

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664.8.03:637.564

DOI <https://doi.org/10.31359/2312.3990.2026.39.1.6>

ВПЛИВ ЕКСТРАКТІВ КАВОВОЇ ГУЩІ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ЗІ СВИНИНИ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

**В.О. Сукманов, Н.В. Будник, А.П. Кайнаш,
О.О. Галенко, А.Я. Корсун**

Досліджено вплив додавання екстрактів кавової гущі (КГ), отриманих у Соклет-екстракторі, водному субкритичному середовищі та бутильованого гідрокситолуолу (ВНТ) на властивості січених напівфабрикатів під час зберігання (4 °С / 9 днів): вміст поліфенолів, погіршення кольору, рН, окислення ліпідів та антиоксидантні властивості. Додавання до напівфабрикатів екстрактів КГ пом'якувало небажані зміни рН, кольору, окислення ліпідів та підвищувало антиоксидантну стабільність.

Ключові слова: січені напівфабрикати, окислення ліпідів, термін зберігання, натуральні антиоксиданти, натуральні е115екстракти, кавова гуща, субкритична екстракція.

INFLUENCE OF SPENT COFFEE GROUND EXTRACTS ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF MINCED PORK SEMI- FINISHED PRODUCTS DURING STORAGE

**V. Sukmanov, N. Budnyk, A. Kainash,
O. Galenko, A. Korsun**

Lipid oxidation in meat semi-finished products leads to the formation of undesirable compounds that deteriorate the nutritional composition (e.g., essential amino acids and fatty acids) and sensory attributes (color, odor, taste, and texture), thereby reducing shelf life and consumer acceptability.

The insoluble residue obtained after coffee brewing is a by-product widely known as spent coffee grounds (SCG). Owing to their strong antioxidant properties, SCG can be effectively utilized as a natural antioxidant in the production of meat semi-finished products.

The aim of this study was to investigate the effect of SCG extracts obtained using different extraction technologies on the physicochemical properties of minced pork semi-finished products during storage. The object of the study was fresh minced pork (ham cut) mixed with 1.5% salt and 20% pork fat.

To achieve this aim, the following objectives were addressed: determination of rational parameters for subcritical SCG extraction; evaluation of the polyphenol content and antioxidant activity of subcritical SCG extracts; and analysis of quality changes in pork semi-finished products formulated with different amounts of subcritical SCG extracts, ethanolic Soxhlet SCG extracts, and the synthetic antioxidant BHT. The following parameters were evaluated: pH, lipid oxidation, polyphenol content, antioxidant activity, and color characteristics in the CIE Lab system (L^* , a^* , b^* , C^* , h^*).*

*Subcritical SCG extracts were obtained using a high-pressure reactor (RVD-02-500). Physicochemical parameters of the extracts and semi-finished products were determined using conventional analytical methods. Subcritical water extraction was found to ensure maximum polyphenol recovery. The optimal extraction parameters for SCG (a 50:50 mixture of *Coffea arabica* L. and *Coffea robusta*, particle size 0.6 ± 0.1 mm) were experimentally established as follows: temperature 220°C, extraction time 35 min, pressure 4 MPa, and hydromodule 1:20. Six samples of pork semi-finished products were evaluated: control; F1 (0.05% ethanolic Soxhlet SCG extract); F2 (0.1% ethanolic Soxhlet SCG extract); F3 (0.05% subcritical SCG extract); F4 (0.1% subcritical SCG extract); and BHT (0.02% BHT).*

Comparative analysis of raw pork patties demonstrated that, compared with the control and BHT-treated samples, SCG extracts effectively improved storage stability at 4 °C for 9 days by maintaining pH and slowing lipid oxidation. On day 9, samples F3 and F4 (0.05% and 0.1% subcritical SCG extracts, respectively) exhibited the highest pH values (5.79 and 5.77) and the lowest levels of lipid oxidation (0.023 and 0.03 mg MDA/kg, respectively).

Subcritical SCG extracts were more effective than ethanolic Soxhlet extracts and BHT in preserving product color during storage. The content of chlorogenic acid (CGA), total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and total tannin content (TTC) in the samples followed the order: $T4 > T3 > T2 > T1$. Assessment of antioxidant activity using DPPH radical scavenging assay, ABTS•+ radical cation decolorization assay, ferric reducing antioxidant power (FRAP), and reducing power assay (RPA, ferricyanide/Prussian blue method) confirmed the effectiveness of SCG extracts in the same order: $T4 > T3 > T2 > T1$. Thus, subcritical SCG extracts can be incorporated into pork patty formulations to inhibit oxidative reactions and reduce quality deterioration during refrigerated storage at 4 °C.*

Keywords: minced meat products; lipid oxidation; storage stability; natural antioxidants; spent coffee grounds; subcritical water extraction.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Окислення ліпідів у м'ясних напівфабрикатах призводить до утворення небажаних сполук, які погіршують склад поживних речовин (наприклад, незамінні амінокислоти та жирні кислоти) та сенсорні властивості (колір, запах, смак та текстуру), тим самим зменшуючи терміни їх зберігання та привабливість для кінцевих споживачів. Тому для зменшення процесу окислення у м'ясі та м'ясних продуктах широко використовуються

синтетичні антиоксиданти (наприклад, бутильований гідрокситолуол та бутильований гідроксианізол). Проте зростаюча стурбованість щодо ризиків для здоров'я, які становлять синтетичні антиоксиданти, змушує їх замінити природними антиоксидантними сполуками [1].

Натуральні антиоксидантні сполуки можуть бути вилучені з кожної анатомічної структури рослини, таких як квіти, плоди, листя тощо. Нерозчинний залишок, отриманий після заварювання кави, є побічним продуктом, широко відомим як відпрацьована кавова гуща (КГ), та, враховуючи її потужні антиоксидантні властивості, дана сировина може ефективно використовувати як антиоксидант при виробництві м'ясних напівфабрикатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з даними Міжнародної організації кави у 2025 році [2], світове споживання кави перевищило 198,39 млн мішків по 60 кг. Україна знаходиться на 25-му місці у світі за обсягом споживання кави. Під час обробки та заварювання кави утворюється значна кількість залишків. Відпрацьована кавова гуща (КГ) (*англ.* Spent coffee grounds – SCG) є твердими відходами, які являють собою залишок, отриманий у процесі заварювання кави, і у всьому світі КГ утворюються щорічно в обсязі близько 6×10^6 т. На кожний 1 г меленої кави припадає 0,91 г залишків у вигляді КГ [3], які містять велику кількість біологічно активних сполук, та мають великий потенціал для широкого застосування в технологіях продуктів функціонального призначення та потенційну користь для здоров'я людини. КГ містять велику кількість органічних сполук (кофеїн, дубильні речовини, целюлозу та інші полісахариди тощо), які перетворилися б на токсичні речовини, якби потрапили безпосередньо в навколишнє середовище, але які ми можемо використовувати як джерело продукції з доданою вартістю [4]. КГ, отримана під час процесу заварювання та велика кількість залишків, що утворюється щорічно під час виробництва розчинної кави, в закладах харчування (ресторани, кав'ярні та ін.), при індивідуальному споживанні вдома, та містить велику кількість органічних сполук (поліфенолів, жирних кислот, лігніну, целюлози, геміцелюлози та інших полісахаридів), які можна використовувати як у технологіях продуктів з доданою вартістю [3].

Хімічний склад кави, отриманої за допомогою процесів гарячого або холодного заварювання, змінюватиметься залежно від факторів, включаючи методи ведення сільського господарства та методи екстракції. Відмінності в концентраціях між процесами екстракції мають на увазі, що вміст біологічно активних сполук, включаючи кофеїн, хлорогенову кислоту (CGA), загальний вміст фенолів (TPC),

флавоноїдів (TFC) та танінів (TTC), що залишаються в КГ, буде залежати від методу екстракції, який використовується при виробництві напою [5]. Основні сполуки в каві, які екстрагуються за допомогою процесів гарячого або холодного заварювання, включають кофеїн, хлорогенову кислоту (CGA), тригонеллін і дитерпени кахвеол і кафестол [6]. На сьогодні КГ успішно використовується як стійка, економічно ефективна і здорова харчова добавка в хлібобулочних виробках, мюслі, стравах, приготованих на повільному вогні, приправах для барбекю і десертів [7], при приготуванні хлібобулочних виробів, таких як печиво та торти, а також у виробництві напоїв, у тому числі алкогольних напоїв [8]. Крім того, екстракти хлорогенової кислоти (CGA) з кави використовуються в смажених пончиках, соєвому молоці, пшеничному хлібі, рідкому хаску, темному шоколаді, йогурті і розчинній каві, що може збільшити користь для здоров'я цих продуктів [9]. Оскільки КГ є хорошим джерелом кофеїну, поліфенолів, таких як хлорогенова кислота (CGA) та меланоїдинів, їх можна використовувати як сировину для виділення цих сполук. Для отримання цих сполук з КГ використовувався ряд методів екстракції [10]. Деякі з цих методів включають традиційну екстракцію розчинником, екстракцію за допомогою високого гідростатичного тиску, ультразвукову екстракцію та мікрохвильову екстракцію [10].

Серед існуючих традиційних та інноваційних методів вилучення БАР з вторинної сировини заслуговує на увагу метод екстрагування у субкритичному середовищі, в якому в якості екстрагента використовують субкритичну воду [11] – вода в рідкому стані під тиском в температурному діапазоні 100–374 °С. СКВ залишається стійкою до критичної температури через прикладений зовнішній тиск, який піднімає точку кипіння під час нагрівання рідини в закритій посудині, де рідка вода знаходиться в рівновазі з паром. Вода має унікальні хімічні та фізичні властивості такі [12]. За кімнатної температури навколишнього середовища, вода є полярною рідиною, яка дисоціює на іон гідроксонію (H_3O^+) і гідроксид-іона (OH^-); константа дисоціації (Кд) становить близько 1.0×10^{-14} за 25 °С. Крім того, вода має надзвичайно високу відносну статичну діелектричну проникність ϵ_r , – до 80 [12]. Найважливішим фізико-хімічним параметром, який визначає можливість води як розчинника для екстракції БАР, є відносна діелектрична проникність [12]. Коефіцієнт дифузії сполук, що екстрагуються в рідину, залежить від в'язкості. Зменшення поверхневого натягу під час субкритичного екстрагування приводить до кращого змочування зразка за рахунок збільшення площі контакту між

екстрагентом і структурою речовини, що, в свою чергу, приводить до повнішої екстракції [12]. Використання технологій субкритичного екстрагування для вилучення БАР з рослинної та вторинної сировини агропромислового комплексу в Україні ще не достатньо поширене, що посилює актуальність даних досліджень.

Мета статті – визначити вплив екстрактів КГ, отриманих за різними технологіями, на фізико-хімічні властивості січених напівфабрикатів із свинини при їх зберіганні. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання: визначити раціональні параметри субкритичного екстрагування КГ; визначити вміст поліфенолів та антиоксидантну активність субкритичних екстрактів КГ; проаналізувати динаміку якості напівфабрикатів зі свинини, виготовлених із додаванням різної кількості субкритичних, та етанольних Соклет-екстрактів КГ і синтетичного антиоксиданта ВНГ (рН, окислення ліпідів, вміст поліфенолів та антиоксидантну активність, колір у системі CIE Lab*: L^* , a^* , b^* , C^* , h^*).

Матеріали та методи. Використане обладнання та методика отримання субкритичних екстрактів. Екстрагування цільових речовин проводили в реакторі високого тиску РВД-02-500 («Uoslab» НВП «Укроргсинтез», Україна) з об'ємом робочої камери 500 мл у НДЛ «Субкритичні технології у харчових виробництвах» ПДАУ. Для створення необхідних температурних режимів та ротаційного перемішування реагентів у робочій камері використовували магнітну мішалку з підігрівом платформи РІВА -04.3 («Uoslab» НВП «Укроргсинтез», Україна).

Екстрагування проводили за методикою, викладеною у роботах [11, 12]. Відділений рідкий екстракт природнім чином охолоджувався до кімнатної температури. Екстракт очищали через мембранний фільтр 0.25 мкм (Dismic-25CS, Advantech Toyo, Японія). Отримані екстракти зберігали в холодильнику за 4 °С до аналізу, випарювали на роторному випарнику за 40 °С та у подальшому висушували до вмісту вологи (4±0.5) %, пакували у герметичні пакети та зберігали за температури (4±0.5) °С для використання у дослідженнях.

Використана сировина. КГ була надана ТОВ «Фудтемплум» (м. Київ), яке спеціалізується на переробці КГ на кавове борошно. Розмір часток КГ – (0,6±0,1) мм. Сировина складалася із 50% КГ сорту *Coffea arabica L* та 50% *Coffea robusta*. У роботі було використано екстракти КГ, отримані у Соклет-екстракторі за традиційною методикою екстрагування етанолом (для зразків Ф1 та Ф2) та екстракти

КГ, отримані у субкритичному водному середовищі (для зразків Ф3 та Ф4).

Отримані екстракти фільтрували під вакуумом, випарювали при 100 об/хв/60 °С та сушили у сушильній шафі. Сухий екстракт КГ зберігали при температурі -20 °С в темряві.

Методика визначення вмісту поліфенолів. Вміст хлорогенової кислоти (CGA) визначали за методикою, викладеною у роботі [13]. Екстракт КГ (100 мкл, 500 мкг/мл) змішували з 200 мкл сечовини (0,17 М) та 200 мкл льодовикової оцтової кислоти (0,1 моль/л), потім додавали 500 мкл дистильованої H₂O. Отриману суміш гомогенізували з 500 мкл NaNO₂ (0,14 моль/л) та 500 мкл NaOH (0,5 моль/л) та центрифугували (2250×г / 4 °С, 10 хв). При 510 нм вимірювали абсорбцію, а результати відображали у вигляді мг еквівалентів хлорогенової кислоти (CAE) на грам екстракту.

Загальний вміст фенолів (TPC) визначали за процедурою Фоліна-Чокальтеу [14]. Екстракт КГ (10 мкл, 500 мкг/мл) змішували з 80 мкл дистильованої H₂O та 60 мкл Na₂CO₃ (7%, мас./об.), потім додавали 40 мкл реактиву Фолін-Чокальтеу (2M). Отриману суміш гомогенізували з 80 мкл дистильованої H₂O та інкубували (25 °С/1 год, у темряві). При 750 нм вимірювали поглинання, а результати відображали у міліграмах еквівалентів галової кислоти (GAE)/г.

Загальний вміст флавоноїдів (TFC) визначали за допомогою процедури NaNO₂-Al(NO₃)₃-NaOH [14]. Екстракт КГ (500 мкл, 500 мкг/мл) гомогенізували з 1 мл NaNO (5%, мас./об.), 10 мл NaOH (1 моль/л) та 1 мл AlCl₃ (10%, мас./об.). Потім додали 25 мл етанолу (70%, об./об.). Отриманий розчин інкубували (25 °С/15 хв, у темряві). При 510 нм вимірювали абсорбцію, а результати відображали у мг еквівалентів рутину (RE)/г.

Загальний вміст танінів (TTC) визначали за методикою, викладеною у [15]. Екстракт КГ (0,2 г) змішували з 10 мл метанолу та центрифугували (10 000 хг/4 °С, 20 хв). Потім 180 мкл супернатанту змішували з 900 мкл ваніліну (1%, мас./об.) та 900 мкл HCl (8%, об./об.) та інкубували (25 °С/20 хв, у темряві). При 500 нм вимірювали абсорбцію, а результати відображали у мг еквівалентів (+)-катехіну (CE)/г.

Методики проведення антиоксидантних аналізів. Активність поглинання вільних радикалів визначали з використанням радикалу DPPH• (1,1-дифеніл-2-пікрілгідразил) [16]. 100 мкл екстракту КГ (500 мкг/мл) гомогенізували зі 100 мкл розчину радикалів (300 мкМ/кг) та інкубували (25 °С/30 хв, у темряві). При 520 нм вимірювали абсорбцію, а результати відображали у вигляді (%) інгібування:

$$\text{DPPH}\cdot (\%) = \left[\frac{\{(\text{Абсорбція радикалів за } 0 \text{ хв}) - (\text{Абсорбція антиоксидантних радикалів за } 30 \text{ хв})\}}{(\text{Абсорбція радикалів за } 0 \text{ хв})} \times 100 \right]$$

Активність поглинання катіонів радикалів оцінювали за допомогою процедури ABTS⁺ (катіон радикалів 2,2'-азинобіс-(3-етилбензотіазолін-6-сульфонової кислоти) [17]. Катіон радикалу (абсорбція 0,8) змішували з екстрактом КГ (500 мг/мл) у співвідношенні 99:1 та інкубували (25 °С/6 хв, у темряві). При 734 нм вимірювали абсорбцію, а результати відображали у вигляді (%) інгібування:

$$\text{ABTS}^{+} (\%) = \left[\frac{\{(\text{Абсорбція радикалів у розчині за } 0 \text{ хв}) - (\text{Абсорбція антиоксидантних радикалів за } 6 \text{ хв})\}}{(\text{Абсорбція радикалів у розчині})} \times 100 \right]$$

Відновлювальну здатність визначали за методом FRAP (ферум-відновлювальна антиоксидантна здатність) [18]. 5 мкл екстракту КГ (500 мг/мл) гомогенізували зі 150 мкл розчину FRAP [10:1:1, 300 мМ/кг буферного розчину ацетату натрію в льодовиковій оцтовій кислоті та 10 мМ/кг реагенту TPZ у 40 нМ/кг HCl та 20 мМ/кг FeCl₃] та інкубували (25 °С/8 хв/у темряві). При 595 нм вимірювали абсорбцію, а результати відображали у мг еквівалента заліза (Fe²⁺)/г.

Відновлювальну здатність також визначали за допомогою процедури RPA (використання фериціаніду/берлінського блакитного) [18]. 100 мкл екстракту КГ (500 мг/мл) гомогенізували з 300 мкл фосфатного буфера (0,2 моль/л, рН 6,6) та 300 мкл C₆FeK₄N₆ (1%, в/об'єм). Отриману суміш інкубували при 50 °С протягом 20 хвилин.

Після цього додали 300 мкл TCA (10 %, в/об'єм) та зразки центрифугували при 4200 x g/4 °С, 15 хвилин (Sorvall ST18R, Thermo Fisher Scientific; Waltham, США). Супернатант гомогенізували зі 100 мкл дистильованої H₂O та 250 мкл FeCl₃ (0,1 %, w/v). При 700 нм вимірювали абсорбцію, і результати відображали як абсорбцію.

Технологія січених напівфабрикатів. Свіжий свинячий фарш (задня частина - окіст) був придбаний на місцевому ринку м. Полтава та змішаний з 1,5 % солі (NaCl, об/в) та шпиком (20 %, об/в). З даної сировини було виготовлено наступні зразки свинячих котлет: контроль (К) – без додавання антиоксидантів; ВНТ – сирі свинячі котлети із додаванням бутильованого гідрокситолуолу 0,02% (ВНТ, E321) – синтетичного антиоксиданту, який використовується як харчовий консервант, та запобігає окисленню жирів, продовжуючи термін придатності продуктів; Ф1 – сирі свинячі котлети із додаванням 0,05%

етанольного екстракту КГ; Ф2 – сирі свинячі котлети із додаванням 0,1% етанольного екстракту КГ; Ф3 – сирі свинячі котлети із додаванням 0,05% СКЕ КГ; Ф4 – сирі свинячі котлети із додаванням 0,1% екстракту КГ. Всі зразки було виготовлено у трикратній повторності, упаковано в лотки з пінополістиролу та обгорнуто полівінілхлоридною плівкою (17 400 см³ O₂/м²/23 °С, 24 год). Упаковані котлети зберігали в холодильнику (4 °С/9 днів/у темряві), і в кожен день відбору проб шість упаковок зразків відкривали для належного аналізу.

Методика дослідження якості напівфабрикатів. Хімічний склад м'ясних напівфабрикатів визначали за стандартними процедурами [19]. рН досліджуваних зразків визначали шляхом змішування зразків з дистильованою Н₂О (співвідношення 1:10) при 4500 об/хв/5 °С, 1 хв (Т25, Staufen) та за допомогою потенціометра (рН211).

Досліджувані зразки напівфабрикатів отримували після гомогенізації свинячого фаршу з дегідратованою водою (співвідношення 1:10) при 4500×г/4 °С протягом 10 хв. Після цього супернатант фільтрували та піддавали вимірюванням вмісту поліфенолів, антирадикальної та відновлювальної активності.

Для вимірювання окислення ліпідів використовували процедуру з реактивними речовинами тіобарбітурової кислоти [20]. М'ясний продукт (1 г) гомогенізували з 2000 мкл ТСА (10%, w/v) (4500 об/хв/5 °С, 1 хв) та центрифугували (2300×г б/4 °С, 20 хв). Потім 200 мкл фільтрованого розчину гомогенізували з 200 мкл реагенту ТВА (0,02 моль/кг) та інкубували при 98 °С, 20 хв. При 531 нм вимірювали поглинання, а результати відображали у мг малонового діальдегіду (MDA)/г.

Колір м'ясного продукту вимірювали спектрофотометрично (СМ-508d, Konica Minolta Inc.; Токіо, Японія). На поверхні зразків проводили по 10 вимірювань у міжнародній системі СІЕ Lab*: *L** – яскравість;

*a** – почервоніння; *b** – жовтизни; *C** – кольоровість; *h** – кут відтінку [21].

Статистичний аналіз отриманих результатів проводили з використанням EXCEL. Повторність дослідів – трикратна.

Вклад основного матеріалу дослідження. *Визначення раціональних параметрів субкритичного екстрагування КГ.* Аналіз інформації [11, 12] дозволив нам обрати діапазон варіювання параметрів, вагомість впливу яких на ефективність субкритичного екстрагування розташована у наступному порядку: температура > тривалість процесу > розмір фракції > гідромодуль > тиск. У даному процесі тиск потрібний для підтримування води-розчинника у субкритичному стані та прискорення руйнування матриці сировини,

тому, враховуючи аналіз апріорної інформації, значення тиску було прийнято на рівні 3 МПа. Гідромодуль та розмір фракції сировини непрямым чином впливають на тривалість процесу екстрагування, та враховуючи наші попередні дослідження було прийнято гідромодуль 1:20 та розмір часток КГ – $0,6 \pm 0,1$ мм.

При дослідженні впливу найбільш вагомих факторів – температури, тиску та тривалості субкритичного екстрагування КГ на ефективність процесу, у якості цільового параметра було обрано загальний вміст фенольних сполук (мг ГАЕ/мл) Результати досліджень наведено на рис. 1 та 2. Аналіз отриманих результатів свідчить, що підвищення тиску з 4 до 12 МПа практично не впливає на загальний вміст фенольних сполук у екстрактах КГ. Тому диск у 4 МПа є достатнім для підтримання води у рідкому стані та руйнування матриці сировини при екстрагуванні. Тривалість екстрагування – 35 хв.

Загальний вміст фенольних сполук в субкритичних екстрактах КГ зростає при збільшенні температури до 220 °C при тривалості процесу 35 хв., та подальше підвищення температури не призводило до збільшення виходу сполук, що може бути пояснено збільшенням виходу продуктів реакції Майяра при підвищенні температури екстрагування.

Вміст поліфенолів та антиоксидантна активність екстрактів КГ. Отримані результати продемонстрували високий вміст поліфенолів в екстракті КГ, включаючи САС, ТРС, ТФС та ТТС. Кількість вилучених поліфенолів у використаних екстрактах, отриманих у субкритичному середовищу суттєво перевищує аналогічний показник у етанольних екстрактах, отриманих за традиційною технологією у Сокеслет-екстракторі. Крім того, середні значення антиоксидантної активності також показали, що субкритичні екстракт КГ проявляє високу антирадикальну активність DPPH[•] ($87,76 \pm 0,63$ %) та ABTS^{•+} ($44,63 \pm 2,1$ %), хоча стандарт (ВНТ) показав найвищі антиоксидантні значення порівняно з екстрактом КГ ($85,02 \pm 2,04$ % та $80,20 \pm 1,11$ % відповідно). Крім того, екстракт КГ демонструє помірні значення FRAP ($0,22 \pm 0,09$ мг Fe²⁺/г) та RPA ($0,12 \pm 0,01$ абс.) щодо ВНТ ($0,54 \pm 0,18$ мг Fe²⁺/г та $0,59 \pm 0,15$ абс. відповідно).

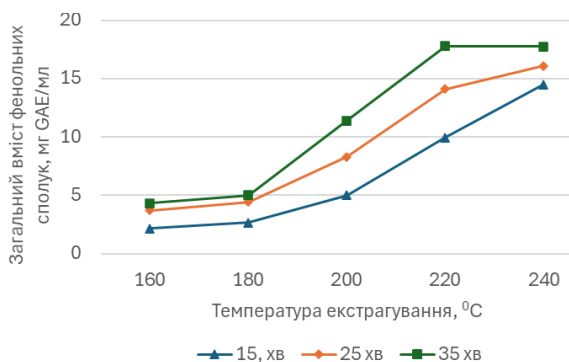


Рис. 1. Загальний вміст фенольних сполук в екстрактах КГ при змінних температурі, тривалості екстрагування та тиску 4 МПа

Побічні продукти агропромисловості є ключовим джерелом поліфенолів, включаючи флавоноїди та фенольні кислоти, що широко корелює з їх антиоксидантною дією *in vitro* [22]. Однак відсутність або присутність цих компонентів в екстрактах кавових залишків може бути пов'язана з сортом (*C. arabica* та *C. robusta*), системою екстракції (твердо-рідинна, Соклет, серед інших) та типом розчинника (вода або етанол), що використовується для екстракції сполуки [23].

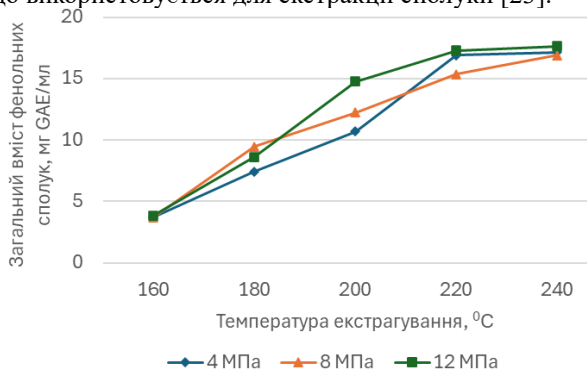


Рис. 2. Загальний вміст фенольних сполук в екстрактах КГ при змінних температурі, тиску та тривалості екстрагування 35 хв

Крім того, присутність поліфенолів в екстракті КГ пов'язана з їх антирадикальним ефектом; Отже, перспективною стратегією підвищення антиоксидантної стабільності м'ясних продуктів зі свинини під час зберігання може бути додавання екстракту КГ.

Якість напівфабрикатів зі свинини. Згідно з результатами, приблизний склад зразків м'яса не змінювався при додаванні екстракту КГ до зразків Ф1, Ф2, Ф3 та Ф4. Отримані середні значення склали 55,73% (волога), 19,5% (білок), 22,5% (жир), 1,8% (зола) та 0,53% (вуглеводи). Отримані нами результати узгоджуються з матеріалами роботи [24], де показано, що додавання 1 та 2% екстрактів із залишків агропромисловості до рецептур свинячих котлет суттєво не вплинуло на початковий приблизний склад. На рис. 3 та 4 показано зміни рН та динаміка показника окислення ліпідів (TBARS) напівфабрикатів зі свинини.

У перший день зберігання (д0) додавання антиоксидантів практично не вплинуло на значення рН та окислення ліпідів. Однак, у подальшому зберіганні значення рН знижувалося, а значення показника окислення ліпідів збільшилося. На 9-й день зразки напівфабрикатів Ф3 та Ф4, із додавання субкритичних екстрактів КГ, мали найвищі значення рН (5,79 та 5,77 відповідно) та найнижчі значення окислення ліпідів (0,023 та 0,03 мг MDA/кг. відповідно) Контрольні зразки та зразки із додавання ВНТ мали відповідні значення рН 5,68 та 5,73 та значення TBARS (0,63 та 0,384 мг MDA/кг).

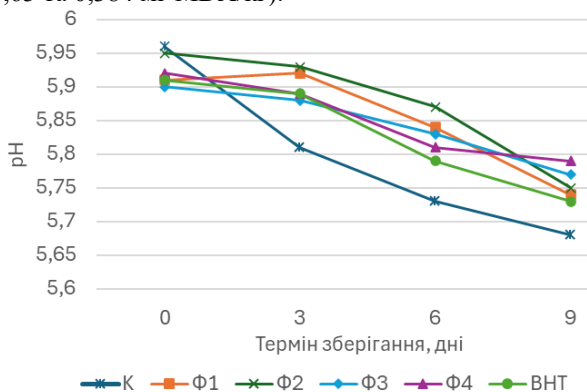


Рис. 3. Динаміка рН досліджуваних зразків напівфабрикатів зі свинини під час зберігання

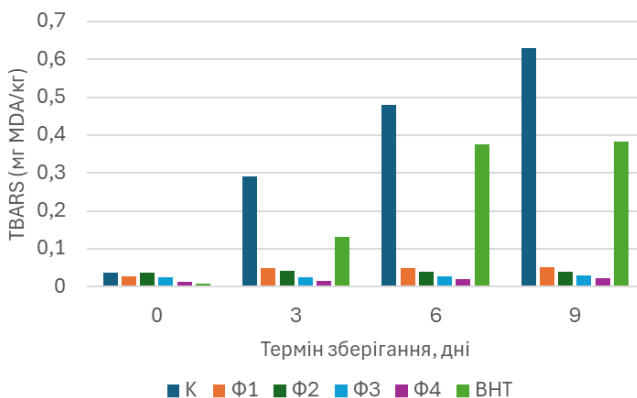


Рис. 4. Динаміка показника окислення ліпідів TBARS досліджуваних зразків напівфабрикатів зі свинини під час зберігання

pH та окислення ліпідів є ключовими властивостями у сприйнятті якості м'яса, що впливають на намір купувати м'ясо, пов'язаний з втратою якості продукції м'ясної промисловості [20, 25]. Однак, як показано у роботі [26] включення не синтетичних антиоксидантів, багатих на поліфеноли, покращує якість харчових продуктів. У нашому дослідженні початкові значення pH у свинячих котлетах залишалися в межах типового діапазону для свіжого свинячого м'яса (pH 5,5–5,9). Зниження значень pH свинячих котлет спостерігалось під час холодного зберігання, коли додавали синтетичні або натуральні (кісточки фініків) антиоксидантні екстракти [27].

При додаванні 0,05% та 0,1% етанольного екстракту КГ спостерігалось зниження рівня окислення ліпідів у системі сирого свинячого м'яса, що зберігалась при температурі 37 °C/12 год [23]. Також було продемонстровано зниження рівня окислення ліпідів у яловичому меленому (верхній рулет) м'ясі, доданому з 0,1% меленої смаженої кави (світлої, середньої та темної) під час зберігання (4 °C/6 днів) [28].

Колір є ще одним ключовим параметром у сприйнятті якості м'яса. Згідно з отриманими результатами, додавання антиоксидантів та час зберігання мали значний вплив на колір зразків (рис. 5).

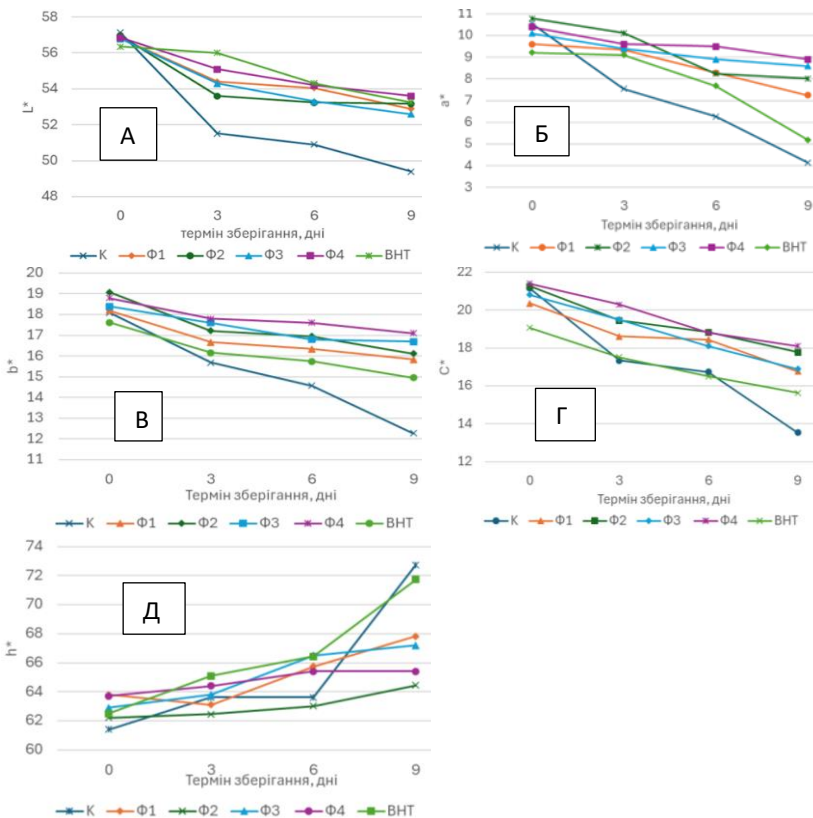


Рис. 5. Динаміка показників кольору досліджуваних зразків напівфабрикатів під час зберігання: А) показник яскравості L^* ; Б) показник почервоніння a^* ; В) показник жовтизни b^* ; Г) показник кольоровості C^* ; Д) кут відтінку h^*

На день 0 включення антиоксидантів не вплинуло на ці параметри. Однак значення L^* , a^* , b^* та C^* знижувалися протягом часу зберігання, тоді як значення h^* збільшувалися. На день 9 зразки напівфабрикатів Ф3 та Ф4 демонстрували найвищі значення L^* , a^* , b^* та C^* і найнижчі значення h^* . В межах моделі СІЕ значення насиченості кольору C^* дорівнює 0 у центрі сфери, яка є зображенням колірного простору та збільшується відповідно до відстані від центру та h^* – кут, вимірювання якого починається на осі, а і виражається в градусах. Відповідно до дослідження, у контрольних зразках м'яса спостерігалось зниження значень L^* , a^* та b^* при зберіганні

в холодильнику (4 °C/6 днів) порівняно з аналогічними зразками, виготовленими із додавання екстрактів КГ. Таким чином, додавання субкритичних екстрактів КГ найбільш ефективно, у порівнянні з етанольними Сокслет-екстрактами та додаванням ВНТ і позитивно впливає на зберігання кольору напівфабрикатів.

Вміст поліфенолів та антиоксидантна активність у досліджуваних зразках напівфабрикатів.

Згідно з отриманими результатами, кількість доданих екстрактів та технологія їх отримання, а також період зберігання суттєво вплинула на вміст поліфенолів у досліджуваних зразках (рис. 6).

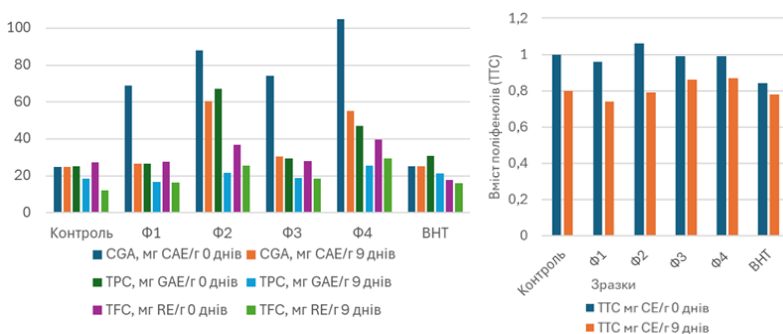


Рис. 6. Динаміка вмісту складових поліфенолів у досліджуваних зразках напівфабрикатів під час зберігання

Під час зберігання не було виявлено відмінностей у значеннях TTC (середнє значення 0,87 мг СЕ/г), АВТС*⁺ (49,58%) та RPA (0,87 абс.). На 0-й день значення хлорогенової кислоти (CGA), TPC та TFC збільшилися у зразках м'яса, оброблених екстрактом КГ (T4>T3>T2>T1). Проте значення CGA, TPC та TFC значно знизилися протягом періоду зберігання, і на 9-й день найвищі значення CGA, TPC та TFC відповідали T4 та T3.

Згідно з отриманими результатами, властивості доданого екстракту та періоду зберігання суттєво вплинула на антиоксидантний потенціал досліджуваних зразків (рис. 7). Щодо антиоксидантної активності, то на 0-й день значення DPPH* та FRAP збільшилися у зразках м'яса завдяки екстракту КГ. Однак, значення антиоксидантних властивостей знизилися під час зберігання в контрольному зразку та зразках T1 та T2. На 9-й день T3 та T4 показали найвищі значення DPPH* та FRAP.

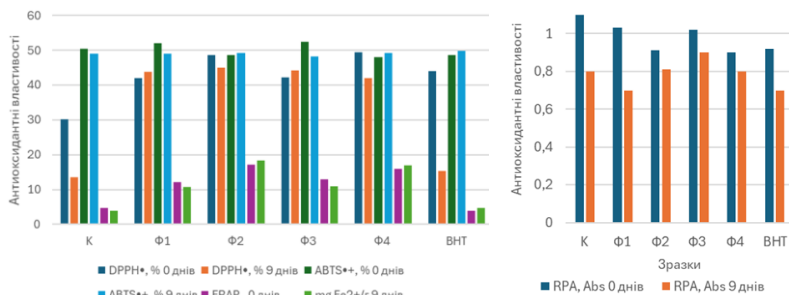


Рис. 7. Динаміка показників антиоксидантних властивостей, визначених за методами DPPH, ABTS та FRAP у досліджуваних зразках напівфабрикатів під час зберігання

Окислювальні реакції в харчових продуктах, включаючи м'ясо та м'ясні продукти, вважаються основною немікробною причиною погіршення якості, і це пов'язано з втратою ендогенних антиоксидантів після смерті. Вид тварин, порода, тип м'язів та анатомічне розташування можуть впливати на вміст ендогенних антиоксидантів [26]. У цьому контексті вміст фенолів та антиоксидантний статус сирих та варених свинячих котлет, що зберігалися (4 °C/6 днів) та додавалися з 2% натурального етанольного екстракту, збільшилися.

Висновки. Порівняльні дослідження властивостей зразків напівфабрикатів (сирих свинячих котлет) показали, що, у порівнянні з контрольними зразками та зразками із додаванням ВНТ, додавання екстрактів КГ забезпечує ефективне зберігання зразків при їх зберіганні при 4 °C протягом 9 діб, підтримуючи рівень рН та уповільнюючи темпи окислення ліпідів. На 9-й день зразки напівфабрикатів Ф3 та Ф4 із додавання субкритичних екстрактів КГ, (розмір часток 0,6±0,1 мм. 220 °C, 35 хв, 4 МПа, гідромодуль 1:20) (0,05% та 0,1%), мали найвищі значення рН (5,79 та 5,77 відповідно) та найнижчі значення окислення ліпідів (0,023 та 0,03 мг MDA/кг. відповідно). Додавання субкритичних екстрактів КГ найбільш ефективно, у порівнянні з етанольними Соксет екстрактами та додаванням ВНТ. Аналіз антиоксидантних властивостей зразків напівфабрикатів підтвердив ефективність використання екстрактів КГ: T4>T3>T2>T1.

Список джерел інформації / References

1. Rodionova, K. Efficiency of using plant antioxidants in the meat processing industry // Scientific Horizons. 2022. Vol. 25, No 9, P. 75-83. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(9\).2022.75-83](https://doi.org/10.48077/scihor.25(9).2022.75-83)

2. Coffee Market Analysis in Ukraine. 2025. (n.d.). Market Analysis. Order Market Analysis at ProConsulting. <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-kofe-v-ukraine-2025-god>
3. Valeri O. Sukmanov, Oleksandr V. Sukmanov, Oleksii M. Komar, Tetiana I. Yudina. The potential of using spent coffee grounds in the technologies of functional food products. Review // Journal of Chemistry and Technologies, 2024, Vol. 32, No 3. P. 605-648. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i3.309754>
4. Nan Zhao, Zhongyang Liu, Ting Yu, Fujie Yan. Spent coffee grounds: Present and future of environmentally friendly applications on industries-A review // Trends in Food Science & Technology. 2024. Vol. 143, Article No 104312. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104312>
5. Olechno, E., Puścion-Jakubik, A., Zujko, M. E., Socha, K. Influence of various factors on Caffeine Content in Coffee Brews // Foods. 2021 Vol. 10, No 6, Article No 1208. <https://doi.org/10.3390/foods10061208>
6. Wang, X.; Wang, Y.; Hu, G.; Hong, D.; Guo, T.; Li, J.; Li, Z.; Qiu, M. Review on factors affecting coffee volatiles: From seed to cup // J. Sci. Food Agric. 2022. Vol. 102, P. 1341–1352. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11647>
7. Klingel, T.; Kremer, J.I.; Gottstein, V.; Rajcic de Rezende, T.; Schwarz, S.; Lachenmeier, D.W. A review of coffee by-products including leaf, flower, cherry, husk, silver skin, and spent grounds as novel foods within the European Union // Foods. 2020. Vol. 9, Article No 665. <https://doi.org/10.3390/foods9050665>
8. Franca, A.S.; Oliveira, L.S. Potential uses of spent coffee grounds in the food industry // Foods. 2022. Vol. 11, Article No 2064. <https://doi.org/10.3390/foods11142064>
9. Rojas-González, A.; Figueroa-Hernández, C.Y.; González-Rios, O.; Suárez-Quiroz, M.L.; González-Amaro, R.M.; Hernández-Estrada, Z.J.; Rayas-Duarte, P. Coffee chlorogenic acids incorporation for bioactivity enhancement of foods: A review // Molecules. 2022. Vol. 27, Article No 3400. <https://doi.org/10.3390/molecules27113400>
10. Okur, I.; Soyler, B.; Sezer, P.; Oztop, M.H.; Alpas, H. Improving the recovery of phenolic compounds from spent coffee grounds (SCG) by environmentally friendly extraction techniques // Molecules. 2021. Vol. 26, Article No 613. <https://doi.org/10.3390/molecules26030613>
11. Sukmanov, V., Suprun, A. Extraction of biologically active substances from onion peel with the subcritical water in a static mode // Journal of Chemistry and Technologies. 2021. Vol. 29, No 2, P. 265–278. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i2.225749>
12. Sukmanov, V., Kovalchuk, O. Influence of extraction parameters on the properties of subcritical water extracts of soybean meal // Journal of Chemistry and Technologies. 2023. Vol. 31, No 1, P. 72–81. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v31i1.274376>
13. Sukmanov, V., Ukrainets, A., Zavalov, V., & Marynin, A. Research of extraction of biologically active substances from grape pomace by the subcritical water // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2017. Vol. 5, No 11(89), P. 70–80. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108992>

14. Ainsworth EA, Gillespie KM. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent // Nat Protoc. 2007. Vol. 2, P. 875-877. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.102>

15. Price ML, Butler LG. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain // J Agric Food Chem. 1977. Vol. 25, No 6, P. 1268-1273. <https://doi.org/10.1021/jf60214a034>

16. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Songklanakarin // J Sci Technol. 2004. Vol. 26, No 2, P. 211-219.

17. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay // Free Rad Biol Med. 1999. Vol. 26, No 9-10. P. 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)

18. Berker KI, Güçlü K, Tor İ, Demirata B, Apak R. Total antioxidant capacity assay using optimized ferricyanide/prussian blue method // Food Anal Methods. 2010. Vol. 3, P. 154-168. <https://doi.org/10.1007/s12161-009-9117-9>

19. AOAC. Official methods of analysis. 18th ed.; Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists. 2005.

20. Pfalzgraf A, Frigg M, Steinhart H. Alpha-Tocopherol contents and lipid oxidation in pork muscle and adipose tissue during storage // J Agric Food Chem. 1995. Vol. 43, No 5, P. 1339-1342. <https://doi.org/10.1021/jf00053a039>

21. Hernández B, Sáenz C, Alberdi C, Diñeiro JM. CIELAB color coordinates versus relative proportions of myoglobin redox forms in the description of fresh meat appearance // J Food Sci Technol. 2016. Vol. 53, P. 4159-4167. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2394-6>

22. Oswell NJ, Thippareddi H, Pegg RB. Practical use of natural antioxidants in meat products in the US: A review // Meat Sci. 2018. Vol. 145, P. 469-479. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.020>

23. Kim JH, Ahn DU, Eun JB, Moon SH. Antioxidant effect of extracts from the coffee residue in raw and cooked meat // Antioxidants. 2016. Vol. 5, No 3, Article No 21. <https://doi.org/10.3390/antiox5030021>

24. Schmidt MM, Kubota EH, Prestes RC, Mello RO, Rosa CS, Scapin G, Ferreira S. Development and evaluation of pork burger with added natural antioxidant based on extract of banana inflorescence (*Musa cavendishii*) // CyTA J Food. 2016. Vol. 14, No 2, P. 280-288. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1099118>

25. Hughes JM, Clarke FM, Purslow PP, Warner RD. Meat color is determined not only by chromatic heme pigments but also by the physical structure and achromatic light scattering properties of the muscle // Compr Rev Food Sci Food Saf. 2020. Vol. 19, No 1, P. 44-63. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12509>

26. Falowo AB, Fayemi PO, Muchenje V. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review // Food Res Int. 2014. Vol. 64, P. 171-181. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.022>

27. Sayas-Barberá E, Martín-Sánchez AM, Cherif S, Ben-Abda J, Pérez-Álvarez JÁ. Effect of date (*Phoenix dactylifera L.*) pits on the shelf life of beef burgers // Foods. 2020. Vol. 9, No 1, P. 102-116. <https://doi.org/10.3390/foods9010102>

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2026. Вип. 1 (39). ISSN: 2312-3990 (Print) 2519-2922 (Online)

28. Lin C, Toto C, Were L. Antioxidant effectiveness of ground roasted coffee in raw ground top round beef with added sodium chloride // LWT-Food Sci Technol. 2015. Vol. 60, No 1, P. 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.010>

Сукманов Валерій Олександрович, д-р техн. наук, проф., професор кафедри харчових технологій Полтавського державного аграрного університету, Sukmanovvaleri@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1248-4068

Sukmanov Valerii, Doctor of Sciences, Professor. Professor of the Department of Food Technologies, Poltava State Agrarian University, Sukmanovvaleri@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1248-4068

Будник Ніна Василівна, канд. техн. наук, доц., завідувач кафедри харчових технологій Полтавського державного аграрного університету, nina0976@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2176-0650

Budnyk Nina, Associate Professor. Associate Professor of the Department of Food Technologies, Poltava State Agrarian University, nina0976@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2176-0650

Кайнаш Алла Петрівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри харчових технологій Полтавського державного аграрного університету, alla.kainash@pdau.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2830-2580

Kainash Alla, Associate Professor. Associate Professor of the Department of Food Technologies, Poltava State Agrarian University, alla.kainash@pdau.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2830-2580

Галенко Олег Олександрович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри технологій м'яса і м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій, galen@i.ua, ORCID: 0000-0002-0350-3338

Galenko Oleg, PhD, Associate Professor of the Department of Meat and Meat Products Technology, National University of Food Technologies, galen@i.ua, ORCID: 0000-0002-0350-3338

Корсун Анна Ярославівна, аспірантка кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій, ada_aurantica@ukr.net, ORCID: 0009-0001-8662-1734

Korsun Anna, PhD student of the Department of Technology of Meat and Meat Products National University of Food Technologies, ada_aurantica@ukr.net, ORCID: 0009-0001-8662-1734

Отримано: 03.04.2026. Прийнято: 23.04.2026. Опубліковано: 18.05.2026.