які під час термічної обробки можуть спричиняти потемніння м'якушки. Крім того, зелена гречка має вищий вміст зольних речовин, що також може сприяти темнішому забарвленню хліба.

Контрольний зразок має добре розвинену пористу структуру з середніми нерівномірно розподіленими порами. У зразках з гречаним борошном структура м'якушки стає більш щільною, з дрібнішими та більш рівномірними порами, що позитивно вплине на структуру сухарів, виготовлених з цього хліба. Додавання борошна зеленої гречки надає хлібу характерний приємний аромат, притаманний гречці. Це пов'язано з наявністю флавоноїдів та інших ароматичних сполук, власних зеленій гречці, які зберігаються і після випікання.

Вологість хліба з гречаним борошном дещо вища, порівняно з контрольним зразком. Це узгоджується з визначеним показником упікання і підтверджує водоутримувальну здатність гречаного борошна.

Таблиця 2. Показники якості хліба для виготовлення сухарів

Показник	Контроль	Внесено борошна зеленої гречки, % замість маси пшеничного		
		10	20	30
Вологість, %	43,1	43,2	43,5	43,6
Кислотність, град	1,4	1,6	1,8	2,0
Пористість, %	79	76	75	69
Питомий об'єм, см ³ /100 г	296	276	262	220
H/D	0,54	0,50	0,48	0,42

Кислотність виробів зростала зі збільшенням частки борошна зеленої гречки. Заміна пшеничного борошна на борошно зеленої гречки призводила до зменшення показника пористості хліба. Найбільш помітним зниження цього показника у зразку з 30% гречаного борошна. Це пояснюється зменшенням вмісту клейковини в тісті і погіршенням його газоутримувальної здатності. Білки зеленої гречки мають більше водорозчинних і солерозчинних фракцій і не здатні формувати еластичну сітку, як пшеничний глютен, що призводить до більш щільнішої структури хліба.

Зменшення показника H/D із зростанням заміни пшеничного борошна на гречане свідчить про погіршення формоутримувальної здатності, що обумовлено більшим розрідженням тіста порівняно з контролем.

Зменшення питомого об'єму хліба (від 296 до 220 см³/100 г) підтверджує щільнішу текстуру м'якушки і формування більш компактною структури пористості в разі додавання гречаного борошна. Зразки з додаванням 10 і 20% борошна зеленої гречки мають незначну різницю в показниках питомого об'єму і пористості, тоді як додавання 30% призводить до їх різкого погіршення.

З отриманих зразків формового хліба виготовляли сухарі, показники якості яких наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Показники якості сухарів

Показник	Контроль	Внесено борошна зеленої гречки, % замість маси пшеничного		
		10	20	30
Вологість, %	5,7	7,0	8,6	10,8
Кислотність, град	2,5	2,6	3,1	3,6
Намочуваність	3 хв 15 с	3 хв 50 с	4 хв 30 с	6 хв 20 с

Вологість сухарів збільшувалася при додаванні борошна зеленої гречки, досягаючи 10,8% при 30% заміні, що обумовлено високою гігроскопічністю зеленої гречки. Навіть після сушіння сухарі з гречаним борошном зберігають більше вологи завдяки гідрофільним властивостям білків і харчових волокон зеленої гречки.

Підвищення кислотності сухарів (від 2,5 до 3,6 град) пов'язано з більшою кислотністю гречаного борошна та інтенсивністю кислотонакопичення під час бродіння тіста.

Збільшення часу намоочування сухарів (від 3 хв 15 с до 6 хв 20 с) можна пояснити тим, що зі збільшенням дозування борошна зеленої гречки м'якушка мала більш щільну структуру і це ускладнювало доступ води до глибших шарів.

Висновки

Використання борошна зеленої гречки у виробництві хлібних виробів, зокрема сухарів, дає змогу підвищити харчову цінність продуктів завдяки високому вмісту білка зі збалансованим амінокислотним складом, антиоксидантів, вітамінів і мінеральних речовин, що надає їм оздоровчих властивостей. Такі продукти можуть знайти широке застосування в добовому раціоні військових.

Проведене дослідження впливу борошна зеленої гречки на фізико-хімічні й органолептичні показники хліба, призначеного для виготовлення сухарів, показало зміни в структурі, текстурі та смакових характеристиках продукту. Заміна пшеничного борошна на борошно зеленої гречки сприяла підвищенню кислотності тіста та хліба, що відображає інтенсивніший процес бродіння, обумовлений високим вмістом органічних кислот у гречаному борошні.

Заміна пшеничного борошна на гречане також впливає на текстуру м'якушки хліба — зразки з додаванням борошна зеленої гречки мали більш дрібну та рівномірну пористість і більшу щільність. Зростання частки гречаного борошна призводить до потемніння м'якушки хліба, що зумовлено наявністю поліфенольних сполук у складі гречки. Хліб із борошном зеленої гречки має характерний приємний смак і аромат завдяки природним флавоноїдам і ароматичним сполукам гречки.

З огляду на результати для досягнення оптимальної якості хліба з додаванням борошна зеленої гречки для виготовлення простих сухарів рекомендовано обмежувати частку гречаного борошна до 20%, щоб зберегти бажану текстуру виробів.

Застосування борошна зеленої гречки у виробництві сухарів є перспективним напрямом, що сприяє розширенню асортименту хлібобулочних виробів з підвищеною біологічною цінністю. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення оптимального способу тістоприготування з борошном зеленої гречки та визначення параметрів сушіння сухарів з цією сировиною.

Література

Гетьман, І. А., Михонік, Л. А., Науменко, О. В. (2019). *Борошно круп'яних культур як перспективна нетрадиційна сировина в хлібопеченні*. Інноваційний розвиток харчової індустрії: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції. Київ, НУХТ.

Городецька, І. М., Камбулова, Ю. В., Кохан, О. О., Олексієнко, Н. В. (2020). Якість здобного печива із застосуванням борошна зеленої гречки, цикорію і кербубу. *Харчова промисловість*, 28, 54—61. <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6f9f43a5-d808-461c-8170-4287b13881ee/content>.

Дзюндзя, О., Звагольська, К. (2021). Аналіз нетрадиційної борошняної сировини для виробництва хлібобулочних виробів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (1), 22—29. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.4>.

Дубініна, А., Попова, Т., Ленерт, С. (2014). Вітамінний і мінеральний склад круп з гречки різних сортів. *Товари і ринки*, 2, 106—115.

Юргачова, К. Г., Соколова, Н. Ю., Макарова, О. В., Гордієнко, Л. В. (2019). Сучасні аспекти використання рослинної сировини для гальмування псування хлібобулочних виробів зниженої вологості. *Наукові праці НУХТ*, 25(5), 125—134. <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9f3069f7-859d-416e-8a40-4343f8006d17/content>.

Остронос, А., Чичикало, Ю., Чернишова, М., Михонік, Л. (2019). Вплив борошна з зеленої та з темної гречки на якість клейковини та структурно-механічні властивості тіста. *Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*: матеріали 85 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Київ, НУХТ.

Сімонова, А. О., Соколова, Н. Ю. (2018). Використання борошна зеленої гречки в технології хлібобулочних виробів пониженої вологості для зниження їх глікемічного індексу. *Проблеми формування здорового способу життя у молоді*: зб. матеріалів XI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студ. з міжнар. участю. Одеса.

Стукальська, Н. М., Златева, К. В. (2023). Дослідження функціонально-технологічних властивостей безглютенової сировини. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 4, 192—199. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.24>.

Bondarenko, Y., Mykhonik, L., Bilyk, O., Kochubei-Lytvynenko, O., Andronovich, G., & Hetman, I. (2019). Study of the influence of buckwheat flour and flax seeds on consumption properties of long-stored bakery products. *EUREKA: Life Sciences*, 4, 9—18.

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>.

Kumari, R., & Gupta, M. (2024). Characterization of rusk incorporated with black rice (*Oryza sativa* L.) for its physicochemical and functional properties, in-vitro starch digestibility, and anti-inflammatory efficacy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(5), 2610—2620.

Lin, L. Y., Liu, H. M., Yu, Y. W., Lin, S. D., & Mau, J. L. (2009). Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread. *Food Chemistry*, 112(4), 987—991.

Punia, S., Sandhu, K. S., & Kaur, M. (2020). Quantification of phenolic acids and antioxidant potential of wheat rusks as influenced by partial replacement with barley flour. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3782—3791.

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>.

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.