

УДК 640.4:001.895:663.93

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2025.80>

ВИКОРИСТАННЯ КАВОВОЇ ГУЩІ У ТЕХНОЛОГІЯХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Валерій Олександрович Сукманов

доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0003-1248-4068>

Полтавський державний аграрний університет

36003, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна

Олексій Миколайович Комар

кандидат юридичних наук

<https://orcid.org/0009-0002-3231-1439>

ТОВ «Фудтемплум»

02147, Русанівська наб., 12, офіс 138, м. Київ, Україна

Олександр Валерійович Сукманов

<https://orcid.org/0009-0001-6988-4698>

ТОВ «Фудтемплум»

02147, Русанівська наб., 12, офіс 138, м. Київ, Україна

Ірина Анатоліївна Ліхолін

викладач

<https://orcid.org/0009-0002-3828-6799>

Відокремлений структурний підрозділ «Полтавський фаховий коледж Національного університету харчових технологій»

36039, вул. Юліана Матвійчука, 56, м. Полтава, Україна

Анотація. Відпрацьована кавова гуща (Spent coffee grounds – SCG) у всьому світі утворюються щорічно в обсязі близько 6×10^6 т. На кожний 1 г меленої кави припадає 0,91 г SCG, 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.

Мета дослідження – аналіз та узагальнення інформації про SCG в технологіях продуктів функціонального призначення та вплив на здоров'я людини. Методи дослідження: аналітичні та стандартні загальноприйняті: монографічний, аналіз та синтез, класифікаційний.

SCG є ефективною харчовою добавкою в хлібобулочних виробках, печиві, тортах, мюслі, приправах для барбекю, десертах та у виробництві напоїв.

Серед основних сполук SCG є хлорогенова кислота (CGA) (профілактики хронічних метаболічних захворювань; регулювання артеріального тиску та серцево-судинної системи; підвищення рівня глюкози при порушенні толерантності до глюкози; зниження маси тіла; зменшення накопичення жиру в печінці та зниження рівня ліпідів у крові; зменшення кількості вісцерального жиру; кофеїн (покращення когнітивного здоров'я, покращення результатів при вікових когнітивних порушеннях; покращення пам'яті і когнітивних здібностей; тригонелін (покращення специфічної функції нейронів; поліпшення пам'яті у пацієнтів із хворобою Альцгеймера; уповільнення окислювального стресу і запалення в головному мозку); меланоїдини (антиоксидантна активність; антибактеріальна активність; активація інших генопротекторних механізмів; ферментація кишкових бактерій, активація антиоксидантних шляхів та модуляція популяції кишкових бактерій); кафестол та кахвеол (здатність пригнічувати активність, міграцію та проліферацію ракових клітин).

Таким чином, використання SCG у технологіях харчових продуктів дозволяє виробляти продукти функціонального призначення з певними позитивними терапевтичними ефектами та сприяє покращенню здоров'я людини.

Ключові слова: біологічно активні сполуки, терапевтичні ефекти, лікувально-профілактичний вплив, система життєзабезпечення людини, харчова цінність

УДК 640.4:001.895:663.93

<https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2025.80>

USE OF SPENT COFFEE GROUNDS IN THE TECHNOLOGIES OF FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS AND ITS EFFECT ON HUMAN HEALTH

Valerii Sukmanov

doctor of technical sciences, professor

<https://orcid.org/0000-0003-1248-4068>

Poltava State Agrarian University

36003, 1/3 Skovorody St., Poltava, Ukraine

Oleksii Komar

PhD

<https://orcid.org/0009-0002-3231-1439>

LLC «Foodtemplum»

02147, 12 Rusanivska q., office 138, Kyiv, Ukraine

Oleksandr Sukmanov

LLC «Foodtemplum»

<https://orcid.org/0009-0001-6988-4698>

02147, 12 Rusanivska q., office 138, Kyiv, Ukraine

Iryna Likhonip

teacher

<https://orcid.org/0009-0002-3828-6799>

Separate structural unit "Poltava Professional College of the National University of Food Technologies"

36039, 56 Yuliana Matviychuk St., Poltava, Ukraine

Abstract. Spent coffee grounds (SCG) are generated worldwide annually in an amount of about 6×10^6 tons. For every 1 g of ground coffee, there are 0.91 g of SCG, which contain a large number of biologically active compounds and have great potential for widespread use in functional food technologies and potential benefits for human health.

The purpose of the study is to analyze and summarize information about SCG in functional food technologies and the impact on human health. Research methods: analytical and standard generally accepted: monographic, analysis and synthesis, classification.

SCG is an effective food additive in bakery products, cookies, cakes, muesli, barbecue seasonings and desserts. in the production of beverages.

Among the main compounds of SCG are chlorogenic acid (CGA) (prevention of chronic metabolic diseases; regulation of blood pressure and cardiovascular system; increase in glucose levels in impaired glucose tolerance; reduction of body weight; reduction of fat accumulation in the liver and reduction of lipid levels in the blood; reduction of visceral fat); caffeine (improvement of cognitive health, improvement of outcomes in age-related cognitive impairment; improvement of memory and cognitive abilities; trigonelline (improvement of specific neuronal function; improvement of memory in patients with Alzheimer's disease; slowing down of oxidative stress and inflammation in the brain); melanoidins (antioxidant activity; antibacterial activity; activation of other genoprotective mechanisms; fermentation of intestinal bacteria, activation of antioxidant pathways and modulation of the population of intestinal

bacteria); *cafestol and kahweol* (ability to inhibit the activity, migration and proliferation of cancer cells cells).

Thus, the use of SCG in food technology allows the production of functional products with certain positive therapeutic effects and contributes to the improvement of human health.

Keywords: *biologically active compounds, therapeutic effects, therapeutic effects, therapeutic and prophylactic effects, human life support system, nutritional value*

ВСТУП. З 1600-х років кави, яку вирощують приблизно у 80 країнах, поступово стала одним з найпопулярніших напоїв у світі, поступаючись, як товар, тільки нафті (Murthy & Madhava Naidu, 2012), з величезним виробництвом і продажами по всьому світу. Згідно з останніми статистичними даними Міжнародної організації кави у 2025 році (Coffee Market Report March 2025 ICO, 2024), світове споживання кави перевищило 198,39 млн мішків по 60 кг.

Україна знаходиться на 25 місці у світі за обсягом споживання кави. У цілому в 2021 році обсяг ринку натуральної та розчинної кави в Україні склав 75000 тонн, валове споживання становило 3,3% від світового, а імпорт склав 1379 тисяч мішків. Станом на 2020 рік середньостатистичний українець споживає 3 кг меленої кави на рік та 100 чашок кави поза домом, що є найменшим показником у Європі. Втім, за даними Pro Consulting, Україна показує один з найвищих темпів зростання споживання натуральної зернової кави серед країн ЄС (Pro-Consulting, 2023).

Під час обробки та заварювання кави утворюється значна кількість залишків. Відпрацьована кавова гуща (Spent coffee grounds - SCG) є твердими відходами, які являють собою залишок, отриманий у процесі заварювання кави, і у всьому світі SCG утворюються щорічно в обсязі близько 6×10^6 т. (Uyory Cho, 2025). На кожний 1 г меленої кави припадає 0,91 г залишків у вигляді SCG (Tan et al. 2020; Barrios et al., 2022). Масове утворення харчових відходів стає глобальною проблемою, та посилює актуальність тези «Відходи як ресурс». Крім того, зростає турбота про навколишнє середовище, що спонукає промисловість виробляти більше екологічно чистих та натуральних продуктів. SCG 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 (Nan Zhao, et al., 2024).

SCG, отримана під час процесу заварювання (Sukmanov et al., 2024) 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 (жирних кислот, лігніну, целюлози, геміцелюлози та інших полісахаридів), які можна використовувати як у технологіях продуктів з доданою вартістю.

На сьогодні SCG використовується у агрономія та компостуванні, ферментація, біоремедіація, біоенергетиці, виробництві разового посуду, косметичі. Але, враховуючи властивості SCG, слід констатувати, що цей вторинний продукт має великий потенціал для широкого застосування та сталого розвитку багатьох галузей харчової промисловості, та впершу чергу, в технологіях продуктів функціонального призначення.

Враховуючи вищенаведену інформацію, дослідження, спрямовані на аналіз та узагальнення наукової інформації про потенціал використання SCG в технологіях продуктів функціонального призначення та вплив на здоров'я людини; узагальнення інформації про терапевтичні ефекти окремих складових SCG та формулювання пропозицій щодо подальшого використання SCG в технологіях продуктів функціонального призначення є актуальними.

Аналіз останніх публікацій. Більшість досліджень SCG присвячені в основному щодо їх антиоксидантної активності (Sukmanov et al., 2024; Esquivel & Jiménez, 2012). Ці антиоксиданти пов'язані з користю для здоров'я (Campos-Vega et al., 2015, Adriana S. et al., 2022). Але SCG містить значну кількість біологічно активних речовин, і SCG слід розглядати як ефективний інгредієнт при розробці функціональних продуктів харчування, які суттєво впливають на здоров'я людини.

На сьогодні нам невідомі наукові публікації, в яких проведено комплексний аналіз та узагальнення інформації про терапевтичний вплив окремих складових SCG на здоров'я людини.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – аналіз та узагальнення наукової інформації про використання кавової гущі в технологіях продуктів функціонального призначення та вплив на здоров'я людини; терапевтичні ефекти окремих складових SCG; формулювання пропозицій щодо подальшого використання SCG в технологіях продуктів функціонального призначення.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ. Методологія дослідження полягала у формуванні спектру термінів, що описують досліджувану проблему та критеріїв відбору джерел інформації.

Методи дослідження: аналітичні та стандартні загальноприйняті: монографічний, аналіз та синтез, класифікаційний, електронний пошук інформації.

Об'єктом дослідження є питання використання SCG у технологіях функціональних продуктів харчування та її вплив на здоров'я людини.

Предметом дослідження є SCG, сполуки, функціональні продукти харчування, терапевтичні ефекти, здоров'я людини.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в узагальненні інформації, класифікації взаємозв'язків та визначенні особливостей вплив окремих складових SCG на здоров'я людини та перспектив використання SCG в технологіях продуктів функціонального призначення.

Інформаційна база дослідження. При проведенні дослідження було використано інформацію, представлену в базах даних Scopus, Web of Science Core Collection, PubMed і Google Scholar. У процесі пошуку було виявлено 189 статей. Після ретельного аналізу їх зміст було відібрано 115, які було використано у подальшому дослідженні.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ. Під час розробки інноваційних технологій продуктів функціонального призначення з використання SCG або борошна з неї, перш за все слід оцінити потенційну користь SCG для здоров'я людини (Bevilacqua, E. et al., 2023).

Першим кроком у створенні доданої вартості складної суміші, такої як SCG, є розуміння сполук, присутніх у суміші, включаючи хімічні зміни у процесі обсмажування. За визначенням, сполуки, присутні в SCG з обсмаженого кавового порошку, є сполуками, які не були екстраговані під час виробництва напою. Низькомолекулярні біологічно активні сполуки, що екстрагуються в каву як напій, включають кофеїн, хлорогенові кислоти (CGA), тригонеллін, алкалоїди триптофану та дитерпени, такі як кафестол і кахвеол (Hu, G.L. et al., 2019). Крім того, кава як напій, виготовлений за допомогою процесів гарячого заварювання, містить близько 1000 летких органічних сполук, які варіюються в залежності від умов вирощування та післязбиральних умов (Wang, X. et al., 2022). Кава холодного заварювання відрізняється від кави гарячого заварювання кількістю сполук, що витягуються під час заварювання, а не присутніми сполуками (Claassen L. et al., 2021; Moreira A.S. et al., 2012). Обсмаження призводить до утворення меланоїдинів з неферментативної реакції Майяра, які становлять близько 13–25% сухої маси обсмаженого кавового порошку (Moreira A.S. et al., 2012; Iriondo-De Hond A. et al., 2021). Хімічна структура багатьох меланоїдинів відома лише частково, але ці сполуки включають полісахариди, такі як галактоманнани та арабіногалактани, денатуровані білки та хлорогенову кислоту (CGA) (Moreira, A.S. et al., 2012). Після обсмажування кавовий порошок також містить вуглеводи (38–42%), білки (8–14%), фенольні сполуки (3–4%), ліпіди (11–17%), мінеральні речовини (5%), жирні кислоти (3 %), кофеїн (1–2%) та тригонеллін (1%) (Wang X. et al., 2022). До продуктів розкладання при обсмажуванні належать канцероген, акриламід. Запропоновано практичні рішення щодо зниження утворення акриламідів (Schouten M.A. et al., 2020). SCG, що залишається після виробництва кави гарячого заварювання, включає вуглеводи, такі як 8–15% целюлози та 30–40% геміцелюлози, 20–30% лігнінів, 7–21% ліпідів та мінералів та 13–17% білків, а також фенольні сполуки (12 мг/г), кофеїн (14,5 мкг/г) та хлорогенову кислоту CGA (31,8 мкг/г) (Vomfim A.S. et al., 2022).

При заварюванні кави має місце часткова екстракція складових, так що неекстраговані сполуки залишаються в залишковій біомасі. Це можливе пояснення вищого вмісту білка в SCG порівняно з кавовими зернами.

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 і хлорогенову кислоту (CGA), що залишаються в SCG, буде залежати від методу екстракції, який використовується при виробництві напою. Основні сполуки в каві, які екстрагуються за допомогою процесів гарячого або холодного заварювання, включають кофеїн, хлорогенову кислоту (CGA), тригонеллін і дитерпени кахвеол і кафестол (Wang X. et al., 2022; Olechno E. et al., 2021; Fuller M. & Rao, N. Z., 2017; Angeloni G. et al., 2019). Процеси гарячого заварювання кави ефіопської арабіки показали найвищі концентрації кофеїну та хлорогенової кислоти (CGA) у каві еспресо, до 3-6 разів вище, ніж у каві моку та фільтрованій каві (Angeloni G. et al., 2019). Найбільш ефективні методи еспресо використовували 14 г дрібнодисперсного порошку та екстракцію протягом однієї хвилини при температурі 93 °C та тиску 9 бар (Angeloni G. et al., 2019). Найвища екстракція кофеїну з суміші 95% робусти і 5% арабіки була в еспресо-машині з використанням 7,5 г порошку і 25 мл води при температурі 92 °C і тиск 7 бар (Olechno E., 2021). На відміну від кави гарячого заварювання, екстракція кави холодного заварювання є низькотемпературним процесом тривалого контакту, з різними описаними процедурами екстракції кави арабіка середньої обсмажування в різних умовах, такими як використання 50-100 г порошку/л при 8 °C протягом 24 годин або 25 г порошку/л протягом 282 хв при 20 °C (Olechno E., 2021). Екстракція кофеїну та CGA за допомогою процедур холодного заварювання за кімнатної температури досягала стабільного стану приблизно через 400 хв. Крім того, вміст кофеїну та хлорогенової кислоти (CGA) на чашку було вищим у процесах холодного заварювання, ніж у гарячій каві еспресо (Angeloni G. et al., 2019).

Використання SCG, у промисловості є темою досліджень у всьому світі (Dattatraya Saratale et al., 2020). На сьогодні, SCG успішно використовується як стійка, економічно ефективна і здорова харчова добавка в хлібобулочних виробках, мюслі, стравах, приготованих на повільному вогні, приправах для барбекю і десертів (Martinez-Saez N. et al., 2017; Klingel T. et al., 2020; Gaston S., 2021; Castaldo L. et al., 2021; Pourfarzad A. et al., 2013). Виробництво харчових добавок є галуззю, що зростає, оборот якої наближається до 45 мільярдів доларів США на рік (Gaille B., 2018). SCG використовуються при приготуванні хлібобулочних виробів, таких як печиво та торти, а також у виробництві напоїв, у тому числі алкогольних напоїв (Franca A.S. & Oliveira L.S., 2022). Печиво, приготовлене з використанням SCG, показало наявність кофеїну, фенольних кислот та поліфенолів, таких як хлорогенова кислота (CGA) (Castaldo L. et al., 2021). 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 (Rojas-González A. et al., 2022). Підвищена увага до використання SCG як харчової добавки допоможе забезпечити стійкі економічні можливості для фермерів, які вирощують каву, та знизити негативний вплив на навколишнє середовище (Franca A.S. & Oliveira L.S., 2022; Arya S.S. et al., 2022).

Оскільки SCG 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 SCG використовувався ряд методів екстракції (Okur I. et al., 2021; Bouhlal F. et al., 2020). Деякі з цих методів включають традиційну екстракцію розчинником, екстракцію за допомогою високого гідростатичного тиску, ультразвукову екстракцію та мікрохвильову екстракцію (Okur I. et al., 2021; Bouhlal F. et al., 2020; Coelho J.P. et al., 2021; Al-Dhabi N.A. et al., 2017). Крім того, методи екстракції також були вивчені для кавової олії, яка є багатим джерелом жирних кислот та кофеїну (Leow Y. et al., 2021; Jin Cho E. et al., 2022). SCG після екстракції кавової олії може бути використаний для екстракції галактоманнану, дитерпенів та маннози (Jin Cho E. et al., 2022).

Присутність вітамінів B1 (тіамін), B3 (ніацин, PP, ніацинамід), B2 (рибофлавін), B5 (пантотенова кислота) та B9 (фолієва кислота) підвищує харчову цінність SCG як інгредієнта у технологіях харчових продуктів функціонального призначення.

Активне поширення використання SCG у технологіях харчових продуктів призводить до необхідності більш ретельного вивчення терапевтичних ефектів використання даного інгредієнта та його впливу на здоров'я людини.

Незважаючи на те, що існує відносно мало досліджень, що описують фізіологічні ефекти SCG, вони припускають, що прийом SCG може покращити здоров'я та є безпечним. Так, модуляція мікробіоти кишківника SCG в процесі гарячого заварювання, ймовірно, меланоїдинами, знижувала масу тіла, абдомінальну жирову масу, систолічний артеріальний тиск і тригліцериди плазми, покращувала толерантність до глюкози і покращувала структуру серця і печінки в щурі (Bhandarkar, N.S. et al., 2020). Кава та SCG були пов'язані зі змінами в мікробіоті кишківника, включаючи збільшення *Bifidobacterium* та зниження *Clostridium* та *Escherichia coli* (Jaquet M., et al., 2009; Nakayama T. & Oishi, K., 2013; Nehlig A. 2022; Nehlig A. et al., 2020; Pérez-Burillo S. et al., 2019). Крім того, вживання SCG показало пребіотичні ефекти на основі неполісахаридів у дослідженні *in vitro* шляхом селективного зростання фекальної мікробіоти людини (Mills C.E. et al., 2015). Ці корисні зміни можуть допомогти покращити профіль коротколанцюгових жирних кислот, що виробляються мікробіотою кишечника, і, отже, покращити їх склад та функцію.

У роботі (González de Cosío-Barrón et al., 2020) було показано позитивний вплив на показники мікробної активності товстої кишки людини (біодоступність меланоїдинів тісно корелює з антиоксидантною здатністю, SCG знижує змінену активність деяких ферментів товстої кишки та активність β -глюкуронідази та β -глюкозидази в товстій кишці (Рис. 1).

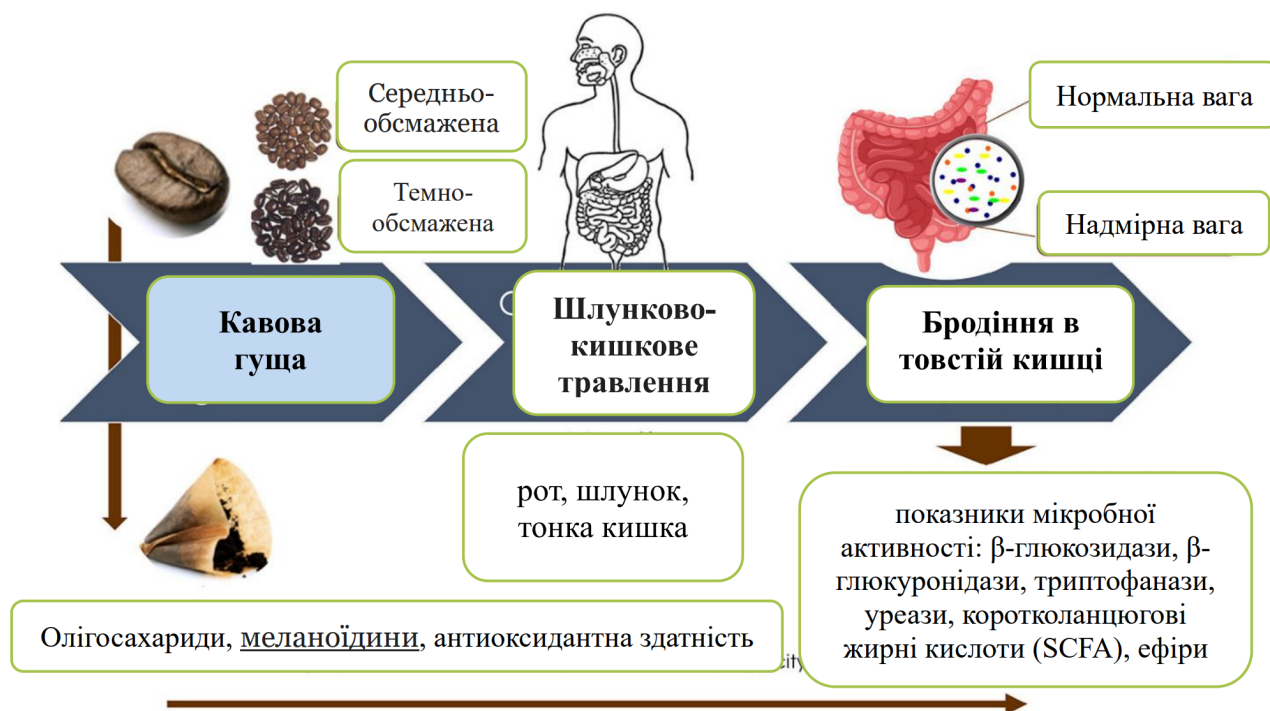


Рисунок 1. Вплив SCG на показники мікробної активності товстої кишки людини

SCG (середнього та темного обсмаження) піддали шлунково-кишковому перетравленню *in vitro* з подальшою ферментацією в товстій кишці з використанням двох мікробіотних спільнот (з нормальною та надмірною вагою). Захисний ефект SCG на товсту кишку *in vitro* оцінювали за активністю ферментів товстої кишки (β -глюкозидази, β -глюкуронідази, триптофанази та уреази). Було показано, що меланоїдини мали високу кореляцію з антиоксидантною здатністю, тоді як рафіноза була виявлена лише під час фази товстої кишки, що свідчить про використання SCG як субстрату для мікробіоти людини. Екстракт, отриманий в результаті ферментації товстої кишки з SCG, пригнічував активність ферментів (до 80%) зі швидкістю, подібною або навіть вищою, ніж інулін (використовуваний як позитивний контроль під час ферментації товстої кишки).

Отже, було доведено переваги використання SCG як функціонального харчового інгредієнта.

Пілотні дослідження на людях показали, що споживання печива, збагаченого SCG, що містить пребіотики, сприяло короткочасному насиченню та зниженню загального споживання енергії навіть без інших змін способу життя (Campos-Vega R. et al., 2020). Дослідження вживання SCG на людях включали рандомізоване контрольне дослідження в одній сліпій паралельній групі та пілотне перехресне рандомізоване одинарне сліпе контрольне дослідження. В обох дослідженнях спостерігалися найкращі результати, коли учасники приймали екстракт антиоксидантної клітковини SCG. Проте вживання SCG (загалом) також показало позитивні ефекти проти плацебо (Campos-Vega R. et al., 2020; Oseguera-Castro K.Y. et al., 2019). Дослідження *in vitro* показало, що пребіотична клітковина SCG збільшує вироблення коротколанцюгових жирних кислот, що призводить до модуляції мікробіоти кишечника (López-Barrera D.M. et al., 2016). Клінічне дослідження на людях, що вивчало хронотип та циркадну локомоторну активність у молодих людей, показало, що споживання антиоксидантної клітковини з SCG покращує якість та тривалість сну, пов'язане з підвищеною ферментацією в товстій кишці та коротколанцюжковими жирними кислотами (Oseguera-Castro K.Y. et al., 2019). Крім того, включення SCG з безглютеновим борошном (рисом) у печиво покращило органолептичну прийнятність, з більш високою поживною цінністю як джерело клітковини та поліфенолів (Oliveira Batista J. et al., 2022). Таким чином SCG має потенційну користь для здоров'я (надлишня вага, діабет, серцево-судинні захворювання, рак, захворювання кішківника, хвороби печінки), засновану на існуючих експериментальних даних про SCG.

Дослідження впливу деяких біологічно активних сполук, виявлених у складі SCG, для здоров'я людини проводилися протягом більше 20 років, представляючи докази терапевтичних ефектів вживання SCG (Ramón-Gonçalves M. et al., 2019; Angeloni S. et al., 2020). Користь для здоров'я, пов'язана із споживанням цих сполук, безпосередньо пов'язана з дозою та частотою, а також із джерелом сполук (наприклад, ізольована чиста сполука порівняно із сполукою у формі кави). Хлорогенова кислота (CGA) - поширений поліфенол, що міститься у рослинній їжі. Кава є основним джерелом CGA для людини, її кількість варіюється від 0,5-6 г до 100 г сухої кави до процесу заварювання. Хлорогенова кислота (CGA) також є у складі SCG, і попередні експерименти з використанням SCG вказують на активність цих сполук (Ramón-Gonçalves M. et al., 2019; Angeloni S. et al., 2020).

При отриманні з кави, хлорогенова кислота (CGA) впливає на здоров'я серцево-судинної системи, метаболізм глюкози та ожиріння (Fuller M. & Rao N.Z., 2017; Kozuma K. et al., 2005; Lara-Guzmán O. J. et al., 2021; Suzuki A. et al., 2019; Narita Y. et al., 2019; Zhong Y. et al., 2020; Tajik N., et al., 2017; Kong L. et al., 2021; Pimpley V. et al., 2020). Загалом основними діями, пов'язаними з хлорогеновою кислотою (CGA), є антиоксидантна та протизапальна.

Вплив на здоров'я серцево-судинної системи включає потенційну користь у регулюванні артеріального тиску, функції ендотелію та дисліпідемії (Fuller M. & Rao N.Z., 2017; Kozuma K. et al., 2005; Lara-Guzmán O.J. et al., 2021; Suzuki A. et al., 2019). Специфічні механізми дії, за допомогою яких хлорогенова кислота (CGA) може безпосередньо впливати на артеріальний тиск і функцію ендотелію, включають збільшення біодоступності оксиду азоту (NO) за рахунок інгібування активних форм кисню (АФК), НАДФН-оксидази та генерації супероксид-аніонів (Suzuki A. et al., 2019). Інші механізми дії для покращення серцево-судинних факторів ризику, таких як дисліпідемія, включають підвищене поглинання жирних кислот у печінці та зниження холестерину ліпопротеїнів низької щільності в плазмі крові як у дослідженнях на тваринах, так і в пілотних дослідженнях на людях (Suzuki A. et al., 2019; Wan C.W et al., 2019).

Вплив хлорогенової кислоти (CGA) на метаболізм глюкози може забезпечити альтернативний та неінвазивний підхід до лікування та профілактики хронічних метаболічних захворювань, таких як цукровий діабет 2 типу (Tajik N. et al., 2017). Хлорогенова кислота (CGA) знижувала концентрацію глюкози в крові натще у пацієнтів з порушенням толерантності до глюкози при різних дозах та тривалості лікування (Zuñiga L.Y. et al., 2018; Roshan H. et al., 2018) та може діяти аналогічно метформіну, одному з найчастіше призначених фармацевтичних препаратів для лікування діабету 2 типу, як сенсibilізатор інсуліну (McCarty M.F. et al., 2005). Механізми дії хлорогенової кислоти (CGA) щодо сприяння метаболізму глюкози включають поліпшення

всмоктування глюкози в кишечнику та адипоцитах, потенційне зниження концентрації глюкози в плазмі, а також вплив на глікемічну дію продуктів харчування та вивільнення вуглеводно-специфічних травних ферментів (Roshan H. et al., 2018).

Хлорогенова кислота (CGA) знижувала ожиріння, інгібувала ферментативну дію ліпази *in vivo* та запобігала абсорбції ліпідів (Narita Y. et al., 2019; Zhong Y. et al., 2020; Kong L., et al., 2021; Pimpley V. et al., 2020). У щурів хлорогенова кислота (CGA) покращувала масу тіла, накопичення вісцерального жиру та функцію печінки, а також зменшувала інфільтрацію запальних клітин у щурів з ожирінням та гіпертонією, яких годували дієтою з високим вмістом жирів та вуглеводів (Bhandarkar N.S. et al., 2019). При дослідженнях на людей повідомлялося про зниження маси тіла та більшості маркерів, пов'язаних з ожирінням, метаболізмом глюкози та ліпідів (Pimpley V. et al., 2020).

Кофеїн широко відомий своїми м'якими стимулюючими ефектами, тимчасовим припливом енергії, іноді - змінами настрою (Cappelletti S. et al., 2015). Всмоктування кофеїну відбувається через 30-45 хвилин після вживання, і на підвищення концентрації кофеїну у крові може знадобитися до двох годин. Кофеїн в основному споживається у вигляді кави, в середньому подвійний порція кави містить близько 150 мг (Cappelletti S. et al., 2015; van Dam et al., 2020), SCG також містить кофеїну (від 2 до 5 мг/100 сухої маси SCG) (Angeloni S. et al., 2020).

Як і хлорогенова кислота (CGA), кофеїн впливає на здоров'я серцево-судинної системи. Характер впливу кофеїну на здоров'я серцево-судинної системи залежить від таких факторів, як доза, час прийому, коливання абсорбції та метаболізм печінки (Echeverri D. et al., 2010). Механізми дії, при яких кофеїн впливає на серцево-судинну систему, можуть включати зниження цитоплазматичних концентрацій кальцію в клітинах гладком'язових судин за рахунок циклічного аденозинмонофосфату і його збільшення в ендотеліальних клітинах, що сприяють ендогенному синтезу NO (Echeverri D. et al., 2010). Основним серцево-судинним ефектом кофеїну є підвищення концентрації NO, отже, розширення судин.

Вплив кофеїну на нервову систему широко вивчений. Один з механізмів дії, при якому кофеїн впливає на мозок, полягає в антагонізації аденозинових рецепторів, збільшуючи вивільнення збудливих нейротрансмітерів, таких як глутамат та норадреналін (Sharma K. et al., 2022). Кофеїн потенційно покращує когнітивні симптоми та має захисні характеристики при нейродегенеративних захворюваннях, таких як хвороба Паркінсона (Sharma K. et al., 2022; Munoz D.G. & Fujioka S. 2018; Ren X. & Chen, J.F., 2020).

Широко поширеною проблемою кофеїну є потенційні негативні ефекти у людей із існуючими серцево-судинними захворюваннями (Zulli A. et al., 2016). Тим не менш, споживання до шести чашок кави з кофеїном на день не було пов'язане з підвищеним ризиком серцево-судинних наслідків, навіть у тих, хто має в анамнезі гіпертонію та інші серцево-судинні захворювання (van Dam et al., 2020). Крім того, мета-аналіз показав, що ті, хто споживає від трьох до п'яти чашок кави з кофеїном на день, мають нижчу захворюваність на ішемічну хворобу серця, інсульт і смерть від серцево-судинних причин (Ding M. et al., 2014). Тим не менш, тривале або надмірне споживання кофеїну може спричинити залежність, безсоння, мігрень та інші побічні ефекти (Saimaiti A. et al., 2022).

Тригонеллін являє собою піридинову алкалоїдну сполуку та продукт метилювання вітаміну В3, ніацин, міститься в рослинних продуктах, таких як ячмінь, дині, кукурудза, цибуля, соєві боби, помідори, горох, насіння пажитника, кава та SCG (Mohamadi N. et al., 2018). Об'єм завареної кави об'ємом 250 мл забезпечує 27 мг тригонеліну (Belayneh A. & Molla, F. 2020). Більш високі концентрації тригонелліну виявляються в зелених кавових зернах виду *C. arabica*, а тригонеллін перетворюється на N-метилпіридиній та нікотинову кислоту під час обсмажування (Garg R.C. 2016).

У нервовій системі тригонеллін покращує функцію певних нейронів, інколи ж і здатність до регенерації певних нейронів. Таким чином, це можливе втручання при нейровегетативних захворюваннях, які нині невиліковні (Farid M.M. et al., 2020; Socała K. et al., 2020). Накопичення β -амілоїдного пептиду є поширеним фактором ризику та причиною хвороби Альцгеймера. Подібність тригонелліну з котинином, препаратом проти хвороби Альцгеймера, підштовхнула до досліджень, в яких перевірялося, чи тригонеллін має спорідненість до взаємодії з пептидом β -амілоїду, і результати були багатообіцяючими. Тригонеллін був ефективний у придушенні окислювального стресу,

активності астроцитів та запалення для запобігання втраті нейронів у гіпокампі для полегшення хвороби Альцгеймера у мишей. Позитивні результати можуть бути обумовлені вищими концентраціями нейротрофічного фактора головного мозку, зниженням окислювального стресу та зниженням концентрації фактора некрозу пухлини α , інтерлейкіну 6 та ацетилхолінестерази (Chowdhury A.A. et al., 2018). Недавнє всебічне дослідження на тваринах підтвердило, що тригонеллін відновлює функцію пам'яті в мишачій моделі хвороби Альцгеймера (Farid M.M. et al., 2020). Протиальцгеймерівські ефекти тригонеліну в цьому дослідженні були підтверджені реконструкцією нейронних мереж після пошкодження головного мозку.

Кафестол та кахвеол є основними дитерпенами, і їх вміст становить близько 15% від загальної кількості ліпідів у каві (Oestreich-Janzen S. 2010). Кахвеол в основному міститься в бобах *C. arabica*, тоді як складний ефір 16-О-метилкафестола зустрічається в основному *C. robusta* (Finotello C. et al., 2017). Тим не менш, кафестол зустрічається як у *C. arabica*, так і у *C. robusta* (Gunning Y. et al., 2018). Споживання кави асоціювалося з підвищеною концентрацією холестерину в сироватці крові через присутність ефірів кафестолу та кахвеолу. Дитерпени витягуються з кави в процесі заварювання, а при фільтрації кави дитерпени видаляються практично повністю. У SCG наявність цих сполук також залежатиме від способу приготування.

Є мало даних про біодоступність та фармакокінетику кафестолу та кахвеолу, особливо при захворюваннях, причому більшість даних отримано від здорових людей. За оцінками, 30% кафестолу розщеплюється у шлунку шлунковим соком, інші 70% всмоктуються в дванадцятипалій кишці зі швидкістю 84–93%. Кахвеол має аналогічну швидкість всмоктування та всмоктується у тонкому кишечнику з вищою швидкістю 91–95% (De Roos B. et al., 1998).

Більшість доказів користі цих сполук для здоров'я пов'язані з їхньою здатністю пригнічувати активність, міграцію та проліферацію ракових клітин. Кахвеол ацетат і кафестол пригнічували проліферацію та міграцію клітин раку передміхурової залози, тоді як інші сполуки кави не показали такого ж ефекту (Iwamoto H. et al., 2019). Синергічні ефекти обох сполук можуть дозволити більш низьким концентраціям цих сполук бути ефективними при інгібуванні прогресування раку передміхурової залози. Ці результати можуть бути важливими для тих, хто споживає нефільтровану каву, оскільки концентрація дитерпенів в такому напої набагато вища, ніж у фільтрованій каві.

Антиангіогенезна активність кафестолу та кахвеолу була опублікована в експериментах *in vitro* та захисні ефекти при проліферації та міграції раку в ендотеліальних клітинах. Ангіогенез відіграє важливу роль у проліферації та міграції ракових клітин (Okubo Y. et al., 2016).

Інші корисні властивості кафестолу та кахвеолу включають протидіабетичну та протизапальну активність (Ren Y. et al., 2019). Ці сполуки виявляють антидіабетичну дію, збільшуючи секрецію інсуліну та поглинання глюкози скелетними м'язами, а також активацію АМФ-активованої протеїнкінази, яка імітує дію метформіну. Обидві сполуки показали здатність інгібувати медіатори запалення, такі як простагландин E2 та синтез NO у ліпополісахарид-активованих макрофагах, що вказує на їх протизапальну активність (Mellbye F.B. et al., 2015).

Меланоїди являють собою азотовмісні полімери, що утворюються в ході неферментативної реакції потемніння Майяра, що робить ці сполуки маркером диференціації між зеленими та обсмаженими кавовими зернами, присутніми в кавових напоях та КГ. Меланоїдини не є унікальними для кави або SCG, оскільки інші продукти, такі як хліб, смажене какао та пиво, піддаються реакції Майяра під час підготовки з утворенням меланоїдинів (Wang H.-Y., et al., 2011). Гаряча кава, ймовірно, є основним джерелом меланоїдинів у раціоні людини. Концентрація меланоїдину в каві може змінюватись в обсмажених кавових зернах, становлячи близько 25% сухої ваги або трохи вище в процесі більш темної обсмажування і близько 29% у завареній каві (Bekedam E.K. et al., 2008). Меланоїди надають продуктам специфічні характеристики, такі як смак і коричневий колір (Moreira A.S. et al., 2012). Опублікована біологічна активність меланоїдинів включає антиоксидантну, антимікробну, здатність змінювати ферментативну активність ксенобіотиків, пребіотичну клітковину та антигіпертензивну дію (Wang H.-Y., et al., 2011).

У дослідженні (Pérez-Burillo S. et al., 2020) було зроблено висновок про те, що меланоїди з кави також піддаються незначному перетравленню у верхніх відділах шлунково-кишкового тракту.

Меланоїди можуть ферментуватися кишковими бактеріями і виробляти коротколанцюгові жирні кислоти, модулюючи бактеріальну популяцію. Ця ферментація також може вивільняти фенольні сполуки, які можуть бути поглинені, збільшуючи абсорбцію фенольних сполук з продуктів, що містять меланоїдини. Модуляція кишкових бактерій шляхом виробництва коротколанцюгових жирних кислот зменшувала симптоми метаболічних захворювань (Blaak E.E. et al., 2020).

Меланоїди надають продуктам специфічні характеристики, такі як смак і коричневий колір (Moreira A.S. et al., 2012). Опублікована біологічна активність меланоїдинів включає антиоксидантну, антимікробну, здатність змінювати ферментативну активність ксенобіотиків, пребіотичну клітковину та антигіпертензивну дію (Wang H.-Y., et al., 2011).

Потенційна антиоксидантна активність меланоїдинів на здоров'я людини була пов'язана із захистом від окисних ушкоджень і була тісно пов'язана зі ступенем обсмажування (Gómez-Ruiz J.Á. et al., 2008). Їх здатність пов'язувати небажані харчові метали також запобігає окислювальному пошкодженню. Високомолекулярні фракції кави здатні повністю інгібувати перекисне окислення ліпідів у мікросомах печінки щурів (Daglia M. et al., 2008). Тим не менш, після того, як ізольовані з'єднання були протестовані, вони не змогли відтворити захисну дію поодиноці, тому дві немеланоїдинові з'єднання можуть бути відповідальні за захисну дію. У різних методах *in vitro* продукти реакції Майяра, такі як меланоїдини, можуть мати антиоксидантні сполуки, аналогічні поліфенольним сполукам попередньої або легкої обсмажування, виявленим у каві проти окислення ліпопротеїнами людини низької щільності (Bekedam E.K. et al., 2008). Існують обмежені дані, опубліковані про антиоксидантні ефекти споживання кави *in vivo*, які не пов'язані безпосередньо з індивідуальним ефектом меланоїдинів, оскільки вони також містять поліфеноли в каві, такі як хлорогенова кислота (CGA). Антиоксидантні ефекти обсмаженої та завареної кави були в основному приписані меланоїдинам, оскільки інші антиоксидантні сполуки в каві зменшуються при нагріванні від процесів обсмажування та заварювання (Morales F.J. et al., 2012). Інші застосування меланоїдинів, що походять з продуктів, відмінних від кави, такі як антиоксидант і модулятор ферментів I і II фаз для детоксикації, були коротко описані в огляді, який може бути застосований до кави (Morales F.J. et al., 2012).

Незважаючи на те, що існують переконливі докази того, що ці сполуки отримані з кави, необхідні дослідження для аналізу кожної сполуки та їхньої біологічної активності при отриманні у складі SCG. Розуміння біологічних реакцій сполук, включаючи кофеїн, хлорогенову кислоту (CGA), тригонеллін, поліфеноли, меланоїдини та інші антиоксиданти, отримані з SCG, а не з кави (напою), може надати варіанти для перевірки терапевтичних переваг цих сполук. SCG може бути стійким ресурсом для біологічно активних сполук із встановленою користю для здоров'я, безпекою та ефективністю для споживання людиною (Angeloni S. et al., 2020). Тим не менш, SCG в даний час не використовуються повною мірою.

Заслуговує на увагу аналіз особливостей впливу на здоров'я людини білку SCG, який займає високе місце в основному розгалуженому ланцюзі амінокислот (BCAA) і має коефіцієнт Фішера (співвідношення сироваткових концентрацій амінокислот з розгалуженим бічним ланцюгом та ароматичних амінокислот), вищий, ніж у соєвому шроті або соєвому білку, що пов'язано насамперед з внеском лейцину та ізолейцину. Деякі білки SCG з низьким (<1%) вмістом ароматичних амінокислот має високий коефіцієнт Фішера, подібний до тих, які зазвичай отримують гідролізом і інтенсивним процесом очищення. Білки з високим BCAA, коефіцієнтом Фішера та низьким вмістом ароматичних амінокислот кислоти шукають для виробництва фізіологічно функціональних харчових продуктів для особливих потреб, наприклад, для пацієнтів із недоїданням, пов'язаним із раком, опіками, травмами та печінковою недостатністю, а також для підтримки харчування дітей із хронічними або гостра діарея або алергія на молочний білок. Білок із вищим коефіцієнтом Фішера (більше 20) і ароматичних амінокислот (AAA) менше 2% використовувалися для лікування пацієнтів з печінковою енцефалопатією (Udenigwe & Aluko, 2010); таким чином білок SCG може використовувати для створення харчових продуктів із кількома людьми користь для здоров'я під час захворювань печінки, окисного стресу та гіпертонія. Співвідношення лізин/аргінін, визначальний фактор холестеринемічності та атерогенні ефекти білка, є високим для білка SCG, що свідчить про те,

що він може сприяти до гіперхолестеринемічної та атерогенної фізіологічної дії. Білок SCG також є чудовим джерелом аргініну, глутамін і гістидин, три відомі амінокислоти сильно впливає на імунні функції організму.

Високий вміст цистеїну та метіоніну в SCG потенційно може підвищити рівень антиоксидантів в організмі стабілізації ДНК під час ділення клітин і зниження ризику деяких форм раку товстої кишки.

Таким чином можна констатувати, що вживання кавової гущі у харчуванні людини має комплексний позитивний терапевтичний ефект на функціонування практично на всіх важливих органів людини (рис. 2).

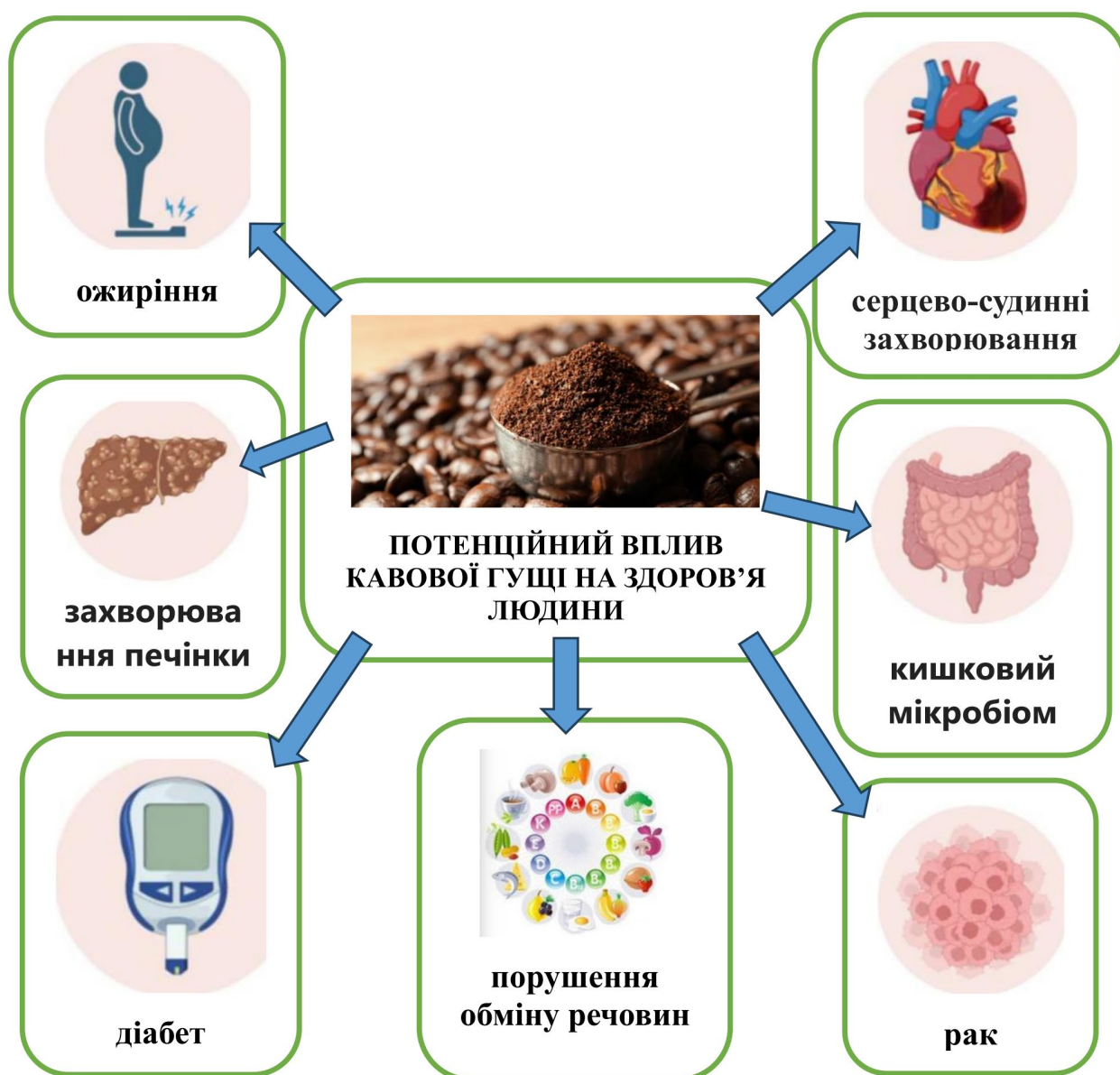


Рисунок 2. Потенційний позитивний вплив кавової гущі на здоров'я людини

Узагальнена інформація про вплив окремих сполук при вживанні SCG на здоров'я людини та характеристики медичних досліджень, що дозволили отримати ці результати, представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Узагальнення досліджень про вплив вживання SCG на здоров'я людини

Сполуки	Тип досліджень	Висновки
Хлорогенова кислота	За участю людей	Регулювання артеріального тиску (Kozuma K. et al., 2005; Watanabe, T.; et al., 2006); поліпшення секреції інсуліну, засвоєння глюкози клітинами кишечника; поліпшення секреції інсуліну (Johnston K.L. et al., 2003); поліпшення дисліпідемії та функції ендотелію (Lara-Guzmán O.J. et al., 2021 Suzuki A. et al., 2019); підвищення рівня глюкози натощак у пацієнтів з порушенням толерантності до глюкози (Roshan H. et al., 2018); зниження маси тіла та зменшення окружності талії (Zuñiga L.Y. et al., 2018; Roshan H. et al., 2018)
	<i>In vitro</i>	Поліпшення ліпазної реакції (Narita Y. et al., 2019)
	На тваринах	Зменшення накопичення жиру в печінці та зниження рівня ліпідів у крові (Bhandarkar N.S. et al., 2019; Zhong Y. et al., 2020); поліпшення маси тіла і зменшення кількості вісцерального жиру (Bhandarkar N.S. et al., 2019)
Кофеїн	За участю людей	Покращення когнитивного здоров'я у пацієнтів з дегенеративними захворюваннями (Postuma R.B. et al., 2017); покращення результатів в тестах при вікових когнітивних порушеннях (Walters E.R. et al., 2015); покращення пам'яті і когнітивних здібностей у молодих людей (Sherman S.M. et al., 2016)
Тригонелін	На тваринах	Покращення специфічної функції нейронів; поліпшення пам'яті у мишей, індукованих хворобою Альцгеймера (Farid M.M. et al., 2020); уповільнює окислювальний стрес і запалення в головному мозку (Chowdhury A.A. et al., 2018); зниження рівня глюкози в крові та підвищення рівня ліпідів у метаболічних хворих тварин (Liu L. et al., 2018; Hamadi, S.A. 2012)
	<i>In vitro</i>	Сприяють регенерації нейронної мережі за рахунок вирощування нейритів (Tohda C. et al., 1999)
Меланоїдини	<i>In vitro</i>	Антиоксидантна активність (Rufián-Henares J.A. et al., 2009); антибактеріальна активність щодо грамнегативних та грампозитивних бактерій; антиоксидантна активність та активація інших генопротекторних механізмів у різних клітинних лініях (Sauer T. et al., 2013)
	<i>Ex vivo</i>	Антиоксидантна активність та активація інших генопротекторних механізмів у тканинах кишківника людини (Sauer T. et al., 2013); ферментація кишкових бактерій, активація антиоксидантних шляхів та модуляція популяції кишкових бактерій (Reichardt N. et al., 2009)

Джерело: розроблено авторами на основі аналізу досліджень, наведених у References

Практичне значення одержаних результатів виявляється у розробленні та рекомендаціях до впровадження в галузях харчової промисловості.

Перспективи подальших наукових розробок полягають у можливості використання наведених результатів для майбутніх досліджень у напрямку створення технологій функціональних продуктів харчування з використання SCG.

Активне поширення використання SCG у технологіях харчових продуктів призводить до необхідності більш ретельного вивчення терапевтичних ефектів використання даного інгредієнта та його впливу на здоров'я людини.

ВИСНОВКИ. Світове виробництво та споживання кави стабільно зростає. SCG, вторинний продукт заварювання кави, враховуючи свій склад, має великий потенціал для широкого застосування та сталого розвитку багатьох галузей харчової промисловості. Активне поширення використання SCG у технологіях харчових продуктів призводить до необхідності більш ретельного вивчення терапевтичних ефектів використання даного інгредієнта та його впливу на здоров'я людини.

Біологічно активні сполуки SCG володіють властивостями, що мають лікувально-профілактичний вплив практично на всі органи та системи життєзабезпечення людини. На жаль, SCG, незважаючи на її високу харчову цінність та потужні терапевтичні ефекти на здоров'я людини, що підкреслює актуальність досліджень, спрямованих на розробку нових функціональних продуктів харчування з використанням SCG. Використання SCG у технологіях харчових продуктів дозволяє виробляти продукти функціонального призначення з певними позитивними терапевтичними ефектами та сприяє покращенню здоров'я людини.

Подяки. Немає.

Конфлікт інтересів. Немає

References

- Adriana S. Franca and Leandro S. Oliveira. (2022). Potential Uses of Spent Coffee Grounds in the Food Industry. *Foods*. 11(14): 2064. <http://doi: 10.3390/foods11142064>.
- Angeloni, G.; Guerrini, L.; Masella, P.; Bellumori, M.; Daluiso, S.; Parenti, A.; Innocenti, M. (2019). What kind of coffee do you drink? An investigation on effects of eight different extraction methods. *Food Res. Int.* 116, 1327–1335. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.10.022.
- Angeloni, S.; Nzekoue, F.K.; Navarini, L.; Sagratini, G.; Torregiani, E.; Vittori, S.; Caprioli, G. (2020) An analytical method for the simultaneous quantification of 30 bioactive compounds in spent coffee ground by HPLC-MS/MS. *J. Mass Spectrom.* 55, e4519. DOI: 10.1002/jms.4519.
- Al-Dhabi, N.A.; Ponnurugan, K.; Maran Jeganathan, P. (2017). Development and validation of ultrasound-assisted solid-liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. *Ultrason. Sonochem.* 34, 206–213. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.05.005>.
- Arya, S.S.; Venkatram, R.; More, P.R.; Vijayan, P. (2022) The wastes of coffee bean processing for utilization in food: A review. *J. Food Sci. Technol.* 59, 429–444. DOI: 10.1007/s13197-021-05032-5.
- Barrios C, Fernández-Delgado M, López-Linares JC, García-Cubero MT, Coca M, Lucas S (2022) A techno-economic perspective on a microwave extraction process for efficient protein recovery from agri-food wastes. *Ind Crops Prod* 186:115166. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115166>.
- Belayneh, A.; Molla, F. (2020). The effect of coffee on pharmacokinetic properties of drugs: A review. *Biomed. Res. Int.* 7909703. DOI: 10.1155/2020/7909703.
- Bekedam, E.K.; Loots, M.J.; Schols, H.A.; Van Boekel, M.A.; Smit, G. (2008) Roasting effects on formation mechanisms of coffee brew melanoidins. *J. Agric. Food Chem.* 56, 7138–7145. DOI: 10.1021/jf800999a.
- Bevilacqua, E.; Cruzat, V.; Singh, I.; Rose'Meyer, R.B.; Panchal, S.K.; Brown, L. (2023). The Potential of Spent Coffee Grounds in Functional Food Development. *Nutrients*. 15, 994. <https://doi.org/10.3390/nu15040994>.
- Bhandarkar, N.S.; Brown, L.; Panchal, S.K. (2019). Chlorogenic acid attenuates high-carbohydrate, high-fat diet-induced cardiovascular, liver, and metabolic changes in rats. *Nutr. Res.* 62, 78–88. DOI: 10.1016/j.nutres.2018.11.002.
- Bhandarkar, N.S.; Mouatt, P.; Goncalves, P.; Thomas, T.; Brown, L.; Panchal, S.K. (2020). Modulation of gut microbiota by spent coffee grounds attenuates diet-induced metabolic syndrome in rats. *FASEB J.* 34, 4783–4797. DOI: 10.1096/fj.201902416RR.

- Blaak, E.E.; Canfora, E.E.; Theis, S.; Frost, G.; Groen, A.K.; Mithieux, G.; Nauta, A.; Scott, K.; Stahl, B.; van Harsselaar, J.; et al. (2020). Short chain fatty acids in human gut and metabolic health. *Benef. Microbes*. 11, 411–455. DOI: 10.3920/BM2020.0057.
- Bomfim, A.S.; de Oliveira, D.M.; Walling, E.; Babin, A.; Hersant, G.; Vaneeckhaute, C.; Dumont, M.-J.; Rodrigue, D. (2023). Spent coffee grounds characterization and reuse in composting and soil amendment. *Waste*. 1, 2–20. <https://doi.org/10.3390/waste1010002>.
- Bouhlal, F.; Aqil, Y.; Chamkhi, I.; Belmaghraoui, W.; Labjar, N.; Hajjaji, S.E.; Benabdellah, G.A.; Aurag, J.; Lotfi, E.M.; Mahi, M.E. (2020). GC-MS analysis, phenolic compounds quantification, antioxidant, and antibacterial activities of the hydro-alcoholic extract of spent coffee grounds. *J. Biol. Active Prod. Nat.* 10, 325–337. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol3020019>.
- Brown, L.; Caligiuri, S.P.B.; Brown, D.; Pierce, G.N. (2018). Clinical trials using functional foods provide unique challenges. *J. Funct. Foods*. 45, 233–238. DOI:10.1016/j.jff.2018.01.024.
- Campos-Vega, R.; Arreguín-Campos, A.; Cruz-Medrano, M.A.; Del Castillo Bilbao, M.D. (2020). Spent coffee (*Coffea arabica* L.) grounds promote satiety and attenuate energy intake: A pilot study. *J. Food Biochem.* 44, e13204. DOI: 10.1111/jfbc.13204.
- Cappelletti, S.; Piacentino, D.; Sani, G.; Aromatario, M. (2015) Caffeine: Cognitive and physical performance enhancer or psychoactive drug? *Curr. Neuropharmacol.* 13, 71–88. DOI: 10.2174/1570159X13666141210215655.
- Castaldo, L.; Lombardi, S.; Gaspari, A.; Rubino, M.; Izzo, L.; Narváez, A.; Ritieni, A.; Grosso, M. (2021). In vitro bioaccessibility and antioxidant activity of polyphenolic compounds from spent coffee ground. *Foods*. 10(8), 1837; <https://doi.org/10.3390/foods10081837>.
- Chibuikwe C. Udenigwe & Rotimi E. Aluko. (2012). Food Protein-Derived Bioactive Peptides: Production, Processing, and Potential Health Benefits. Vol. 71, Nr. 1, *Journal of Food*. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02455.x.
- Chowdhury, A.A.; Gawali, N.B.; Munshi, R.; Juvekar, A.R. (2018). Trigonelline insulates against oxidative stress, proinflammatory cytokines and restores BDNF levels in lipopolysaccharide induced cognitive impairment in adult mice. *Metab. Brain Dis.* 33, 681–691. DOI: 10.1007/s11011-017-0147-5.
- Claassen, L.; Rinderknecht, M.; Porth, T.; Röhnisch, J.; Seren, H.Y.; Scharinger, A.; Gottstein, V.; Noack, D.; Schwarz, S.; Winkler, G.; et al. (2021). Cold brew coffee-Pilot studies on definition, extraction, consumer preference, chemical characterization and microbiological hazards. *Foods*. 10, 865. <https://doi.org/10.3390/foods10040865>.
- Coelho, J.P.; Robalo, M.P.; Boyadzhieva, S.; Stateva, R.P. (2021). Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from spent coffee grounds. Process optimization applying design of experiments. *Molecules*. 26, 7320. DOI:10.3390/molecules26237320.
- Coffee Market Analysis in Ukraine. 2025. (n.d.). Market Analysis. Order Market Analysis at Pro-Consulting. <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-kofe-v-ukraine-2025-god>
- Coffee Market Report March 2025 ICO, 2024. <https://icocoffee.org>.
- Coffee Consumption by Country 2024. <https://worldpopulationreview.com/>.
- Cruz R, Cardoso MM, Fernandes L, Oliveira M (2012). Espresso coffee residues: a Valuable source of Unextracted Compounds. *J Agri Food Chem* 60(32):7777–7784. <https://doi.org/10.1021/jf3018854>.
- Daglia, M.; Papetti, A.; Aceti, C.; Sordelli, B.; Gregotti, C.; Gazzani, G. (2008). Isolation of high molecular weight components and contribution to the protective activity of coffee against lipid peroxidation in a rat liver microsome system. *J. Agric. Food Chem.* 56, 11653–11660. DOI: 10.1021/jf802018c.
- De Roos, B.; Meyboom, S.; Kosmeijer-Schuil, T.G.; Katan, M.B. (1998). Absorption and urinary excretion of the coffee diterpenes cafestol and kahweol in healthy ileostomy volunteers. *J. Intern. Med.* 244, 451–460. DOI: 10.1046/j.1365-2796.1998.00386.x.
- Ding, M.; Bhupathiraju, S.N.; Satija, A.; van Dam, R.M.; Hu, F.B. (2014). Long-term coffee consumption and risk of cardiovascular disease: A systematic review and a dose-response meta-analysis of

- prospective cohort studies. *Circulation*. 129, 643–659. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005925.
- Echeverri, D.; Montes, F.R.; Cabrera, M.; Galán, A.; Prieto, A. (2010). Caffeine's vascular mechanisms of action. *Int. J. Vasc. Med.* 2010, 834060. DOI: 10.1155/2010/834060.
- Esquivel, P. and Jiménez, V.M. (2012). Functional Properties of Coffee and Coffee By-Products. *Food Research International*, 46, 488–495. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028/>
- Farid, M.M.; Yang, X.; Kuboyama, T.; Tohda, C. (2020). Trigonelline recovers memory function in Alzheimer's disease model mice: Evidence of brain penetration and target molecule. *Sci. Rep.* 10, 16424. DOI:10.1038/s41598-020-73514-1.
- Finotello, C.; Forzato, C.; Gasparini, A.; Mammi, S.; Navarini, L.; Schievano, E. (2017). NMR quantification of 16-O-methylcafesol and kahweol in *Coffea canephora* var. robusta beans from different geographical origins. *Food Cont.* 75, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.019>.
- Franca, A.S.; Oliveira, L.S. (2022). Potential uses of spent coffee grounds in the food industry. *Foods* 11, 2064. <https://doi.org/10.3390/foods11142064>.
- Fuller, M.; Rao, N.Z. (2017). The effect of time, roasting temperature, and grind size on caffeine and chlorogenic acid concentrations in cold brew coffee. *Sci. Rep.* 7, 17979. DOI:10.1038/s41598-017-18247-4.
- Gaille, B. 18 Food Additives Industry Statistics and Trends. 2018. Available online: <https://brandongaille.com/18-foodadditives-industry-statistics-and-trends/#:~:text=If%20all%20possible%20additives%20are%20figured%20into%20the,their%>
- Garg, R.C. Chapter 44—Fenugreek: Multiple Health Benefits. In *Nutraceuticals*; Gupta, R.C., Ed.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2016; pp. 599–617.
- Gaston, S. 12 Delicious Food Recipes with Coffee Grounds in Them. 2023. Available online: <https://www.roastycoffee.com/recipes-with-ground-coffee/> (accessed on 26 December 2024).
- Gómez-Ruiz, J.Á.; Ames, J.M.; Leake, D.S. (2008). Antioxidant activity and protective effects of green and dark coffee components against human low density lipoprotein oxidation. *Eur. Food Res. Technol.* 227, 1017–1024. DOI:10.1007/s00217-007-0815-5.
- Gunning, Y.; Defernez, M.; Watson, A.D.; Beadman, N.; Colquhoun, I.J.; Le Gall, G.; Philo, M.; Garwood, H.; Williamson, D.; Davis, A.P.; et al. 1(2018). 6-O-methylcafesol is present in ground roast Arabica coffees: Implications for authenticity testing. *Food Chem.* 248, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.034>.
- González de Cosío-Barrón Ana Cecilia, Angélica María Hernández-Arriaga, Rocio Campos-Vega. (2020). Spent coffee (*Coffea arabica* L.) grounds positively modulate indicators of colonic microbial activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. Volume 60, 102286. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102286>.
- Hamadi, S.A. (2012). Effect of trigonelline and ethanol extract of Iraqi Fenugreek seeds on oxidative stress in alloxan diabetic rabbits. *J. Assoc. Arab Univ. Basic Appl. Sci.* 12, 23–26. <https://doi.org/10.1016/j.jaubas.2012.02.003>.
- Heppner, F.L.; Ransohoff, R.M.; Becher, B. (2015). Immune attack: The role of inflammation in Alzheimer disease. *Nat. Rev. Neurosci.* 16, 358–372. DOI: 10.1038/nrn3880.
- Hu, G.L.; Wang, X.; Zhang, L.; Qiu, M.H. (2019). The sources and mechanisms of bioactive ingredients in coffee. *Food Funct.* 10, 3113–3126. doi: 10.1039/c9fo00288j
- Iriondo-DeHond, A.; Rodríguez Casas, A.; Del Castillo, M.D. (2021). Interest of coffee melanoidins as sustainable healthier food ingredients. *Front. Nutr.* 8, 730343. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.730343>.
- Iwamoto, H.; Izumi, K.; Natsagdorj, A.; Naito, R.; Makino, T.; Kadomoto, S.; Hiratsuka, K.; Shigehara, K.; Kadono, Y.; Narimoto, K.; et al. (2019). Coffee diterpenes kahweol acetate and cafestol synergistically inhibit the proliferation and migration of prostate cancer cells. *Prostate*. 79, 468–479. DOI: 10.1002/pros.23753.

- Jaquet, M.; Rochat, I.; Moulin, J.; Cavin, C.; Bibiloni, R. (2009). Impact of coffee consumption on the gut microbiota: A human volunteer study. *Int. J. Food Microbiol.* 130, 117–121. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.01.011.
- Jin Cho, E.; Gyo Lee, Y.; Song, Y.; Nguyen, D.-T.; Bae, H.-J. (2022). An integrated process for conversion of spent coffee grounds into value-added materials. *Bioresour. Technol.* 346, 126618. DOI: 10.1016/j.biortech.2021.126618.
- Johnston, K.L.; Clifford, M.N.; Morgan, L.M. (2003). Coffee acutely modifies gastrointestinal hormone secretion and glucose tolerance in humans: Glycemic effects of chlorogenic acid and caffeine. *Am. J. Clin. Nutr.* 78, 728–733. DOI: 10.1093/ajcn/78.4.728.
- Klingel, T.; Kremer, J.I.; Gottstein, V.; Rajcic de Rezende, T.; Schwarz, S.; Lachenmeier, D.W. (2020). A review of coffee by-products including leaf, flower, cherry, husk, silver skin, and spent grounds as novel foods within the European Union. *Foods*. 9, 665. <https://doi.org/10.3390/foods9050665>.
- Kong, L.; Xu, M.; Qiu, Y.; Liao, M.; Zhang, Q.; Yang, L.; Zheng, G. (2021). Chlorogenic acid and caffeine combination attenuates adipogenesis by regulating fat metabolism and inhibiting adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells. *J. Food Biochem.* 45, e13795. DOI: 10.1111/jfbc.13795.
- Kozuma, K.; Tsuchiya, S.; Kohori, J.; Hase, T.; Tokimitsu, I. (2005). Antihypertensive effect of green coffee bean extract on mildly hypertensive subjects. *Hypertens. Res.* 28, 711–718. DOI: 10.1291/hyres.28.711.
- Lara-Guzmán, O.J.; Álvarez, R.; Muñoz-Durango, K. (2021). Changes in the plasma lipidome of healthy subjects after coffee consumption reveal potential cardiovascular benefits: A randomized controlled trial. *Free Radic. Biol. Med.* 176, 345–355. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2021.10.012.
- Leow, Y.; Yew, P.Y.M.; Chee, P.L.; Loh, X.J.; Kai, D. (2021). Recycling of spent coffee grounds for useful extracts and green composites. *RSC Adv.* 11, 2682–2692. DOI:10.1039/D0RA09379C.
- López-Barrera, D.M.; Vázquez-Sánchez, K.; Loarca-Piña, M.G.; Campos-Vega, R. (2016). Spent coffee grounds, an innovative source of colonic fermentable compounds, inhibit inflammatory mediators in vitro. *Food Chem.* 212, 282–290. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.05.175.
- Liu, L.; Du, X.; Zhang, Z.; Zhou, J. (2018). Trigonelline inhibits caspase 3 to protect cells apoptosis in streptozotocin-induced type 1 diabetic mice. *Eur. J. Pharmacol.* 836, 115–121. DOI: 10.1016/j.ejphar.2018.08.025.
- Makowska, J.; Szczesny, D.; Lichucka, A.; Giełdoń, A.; Chmurzyński, L.; Kaliszan, R. (2014). Preliminary studies on trigonelline as potential anti-Alzheimer disease agent: Determination by hydrophilic interaction liquid chromatography and modeling of interactions with α -amyloid. *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.* 968, 101–104. DOI: 10.1016/j.jchromb.2013.12.001.
- Martinez-Saez, N.; García, A.T.; Pérez, I.D.; Rebollo-Hernanz, M.; Mesías, M.; Morales, F.J.; Martín-Cabrejas, M.A.; del Castillo, M.D. (2017). Use of spent coffee grounds as food ingredient in bakery products. *Food Chem.* 216, 114–122. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.173.
- McCarty, M.F. (2005). A chlorogenic acid-induced increase in GLP-1 production may mediate the impact of heavy coffee consumption on diabetes risk. *Med. Hypotheses.* 64, 848–853. DOI: 10.1016/j.mehy.2004.03.037.
- Mellbye, F.B.; Jeppesen, P.B.; Hermansen, K.; Gregersen, S. (2015). Cafestol, a bioactive substance in coffee, stimulates insulin secretion and increases glucose uptake in muscle cells: Studies in vitro. *J. Nat. Prod.* 78, 2447–2451. DOI: 10.1021/acs.jnatprod.5b00481.
- Mills, C.E.; Tzounis, X.; Oruna-Concha, M.J.; Mottram, D.S.; Gibson, G.R.; Spencer, J.P. (2015). In vitro colonic metabolism of coffee and chlorogenic acid results in selective changes in human faecal microbiota growth. *Br. J. Nutr.* 113, 1220–1227. DOI: 10.1017/S0007114514003948.
- Mohamadi, N.; Sharififar, F.; Pournamdari, M.; Ansari, M. (2018). A review on biosynthesis, analytical techniques, and pharmacological activities of trigonelline as a plant alkaloid. *J. Diet. Suppl.* 15, 207–222. DOI: 10.1080/19390211.2017.1329244.
- Morales, F.J.; Somoza, V.; Fogliano, V. Physiological relevance of dietary melanoidins. *Amino Acids* 2012, 42, 1097–1109. DOI: 10.1007/s00726-010-0774-1.

- Moreira, A.S.; Nunes, F.M.; Domingues, M.R.; Coimbra, M.A. (2012). Coffee melanoidins: Structures, mechanisms of formation and potential health impacts. *Food Funct.* 3, 903–915. DOI: 10.1039/c2fo30048f
- Munoz, D.G.; Fujioka, S. (2018). Caffeine and Parkinson disease: A possible diagnostic and pathogenic breakthrough. *Neurology*. 90, 205–206. DOI: 10.1212/WNL.00000000000004898.
- Nakayama, T.; Oishi, K. (2013). Influence of coffee (*Coffea arabica*) and galacto-oligosaccharide consumption on intestinal microbiota and the host responses. *FEMS Microbiol. Lett.* 343, 161–168. DOI: 10.1111/1574-6968.12142.
- Nan Zhao, Zhongyang Liu, Ting Yu, Fujie Yan. (2024). Spent coffee grounds: Present and future of environmentally friendly applications on industries-A review. *Trends in Food Science & Technology*. Volume 143, 104312. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104312>.
- Narita, Y.; Iwai, K.; Fukunaga, T.; Nakagiri, O. (2012). Inhibitory activity of chlorogenic acids in decaffeinated green coffee beans against porcine pancreas lipase and effect of a decaffeinated green coffee bean extract on an emulsion of olive oil. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 76, 2329–2331. DOI: 10.1271/bbb.120518.
- Nehlig, A. Salazar, N.; Ruiz-Saavedra, S.; Gómez-Martín, M.; de Los Reyes-Gavilán, C.G.; Gueimonde, M. (2020). Long-term coffee consumption is associated with fecal microbial composition in humans. *Nutrients*. 12, 1287. DOI: 10.3390/nu12051287.
- Nehlig, A. (2022). Effects of coffee on the gastro-intestinal tract: A narrative review and literature update. *Nutrients*. 14, 399. DOI: 10.3390/nu14020399.
- Oestreich-Janzen, S. 3.25—Chemistry of Coffee. In *Comprehensive Natural Products II*; Liu, H.-W., Mander, L., Eds.; Elsevier: Oxford, UK, 2010; pp. 1085–1117.
- Okubo, Y.; Motohashi, O.; Nakayama, N.; Nishimura, K.; Kasajima, R.; Miyagi, Y.; Shiozawa, M.; Yoshioka, E.; Suzuki, M.; Washimi, K.; et al. The clinicopathological significance of angiogenesis in hindgut neuroendocrine tumors obtained via an endoscopic procedure. *Diagn. Pathol.* 2016, 11, 128. doi: 10.1186/s13000-016-0580-5.
- Okur, I.; Soyler, B.; Sezer, P.; Oztop, M.H.; Alpas, H. (2021). Improving the recovery of phenolic compounds from spent coffee grounds (SCG) by environmentally friendly extraction techniques. *Molecules*. 26, 613. <https://doi.org/10.3390/molecules26030613>.
- Olechno, E.; Pu'scion-Jakubik, A.; Zujko, M.E.; Socha, (2021). K. Influence of various factors on caffeine content in coffee brews. *Foods*. 10, 1208. DOI: 10.3390/foods10061208.
- Oliveira Batista, J.; Car Cordeiro, C.; Klososki, S.J.; Mongruel Eleutério Dos Santos, C.; Leão, G.M.C.; Pimentel, T.C.; Rosset, M. (2022). Spent coffee grounds improve the nutritional value and technological properties of gluten-free cookies. *J. Culin. Sci. Technol.* DOI:10.1080/15428052.2022.2026266.
- Oseguera-Castro, K.Y.; Madrid, J.A.; Martínez Madrid, M.J.; García, O.P.; Del Castillo, M.D.; Campos-Vega, R. (2019). Antioxidant dietary fiber isolated from spent coffee (*Coffea arabica* L.) grounds improves chronotype and circadian locomotor activity in young adults. *Food Funct.* 10, 4546–4556. DOI <https://doi.org/10.1039/C9FO01021A>.
- Pérez-Nájera, V.C.; Gutiérrez-Urbe, J.A.; Antunes-Ricardo, M.; Hidalgo-Figueroa, S.; Del-Toro-Sánchez, C.L.; Salazar-Olivo, L.A.; Lugo-Cervantes, E. (2018). Smilax aristolochiifolia root extract and its compounds chlorogenic acid and astilbin inhibit the activity of -amylase and -glucosidase enzymes. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 6247306. DOI: 10.1155/2018/6247306.
- Pérez-Burillo, S.; Pastoriza, S.; Fernández-Arteaga, A.; Luzón, G.; Jiménez-Hernández, N.; D'Auria, G.; Francino, M.P.; Rufián-Henares, J.Á. (2019). Spent coffee grounds extract, rich in mannoooligosaccharides, promotes a healthier gut microbial community in a dose-dependent manner. *J. Agric. Food Chem.* 67, 2500–2509. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b06604.
- Pérez-Burillo, S.; Rajakaruna, S.; Pastoriza, S.; Paliy, O.; Ángel Rufián-Henares, (2020). J. Bioactivity of food melanoidins is mediated by gut microbiota. *Food Chem.* 316, 126309. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126309.

- Pimpley, V.; Patil, S.; Srinivasan, K.; Desai, N.; Murthy, P.S. (2020). The chemistry of chlorogenic acid from green coffee and its role in attenuation of obesity and diabetes. *Prep. Biochem. Biotechnol.* 50, 969–978. DOI: 10.1080/10826068.2020.1786699.
- Postuma, R.B.; Anang, J.; Pelletier, A.; Joseph, L.; Moscovich, M.; Grimes, D.; Furtado, S.; Munhoz, R.P.; Appel-Cresswell, S.; Moro, A.; et al. (2017). Caffeine as symptomatic treatment for Parkinson disease (Café-PD): *A randomized trial. Neurology.* 89, 1795–1803. DOI: 10.1212/WNL.0000000000004568.
- Pourfarzad, A.; Mahdavian-Mehr, H.; Sedaghat, N. (2013). Coffee silverskin as a source of dietary fiber in bread-making: Optimization of chemical treatment using response surface methodology. *LWT Food Sci. Technol.* 50, 599–606. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.001>.
- Pushpa Srinivas Murthy, Madhava Naidu. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. (2012) *Resources Conservation and Recycling* 66:45–58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>.
- 20foods%20be%20free%20of%20any%20artificial%20additives (accessed on 26 January 2024).
- Ramón-Gonçalves, M.; Gómez-Mejía, E.; Rosales-Conrado, N.; León-González, M.E.; Madrid, Y. (2019). Extraction, identification and quantification of polyphenols from spent coffee grounds by chromatographic methods and chemometric analyses. *Waste Manag.* 96, 15–24. doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.009.
- Reichardt, N.; Gniechewitz, D.; Steinhart, H.; Bunzel, M.; Blaut, M. (2009). Characterization of high molecular weight coffee fractions and their fermentation by human intestinal microbiota. *Mol. Nutr. Food Res.* 53, 287–299. DOI: 10.1002/mnfr.200700509.
- Ren, X.; Chen, J.F. (2020). Caffeine and Parkinson’s disease: Multiple benefits and emerging mechanisms. *Front. Neurosci.* 14, 602697. DOI: 10.3389/fnins.2020.602697.
- Ren, Y.; Wang, C.; Xu, J.; Wang, S. (2019). Cafestol and kahweol: A review on their bioactivities and pharmacological properties. *Int. J. Mol. Sci.* 20, 4238. doi: 10.3390/ijms20174238.
- Rocio Campos-Vega, Guadalupe Loarca-Piña, Haydé A. Vergara-Castañeda, B. Dave Oomah. (2015). Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects *Trends in Food Science & Technology*. Volume 45, Issue 1, Pages 24-36. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.012>.
- 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. (2022). Coffee chlorogenic acids incorporation for bioactivity enhancement of foods: A review. *Molecules.* 27, 3400. DOI: 10.3390/molecules27113400.
- Roshan, H.; Nikpayam, O.; Sedaghat, M.; Sohrab, G. (2018). Effects of green coffee extract supplementation on anthropometric indices, glycemic control, blood pressure, lipid profile, insulin resistance and appetite in patients with the metabolic syndrome: A randomized clinical trial. *Br. J. Nutr.* 119, 250–258. DOI: 10.1017/S0007114517003439.
- Rufián-Henares, J.A.; de la Cueva, S.P. (2009). Antimicrobial activity of coffee melanoidins—A study of their metal-chelating properties. *J. Agric. Food Chem.* 57, 432–438. DOI: 10.1021/jf8027842.
- Saimaiti, A.; Zhou, D.-D.; Li, J.; Xiong, R.-G.; Gan, R.-Y.; Huang, S.-Y.; Shang, A.; Zhao, C.-N.; Li, H.-Y.; Li, H.-B. (2023). Dietary sources, health benefits, and risks of caffeine. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 63(29):9648-9666. DOI: 10.1080/10408398.2022.2074362.
- Sauer, T.; Raithel, M.; Kressel, J.; Münch, G.; Pischetsrieder, M. (2013). Activation of the transcription factor Nrf2 in macrophages, Caco-2 cells and intact human gut tissue by Maillard reaction products and coffee. *Amino Acids.* 44, 1427–1439. DOI: 10.1007/s00726-012-1222-1.
- Schouten, M.A.; Tappi, S.; Romani, S. (2020). Acrylamide in coffee: Formation and possible mitigation strategies—A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 60, 3807–3821. DOI: 10.1080/10408398.2019.1708264.
- Sharma, K.; Fallon, S.J.; Davis, T.; Ankrett, S.; Munro, G.; Christopher, G.; Coulthard, E. (2022). Caffeine and attentional control: Improved and impaired performance in healthy older adults and Parkinson’s disease according to task demands. *Psychopharmacology.* 239, 605–619. DOI: 10.1007/s00213-021-06054-9.

- Sherman, S.M.; Buckley, T.P.; Baena, E.; Ryan, L. (2016). Caffeine enhances memory performance in young adults during their non-optimal time of day. *Front. Psychol.* 7, 1764. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01764.
- Socala, K.; Szopa, A.; Serefko, A.; Poleszak, E.; Wla'z, (2020). P. Neuroprotective effects of coffee bioactive compounds: A review. *Int. J. Mol. Sci.* 2020, 22, 107. DOI: 10.3390/ijms22010107.
- Suzuki, A.; Nomura, T.; Jokura, H.; Kitamura, N.; Saiki, A.; Fujii, A. (2019). Chlorogenic acid-enriched green coffee bean extract affects arterial stiffness assessed by the cardio-ankle vascular index in healthy men: A pilot study. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 70, 901–908. DOI: 10.1080/09637486.2019.1585763.
- Tajik, N.; Tajik, M.; Mack, I.; Enck, P. (2017). The potential effects of chlorogenic acid, the main phenolic components in coffee, on health: A comprehensive review of the literature. *Eur. J. Nutr.* 56, 2215–2244. DOI: 10.1007/s00394-017-1379-1.
- Tohda, C.; Nakamura, N.; Komatsu, K.; Hattori, M. (1999). Trigonelline-induced neurite outgrowth in human neuroblastoma SK-N-SH cells. *Biol. Pharm. Bull.* 22, 679–682. DOI: 10.1248/bpb.22.679.
- Uyory Cho (2025). Valorization of spent coffee grounds and their applications in food science. *Current Research in Food Science* 10(3):101010. DOI:10.1016/j.crfs.2025.101010.
- Valerii O. Sukmanov, Oleksii M. Komar, Oleksandr V. Sukmanov, Tetiana I. Yudina. (2024). The potential of using spent coffee grounds in the technologies of functional food products. Review. *Journal of Chemistry and Technologies.* 32(3), 605–648.
- Wan, C.W.; Wong, C.N.; Pin, W.K.; Wong, M.H.; Kwok, C.Y.; Chan, R.Y.; Yu, P.H.; Chan, S.W. (2013). Chlorogenic acid exhibits cholesterol lowering and fatty liver attenuating properties by up-regulating the gene expression of PPAR- in hypercholesterolemic rats induced with a high-cholesterol diet. *Phytother. Res.* 27, 545–551. DOI: 10.1002/ptr.4751.
- van Dam, R.M., Hu, F.B., Willett, W.C. (2020). Coffee, caffeine, and health. *N. Engl. J. Med.* 383, 369–378. DOI: 10.1056/NEJMr1816604.
- Wang, H.-Y.; Qian, H.; Yao, W.-R. (2011). Melanoidins produced by the Maillard reaction: Structure and biological activity. *Food Chem.* 128, 573–584. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.03.075.
- Wang, X.; Wang, Y.; Hu, G.; Hong, D.; Guo, T.; Li, J.; Li, Z.; Qiu, (2022). M. Review on factors affecting coffee volatiles: From seed to cup. *J. Sci. Food Agric.* 102, 1341–1352. doi:10.1002/jsfa.11647.
- Walters, E.R.; Lesk, V.E. (2015). Time of day and caffeine influence some neuropsychological tests in the elderly. *Psychol. Assess.* 27, 161–168. DOI: 10.1037/a0038213.
- Watanabe, T.; Arai, Y.; Mitsui, Y.; Kusaura, T.; Okawa, W.; Kajihara, Y.; Saito, I. (2006). The blood pressure-lowering effect and safety of chlorogenic acid from green coffee bean extract in essential hypertension. *Clin. Exp. Hypertens.* 28, 439–449. DOI: 10.1080/10641960600798655.
- Zhong, Y.; Ding, Y.; Li, L.; Ge, M.; Ban, G.; Yang, H.; Dai, J.; Zhang, L. (2020). Effects and mechanism of chlorogenic acid on weight loss. *Curr. Pharm. Biotechnol.* 21, 1099–1106. DOI: 10.2174/1389201021666200318124922.
- Zuñiga, L.Y.; Aceves-de la Mora, M.C.A.; González-Ortiz, M.; Ramos-Núñez, J.L.; Martínez-Abundis, E. (2018). Effect of chlorogenic acid administration on glycemic control, insulin secretion, and insulin sensitivity in patients with impaired glucose tolerance. *J. Med. Food.* 21, 469–473. DOI: 10.1089/jmf.2017.0110.
- Zulli, A.; Smith, R.M.; Kubatka, P.; Novak, J.; Uehara, Y.; Loftus, H.; Qaradakh, T.; Pohanka, M.; Kobyliak, N.; Zagatina, A.; et al. (2016). Caffeine and cardiovascular diseases: Critical review of current research. *Eur. J. Nutr.* 55, 1331–1343. DOI: 10.1007/s00394-016-1179-z.

Отримано 23.05.2025 р., прийнято до друку 31.07.2025 р.