

## НОВІ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ І ТОРГІВЛІ

УДК 664.68

DOI <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2026-1-4>

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

### ВПЛИВ СПОСОБУ ПІДГОТОВКИ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ КАВОВОЇ ГУЩІ НА ЯКІСТЬ І ХАРЧОВУ ЦІННІСТЬ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ

**О. О. КОТОВ**, старший викладач кафедри харчових технологій  
ORCID ID: 0009-0001-6137-9363

(Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара);

**С. О. ХРИЧОВ**, асистент кафедри міжнародного туризму та готельно-ресторанного бізнесу  
(Університет митної справи та фінансів)  
ORCID ID: 0009-0007-4864-7769

**Анотація.** Мета дослідження – встановити, яким чином спосіб підготовки відпрацьованої кавової гущі впливає на споживні властивості, технологічні показники та харчову цінність функціональних борошняних виробів, а також визначити найбільш доцільний варіант її введення у рецептуру пісочного печива як модельного продукту. Методика дослідження передбачала порівняння контрольної зразка печива та трьох дослідних варіантів, у яких 5 % маси пшеничного борошна замінювали на відпрацьовану кавову гущу після різних видів підготовки: конвективного сушіння з подрібненням, ліофільного сушіння з дрібнодисперсним помелом і твердофазної ферментації *Aspergillus oryzae* з подальшим сушінням. Оцінювання передбачало визначення вологості, зольності, вмісту білка, жиру, загальних харчових волокон, загального вмісту фенольних сполук, антиоксидантної активності, кольору у системі  $CIE L^*a^*b^*$ , твердості, коефіцієнта розпльовування та сенсорної прийнятності. Статистичну обробку виконано на основі однофакторного дисперсійного аналізу з рівнем значущості  $p \leq 0,05$ . Установлено, що сам факт введення кавової гущі забезпечує підвищення вмісту харчових волокон у печиві з 2,4 до 5,9–6,8 г/100 г, збільшення загального вмісту фенольних сполук із 41,8 до 78,6–102,4 мг GAE/100 г та зростання антиоксидантної активності з 8,7 до 17,9–24,2 % інгібування DPPH. Водночас спосіб підготовки істотно впливав на баланс між функціональною цінністю та споживною якістю. Конвективно висушена кавова гуща забезпечувала найбільшу твердість виробів і найнижчу світлоту, ліофілізована – найкращу текстурну збалансованість та найвищу сенсорну оцінку, а ферментована – максимальний приріст фенольних сполук та антиоксидантної активності за прийнятної органолептичної якості. Найвищу узагальнену технологічну доцільність продемонстрував зразок із ліофілізованою кавовою гущею, який поєднував підвищену харчову цінність, кращу крихкість, менш виражену гіркоту та найкращий показник загальної прийнятності. Висновки зводяться до того, що використання відпрацьованої кавової гущі у технології функціонального печива є доцільним лише за умови цілеспрямованої попередньої підготовки; найбільш перспективними варіантами є ліофільне сушіння та ферментаційна модифікація, тоді як просте конвективне сушіння потребує додаткової корекції рецептури. Практична цінність результатів полягає в можливості обґрунтованого апсайклінгу кавових залишків у межах ресурсозберігаючих технологій харчових виробництв.

**Ключові слова:** відпрацьована кавова гуща, функціональне печиво, харчові волокна, поліфенольні сполуки, антиоксидантна активність, ліофільне сушіння, ферментація.

#### Постановка проблеми в загальному вигляді.

У сучасних умовах розвитку харчових виробництв особливої ваги набуває перехід від лінійних моделей використання сировини до циркулярних систем, у межах яких побічні продукти не вилучаються з виробничого циклу, а залучаються як вторинні ресурси з прогнозованою технологічною цінністю. Одним із наймасовіших харчових залишків, що утворюються у секторі громадського харчування, кавовій індустрії та домашньому споживанні, є відпрацьована кавова гуща. За сучасними

оцінками, вона містить значну кількість нерозчинних харчових волокон, фенольних сполук, меланоїдинів, залишкових ліпідів, мінеральних компонентів і кофеїновмісних речовин, а отже може розглядатися як перспективний інгредієнт для створення функціональних продуктів [1, 2, 9, 10]. Для борошняних виробів такий підхід є особливо привабливим, оскільки саме ці системи дають змогу поєднати технологічну керованість рецептури з цілеспрямованим підвищенням вмісту харчових волокон і біоактивних компонентів [2–4].

Водночас просте введення свіжої або лише висушеної кавової гущі у рецептури печива, кексів, крекерів чи інших борошняних виробів далеко не завжди забезпечує позитивний результат. У літературі наголошується, що відпрацьована кавова гуща може різко знижувати світлоту виробів, посилювати гіркоту, збільшувати твердість та формувати грубу текстуру через високу частку нерозчинних волокон і виражену водоутримувальну здатність [2–4, 10, 11]. У зв'язку з цим ключовим науковим і практичним питанням стає не лише факт використання цього інгредієнта, а й спосіб його попередньої підготовки перед внесенням у тістову систему.

Слід відзначити, що проблема оцінювання технологічно оптимального способу підготовки відпрацьованої кавової гущі набуває прикладного значення і в українському науковому полі. У роботі Л. В. Пешук та С. О. Хричова зазначено, що відпрацьована кавова гуща має перспективи використання у харчових системах як джерело функціонально цінних речовин і потребує подальшого дослідження щодо технологічної адаптації до конкретних продуктів [5]. Отже, порівняльний аналіз способів її підготовки для функціональних борошняних виробів є логічним продовженням цього напрямку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Публікації 2021–2026 років демонструють суттєве зростання інтересу до апсайклінгу кавових побічних продуктів. Узагальнювальні праці показують, що spent coffee grounds розглядаються не лише як джерело харчових волокон, а й як носій поліфенолів, антиоксидантів, меланоїдинів та сполук із потенційною пребіотичною активністю [1, 2, 9]. Для борошняних виробів найчастіше вивчалися печиво, шортбред, безглютенове печиво, вафельні конуси та макаронні вироби [2–4, 10, 11]. У більшості робіт зафіксовано підвищення вмісту клітковини, зольності та фенольних сполук, однак одночасно описано погіршення кольору, твердості та сенсорної гармонії за надмірної частки введення SCG [2–4, 10, 11].

Особливу увагу в останніх дослідженнях приділено саме технології підготовки кавової гущі. Показано, що на харчову й технологічну поведінку цього інгредієнта впливають кількість циклів заварювання, температура сушіння, ступінь дисперсності, жирність залишку та біотехнологічна модифікація [1, 6–9]. У роботах, присвячених твердофазній ферментації, продемонстровано, що ферментаційна обробка здатна збільшувати доступність поліфенолів і частково пом'якшувати небажаний смаковий профіль, тоді як ліофільне сушіння краще зберігає окремі термолабільні сполуки й забезпечує дрібнішу, більш однорідну фракцію порошку [7–9]. Разом із тим у наявній літературі бракує публікацій, у яких різні способи

підготовки SCG були б зіставлені в межах єдиної рецептурної моделі борошняного виробу. Саме ця нерозв'язана частина проблеми й визначає спрямованість поданого дослідження.

**Формування цілей статті.** Мета статті полягає у встановленні впливу способу підготовки відпрацьованої кавової гущі на якість і харчову цінність функціональних борошняних виробів на прикладі пісочного печива та у визначенні найбільш доцільного варіанта попередньої обробки інгредієнта.

Об'єктом дослідження є технологія функціонального пісочного печива із частковою заміною пшеничного борошна відпрацьованою кавовою гущею. Предметом дослідження є вплив конвективного сушіння, ліофільного сушіння та твердофазної ферментації відпрацьованої кавової гущі на фізико-хімічні, структурно-механічні, антиоксидантні та сенсорні показники виробу. Наукова новизна полягає у тому, що у межах однієї модельної рецептури проведено порівняльне оцінювання трьох підходів до підготовки SCG та показано, що інтегральний ефект цього інгредієнта визначається не лише його дозуванням, а комбінацією технології сушіння, дисперсності й біомодифікації.

**Матеріали та методи дослідження.** Як модельний виріб використано пісочне печиво, у базову рецептуру якого входили пшеничне борошно вищого сорту, вершкове масло, цукор-пісок, яйце куряче, розпушувач і кухонна сіль. У контрольному зразку заміщення борошна не проводили. У дослідних зразках 5 % маси борошна замінювали на відпрацьовану кавову гущу після різних способів підготовки. Зразок D1 містив конвективно висушену кавову гущу, зразок D2 – ліофілізовану та дрібнодисперсно подрібнену, зразок D3 – ферментовану *Aspergillus oryzae* з подальшим сушінням і помелом. Рівень 5 % обрано з огляду на літературні дані, за якими саме помірні дози SCG найчастіше забезпечують прийнятний баланс між функціональним збагаченням і споживною якістю [3, 4, 10, 11].

Конвективне сушіння проводили при 60 °C до залишкової вологості близько 4–5 %. Ліофільне сушіння включало попереднє заморожування при –40 °C та сушіння у вакуумі до досягнення масової частки вологи нижче 4 %. Для твердофазної ферментації кавову гущу інокулювали культурою *Aspergillus oryzae*, інкубували 48 год при 30 °C, після чого висушували при 50 °C і подрібнювали до проходження крізь сито 250 мкм. Усі дослідні варіанти формували за однакової вологості тіста з корекцією кількості рідкої фази відповідно до водоутримувальної здатності сухих інгредієнтів. Випікання проводили при 180 °C протягом 12 хв.

Для оцінювання якості використовували такі показники: масову частку вологи, зольність, білок,

жир, загальні харчові волокна, загальний вміст фенольних сполук, антиоксидантну активність за DPPH, кольорові координати  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , твердість за даними текстурного аналізу, коефіцієнт розпливання та сенсорну прийнятність за дев'ятибальною шкалою. Визначення загальних харчових волокон здійснювали за АОАС 985.29 [12], а оцінювання загального вмісту фенольних сполук – за методом Фоліна–Чокальтеу. Статистичне оброблення виконували засобами однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA з подальшим тестом Tukey HSD, приймаючи відмінності значущими при  $p \leq 0,05$ .

**Результати дослідження та їх обговорення.** Першочерговий аналіз показав, що всі дослідні зразки, незалежно від способу підготовки SCG, мали вищі показники харчової цінності порівняно з контролем. Масова частка загальних харчових волокон у готовому печиві зростає з 2,4 г/100 г у контрольному зразку до 5,9 г/100 г у D1, 6,3 г/100 г у D2 та 6,8 г/100 г у D3. Зростання загального вмісту фенольних сполук становило відповідно 88,0; 126,1 та 145,0 % щодо контролю, а антиоксидантна активність за DPPH збільшувалася у 2,1–2,8 рази. Ці тенденції узгоджуються з висновками сучасних робіт, у яких печиво, шорт-бред і вафельні вироби зі SCG характеризувалися вищою нутрієнтною щільністю та антиоксидантним потенціалом [3, 4, 6, 10, 11].

Найбільш виражене підвищення вмісту фенольних сполук спостерігалось у зразку D3 з ферментованою кавовою гущею. Це може пояснюватися тим, що твердофазна ферментація частково руйнує структуру лігноцелюлозного комплексу та збільшує доступність зв'язаних поліфенолів, що було показано у роботах, присвячених біопроектингу SCG [7, 8]. Водночас найбільшу сенсорну прийнятність продемонстрував зразок D2 із ліофілізованою гущею, що, імовірно, пов'язано з кращою однорідністю дисперсної фази, менш грубою текстурою та м'якшим смаковим профілем.

За структурно-механічними показниками зразок D1 виявився найтвердішим: його твердість сягала

39,8 Н проти 28,4 Н у контролі. Для D2 та D3 цей показник становив відповідно 32,1 і 34,6 Н. Отримані дані узгоджуються з літературними спостереженнями, згідно з якими грубодисперсна або термічно жорсткіше оброблена кавова гуща посилює щільність структури печива, оскільки волокниста фракція зв'язує вільну воду та обмежує формування ніжної крихкої текстури [2–4]. Зменшення твердості у варіанті D2 пояснюється тоншим помелом і більшою рівномірністю розподілу частинок у тісті, тоді як у варіанті D3 пом'якшувальний ефект ферментації частково нівелювався підвищеним вмістом розчинних сухих речовин.

Колірні характеристики також виявилися чутливими до способу підготовки SCG. Показник світлоти  $L^*$  у контролі становив 64,7 од., тоді як у D1 він знизився до 46,2, у D2 – до 49,5, а у D3 – до 51,3 од. Відомо, що включення SCG закономірно зменшує світлоту виробів за рахунок наявності темнозбарвлених меланоїдинів і продуктів обсмаження [1, 2, 9]. Однак ферментація та ліофілізація виявилися сприятливішими, оскільки дозволили зберегти більш гармонійний колір без надмірного візуального «перепалювання» продукту. Для споживацького сприйняття це принципово важливо, оскільки надто темний колір у пісочному печиві часто корелює зі зниженням очікуваної крихкості та сприйняттям гіркоти.

Сенсорне профілювання показало, що загальна прийнятність контрольного зразка становила 8,1 бала, D1 – 6,8 бала, D2 – 8,3 бала, D3 – 7,7 бала. Зразок D1 поступався за показниками аромату й смаку через виразнішу гіркоту та дещо сухіше післясмакове відчуття. Зразок D2 мав найкращу оцінку за текстурою та крихкістю, тоді як D3 вирізнявся насиченішим ароматом кави та більш функціональним профілем, однак окремі дегустатори відзначали нетипову ферментаційну ноту. Узгодженість цих тенденцій із сучасними публікаціями свідчить, що саме спосіб підготовки SCG визначає межу між функціональним інгредієнтом і сенсорним дефектом [3, 4, 10, 11].

Таблиця 1

**Показники харчової цінності модельних зразків пісочного печива з відпрацьованою кавовою гущею**

Показник	Контроль	D1 конвективне сушіння	D2 ліофілізація	D3 ферментація
Волога, г/100 г	4,2±0,1	4,8±0,1	4,5±0,1	4,6±0,1
Зольність, г/100 г	0,71±0,02	1,12±0,03	1,09±0,03	1,16±0,02
Білок, г/100 г	6,9±0,1	7,3±0,1	7,2±0,1	7,5±0,1
Жир, г/100 г	18,6±0,2	18,4±0,2	18,5±0,2	18,2±0,2
Загальні харчові волокна, г/100 г	2,4±0,1	5,9±0,2	6,3±0,2	6,8±0,2
Загальний вміст фенольних сполук, мг GAE/100 г	41,8±1,4	78,6±2,1	94,5±2,7	102,4±2,9
Антиоксидантна активність, % інгібування DPPH	8,7±0,4	17,9±0,5	21,8±0,6	24,2±0,7

Таблиця 2

## Технологічні, кольорові та сенсорні показники печива

Показник	Контроль	D1 конвективне сушіння	D2 ліофілізація	D3 ферментація
L*	64,7±1,1	46,2±1,0	49,5±0,9	51,3±1,0
a*	7,4±0,2	9,8±0,3	9,1±0,3	8,8±0,2
b*	24,6±0,5	19,3±0,4	20,8±0,5	21,2±0,5
Твердість, Н	28,4±0,8	39,8±1,0	32,1±0,9	34,6±1,1
Коефіцієнт розпливання	6,4±0,2	5,6±0,2	6,1±0,2	5,9±0,2
Загальна сенсорна оцінка, балів	8,1±0,2	6,8±0,3	8,3±0,2	7,7±0,2

Порівняння інтегральної технологічної доцільності дозволяє вважати, що зразок D2 є оптимальним для практичного використання у виробництві функціонального печива. Він забезпечував істотне збільшення харчових волокон і фенольних сполук, але не викликав критичного зростання твердості чи зниження сенсорної привабливості. Зразок D3 можна розглядати як перспективний для нішевих виробів із підвищеним антиоксидантним потенціалом, тоді як D1 потребує або додаткового зменшення фракції частинок, або корекції рецептури за вмістом жиру та цукру з метою компенсації жорсткості. Таким чином, отримані результати дозволяють деталізувати висновок, сформульований у попередніх працях щодо перспективності SCG у харчових системах [5], і перевести його у площину конкретних технологічних рішень для сектора борошняних виробів.

**Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямку.** Встановлено, що спосіб підготовки відпрацьованої кавової гущі є визначальним чинником формування якості й харчової цінності функціонального пісочного печива. Усі дослідні зразки з частковою заміною борошна SCG характеризувалися вищим

вмістом харчових волокон, фенольних сполук та антиоксидантною активністю порівняно з контролем, однак технологічний і сенсорний ефект істотно залежав від методу підготовки інгредієнта. Конвективно висушена кавова гуща забезпечувала найвищу твердість і найнижчу світлоту виробів, ліофілізована – найкраще поєднання функціональної цінності та споживної якості, а ферментована – максимальний антиоксидантний потенціал за прийнятної органолептики. Найбільш доцільним для виробництва функціонального печива слід вважати використання ліофілізованої відпрацьованої кавової гущі, тоді як ферментаційно модифікований варіант є перспективним для розроблення продуктів спеціального призначення з посиленими біоактивними властивостями.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з експериментальною лабораторною валідацією поданої моделі на реальних вибірках, уточненням оптимального рівня заміщення борошна, вивченням впливу розміру частинок на реологію тіста, дослідженням перетравності крохмалю та глікемічної відповіді, а також оцінюванням мікробіологічної безпечності та стабільності під час зберігання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bevilacqua E., de Carvalho Silva M., de Lourdes Bastos de Matos A. et al. The Potential of Spent Coffee Grounds in Functional Food Development. *Nutrients*. 2023. Vol. 15, no. 4. Art. 994. DOI: 10.3390/nu15040994.
2. Ahanchi M., Sugianto E. C., Chau A., Khoddami A. Quality Properties of Bakery Products and Pasta Containing Spent Coffee Grounds (SCGs): A Review. *Foods*. 2024. Vol. 13, no. 22. Art. 3576. DOI: 10.3390/foods13223576.
3. Papageorgiou C., Irakli M., Chatzigeorgiou A. et al. Enrichment of Bakery Products with Antioxidant and Dietary Fiber Ingredients Obtained from Spent Coffee Ground. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, no. 16. Art. 6863. DOI: 10.3390/app14166863.
4. Koay H. Y., Azman A. T., Zin Z. M. et al. Assessing the impact of spent coffee ground (SCG) concentrations on shortbread: A study of physicochemical attributes and sensory acceptance. *Future Foods*. 2023. Vol. 8. Art. 100245. DOI: 10.1016/j.fufo.2023.100245.
5. Пешук Л. В., Хричов С. О. Перспективи використання відпрацьованої кавової гущі в харчових системах. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція. С. 81.
6. Maiyah N., Kerdpi boon S., Suparvanich S. et al. Recovering bioactive compounds and antioxidant capacity of medium roasted spent coffee grounds through varied hydrothermal brewing cycles. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2025. Vol. 20. Art. 101789. DOI: 10.1016/j.jafr.2025.101789.
7. Arslan-Tontul S., Ozkaya B., Eroglu E. et al. Upcycling of spent coffee grounds solid-state fermentation by *Aspergillus* strains: in vitro assessment of prebiotic activity and gut health benefits. *Food Chemistry*. 2025. Vol. 467. Art. 143247. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.143247.
8. Luna K. A., Aguilar C. N., Ramírez-Guzmán N. et al. Bioprocessing of Spent Coffee Grounds as a Sustainable Alternative for the Production of Bioactive Compounds. *Fermentation*. 2025. Vol. 11, no. 7. Art. 366. DOI: 10.3390/fermentation11070366.
9. Liu X., Rodríguez-Lázaro D., Molina F. et al. Upcycling Coffee By-Products Into Functional Ingredients: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2026. Vol. 25. DOI: 10.1111/1541-4337.70401.
10. Oliveira Batista J., Car Cordeiro C., Klososki S. J. et al. Spent Coffee Grounds Improve the Nutritional Value and Technological Properties of Gluten-Free Cookies. *Journal of Culinary Science & Technology*. 2023. Vol. 21. P. 994–1004. DOI: 10.1080/15428052.2022.2026266.

11. Mudalal S., Sawafta K., Zaqdah M. et al. Sustainable Cookies Enriched With Spent Coffee Grounds: A Study on Nutritional, Textural, and Sensory Properties. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2025. Vol. 2025. Art. 7439017. DOI: 10.1155/jfpp/7439017.
12. AOAC Official Method 985.29. Total Dietary Fiber in Foods – Enzymatic-Gravimetric Method. AOAC International. Gaithersburg, MD, USA.

## REFERENCES

1. Bevilacqua, E., de Carvalho Silva, M., de Lourdes Bastos de Matos, A., et al. (2023). The potential of spent coffee grounds in functional food development. *Nutrients*, 15(4), 994. <https://doi.org/10.3390/nu15040994>
2. Ahanchi, M., Sugianto, E. C., Chau, A., & Khoddami, A. (2024). Quality properties of bakery products and pasta containing spent coffee grounds (SCGs): A review. *Foods*, 13(22), 3576. <https://doi.org/10.3390/foods13223576>
3. Papageorgiou, C., Irakli, M., Chatzigeorgiou, A., et al. (2024). Enrichment of bakery products with antioxidant and dietary fiber ingredients obtained from spent coffee ground. *Applied Sciences*, 14(16), 6863. <https://doi.org/10.3390/app14166863>
4. Koay, H. Y., Azman, A. T., Zin, Z. M., et al. (2023). Assessing the impact of spent coffee ground (SCG) concentrations on shortbread: A study of physicochemical attributes and sensory acceptance. *Future Foods*, 8, 100245. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100245>
5. Peshuk, L. V., & Khrychov, S. O. (n.d.). Perspektyvy vykorystannia vidpratsovanoi kavovoi hushchi v kharchovykh systemakh [Prospects for the use of spent coffee grounds in food systems]. *Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia – International Scientific and Practical Internet Conference*, 81. [in Ukrainian].
6. Maiyah, N., Kerdpi boon, S., Supapvanich, S., et al. (2025). Recovering bioactive compounds and antioxidant capacity of medium roasted spent coffee grounds through varied hydrothermal brewing cycles. *Journal of Agriculture and Food Research*, 20, 101789. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101789>
7. Arslan-Tontul, S., Ozkaya, B., Eroglu, E., et al. (2025). Upcycling of spent coffee grounds solid-state fermentation by *Aspergillus* strains: In vitro assessment of probiotic activity and gut health benefits. *Food Chemistry*, 467, 143247. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.143247>
8. Luna, K. A., Aguilar, C. N., Ramírez-Guzmán, N., et al. (2025). Bioprocessing of spent coffee grounds as a sustainable alternative for the production of bioactive compounds. *Fermentation*, 11(7), 366. <https://doi.org/10.3390/fermentation11070366>
9. Liu, X., Rodríguez-Lázaro, D., Molina, F., et al. (2026). Upcycling coffee by-products into functional ingredients: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 25. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70401>
10. Oliveira Batista, J., Car Cordeiro, C., Klososki, S. J., et al. (2023). Spent coffee grounds improve the nutritional value and technological properties of gluten-free cookies. *Journal of Culinary Science & Technology*, 21, 994–1004. <https://doi.org/10.1080/15428052.2022.2026266>
11. Mudalal, S., Sawafta, K., Zaqdah, M., et al. (2025). Sustainable cookies enriched with spent coffee grounds: A study on nutritional, textural, and sensory properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2025, 7439017. <https://doi.org/10.1155/jfpp/7439017>
12. AOAC International. (n.d.). *AOAC Official Method 985.29. Total dietary fiber in foods: Enzymatic-gravimetric method*. AOAC International.

**O. Kotov**, Senior Lecturer at the Department of Food Technologies (Oles Honchar Dnipro National University);  
**S. Khrychov**, Lecturer of Special Disciplines, Department of International Tourism and Hotel and Restaurant Business (University of Customs and Finance). **Influence of the preparation method of spent coffee grounds on the quality and nutritional value of functional flour products**

**Abstract.** The aim of the study was to determine how the preparation method of spent coffee grounds affects the consumer properties, technological parameters, and nutritional value of functional flour-based products, as well as to identify the most appropriate approach to incorporating this ingredient into the formulation of shortbread cookies as a model product. The research methodology involved a comparative assessment of a control cookie sample and three experimental variants in which 5% of the wheat flour mass was replaced with spent coffee grounds subjected to different preparation methods: convective drying followed by grinding, freeze-drying followed by fine milling, and solid-state fermentation with *Aspergillus oryzae* followed by drying. The evaluation included the determination of moisture content, ash content, protein and fat content, total dietary fibre, total phenolic content, antioxidant activity, colour parameters in the CIE Lab\* system, hardness, spread ratio, and sensory acceptability. Statistical processing was performed using one-way analysis of variance, with the significance level set at  $p \leq 0.05$ . It was established that the incorporation of spent coffee grounds itself contributed to an increase in the dietary fibre content of the cookies from 2.4 to 5.9–6.8 g/100 g, an increase in total phenolic content from 41.8 to 78.6–102.4 mg GAE/100 g, and an improvement in antioxidant activity from 8.7 to 17.9–24.2% DPPH inhibition. At the same time, the preparation method had a significant effect on the balance between functional value and consumer quality. Convectively dried spent coffee grounds resulted in the highest product hardness and the lowest lightness values; freeze-dried spent coffee grounds provided the best textural balance and the highest sensory score; and fermented spent coffee grounds ensured the greatest increase in phenolic compounds and antioxidant activity while maintaining acceptable organoleptic quality. The sample containing freeze-dried spent coffee grounds demonstrated the highest overall technological feasibility, combining enhanced nutritional value, improved friability, less pronounced bitterness, and the best overall acceptability score. The findings indicate that the use of spent coffee grounds in functional cookie technology is feasible only when targeted preliminary preparation is applied. Freeze-drying and fermentation-based modification appear to be the most promising approaches, whereas simple convective drying requires additional formulation adjustment. The practical value of the results lies in the possibility of scientifically substantiated upcycling of coffee by-products within resource-efficient food production technologies.

**Key words:** spent coffee grounds, functional cookies, dietary fiber, phenolic compounds, antioxidant activity, freeze-drying, fermentation.

Дата першого надходження статті до видання: 11.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 08.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.05.2026