

UDC 663:613.292]:355.09

DOI: 10.58407/bht.2.25.7



Copyright (c) 2025 Sofiia Chernenko

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Софія Черненко

## РОЗРОБКА ПОРОШКОВОЇ СУМІШІ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ НАПОЮ З ІНГРЕДІЄНТАМИ, ЩО СПРИЯЮТЬ ПІДВИЩЕННЮ КОГНІТИВНОЇ ВИТРИВАЛОСТІ



Sofiia Chernenko

### DEVELOPMENT OF A POWDER MIXTURE FOR PREPARING A DRINK WITH INGREDIENTS THAT PROMOTE INCREASE COGNITIVE ENDURANCE

#### АНОТАЦІЯ

**Метою дослідження** було розробити порошкову суміш для швидкого приготування функціонального напою, збагаченого мікрокапсульованими поліфенолами та нейропідтримуючими нутрієнтами, спрямованого на підвищення когнітивної витривалості в умовах бойового стресу. Розроблений продукт орієнтований переважно на використання військовослужбовцями, однак його застосування може бути доцільним і для інших осіб, що працюють в екстремальних умовах, які негативно впливають на розумову працездатність.

**Методологія:** До складу суміші входили епігаллокатехін-3-галат (EGCG), L-тирозин, кофеїн, L-теанін, цитрат цинку та антоціани ягідного походження. Поліфеноли мікрокапсулювали з використанням альгінату натрію, желатину та мальтодекстрину з подальшим сублімаційним сушінням. Для зменшення гіркоти L-тирози́ну та EGCG була розроблена білково-вуглеводна матриця на основі мальтодекстрину та ізоляту сироваткового білка. Досліджували антиоксидантну активність (DPPH, FRAP), вміст поліфенольних сполук (HPLC), органолептичні властивості, розчинність та стабільність зразків протягом 30 днів зберігання.

**Наукова новизна:** Уперше реалізовано комплексний підхід до створення функціонального напою з когнітивною спрямованістю, що поєднує технологію мікрокапсуляції поліфенолів та білково-вуглеводне маскування гірких нутрієнтів без застосування складних систем капсулювання. Розроблено формуляцію, що забезпечує стабільність EGCG та антоціанів і високу сенсорну прийнятність.

**Висновки:** Розроблений напій характеризувався високою антиоксидантною активністю, доброю розчинністю, органолептичною привабливістю та стабільністю при зберіганні протягом 30 днів. Мікрокапсуляція суттєво підвищила збереження поліфенолів та покращила смакові властивості. Продукт є перспективним засобом підтримки когнітивної витривалості у складі раціону військовослужбовців, рятувальників або осіб, що діють в умовах підвищеного навантаження.

**Ключові слова:** когнітивна витривалість, поліфеноли, мікрокапсуляція, L-тирозин, напій швидкого приготування

#### ABSTRACT

**The aim of this work** was to develop an instant powdered beverage enriched with microencapsulated polyphenols and neuro-supportive nutrients to enhance cognitive endurance under combat-related stress. The product is intended for use by military personnel operating in extreme environments that impair mental performance.

**Methodology:** The beverage formulation included epigallocatechin gallate (EGCG), L-tyrosine, caffeine, L-theanine, zinc citrate, and berry-derived anthocyanins. Polyphenols were microencapsulated using sodium alginate, gelatin, and maltodextrin, followed by freeze-drying. To reduce the bitterness of L-tyrosine and EGCG, a masking matrix based on maltodextrin and whey protein isolate was developed. The samples were analyzed for antioxidant activity (DPPH, FRAP), individual polyphenol content (HPLC), sensory attributes, solubility, and physical stability during 30-day storage.

**Scientific novelty:** This study presents an integrated approach combining microencapsulation, matrix masking, and functional formulation tailored to cognitive needs in high-stress settings. For the first time, a freeze-dried beverage matrix was designed to stabilize both EGCG and anthocyanins while simultaneously masking L-tyrosine bitterness without advanced encapsulation systems.

**Conclusions:** The developed beverage demonstrated high antioxidant activity, excellent solubility, and sensory acceptability. Microencapsulation significantly improved the retention of polyphenols and organoleptic quality. The formulation proved stable for at least 30 days at room temperature. The combination of ingredients was scientifically justified and technologically feasible. The product has potential for use in military nutrition as a convenient and effective means to support cognitive performance and endurance during prolonged stress.

**Key words:** cognitive endurance, polyphenols, microencapsulation, L-tyrosine, instant drink

## Постановка проблеми

У сучасних екстремальних умовах, зокрема бойових операціях, підтримка когнітивної витривалості є критично важливим завданням. Тривале розумове навантаження, хронічний стрес і недосипання призводять до когнітивного виснаження – стану, що супроводжується зниженням уваги, швидкості реакції та прийняття рішень (Fan & Smith, 2020). У безпеково критичних професіях, таких як військові або рятувальники, навіть короточасна втрата пильності може призвести до фатальних помилок (Lieberman et al., 2005; Martin et al., 2018). Це підкреслює потребу в науково обґрунтованій підтримці когнітивної функції в умовах стресу.

Перспективним напрямом є використання біоактивних нутрієнтів із нейропротекторними властивостями у складі функціональних продуктів. Зокрема, EGCG, L-тирозин, кофеїн, цинк і поліфеноли ягід демонструють антиоксидантну, стимулюючу та нейрозахисну дію (Fekete et al., 2023). EGCG, головний катехін зеленого чаю, знижує оксидативний стрес, послаблює нейрозапалення та покращує когнітивні функції в експериментальних моделях (Pervin et al., 2018; Islam et al., 2025).

L-тирозин – амінокислота, що бере участь у синтезі катехоламінів (дофамін, норадреналін, адреналін), ключових для уваги, адаптації до стресу та витривалості. У стресових умовах синтез нейромедіаторів може знижуватись через виснаження ендогенних запасів тирозину (Deijlen et al., 1999). Клінічні дослідження довели, що введення L-тирозину покращує увагу, робочу пам'ять та стійкість до холодового, сенсорного та інформаційного перевантаження (Gibson & Green, 2002; Mahoney et al., 2007). Пероральна форма у вигляді напою миттєвого приготування забезпечує швидке засвоєння, однак технологічно потребує маскування через гіркий смак і низьку розчинність (близько 0,45 г/100 мл при 25°C). Доцільним рішенням є використання тирозину у складі мультикомпонентної матриці разом з EGCG, кофеїном або L-теаніном.

Кофеїн є ефективним психостимулятором для протидії втомі та недосипанню, покращуючи бадьорість, реакцію й увагу. У військових протоколах він часто використовується для підтримки когнітивної працездатності в умовах дефіциту сну (McLellan et al., 2016). Однак його дія є короточасною, а

вищі дози можуть спричинити побічні ефекти. Комбінування з L-теаніном, амінокислотою з зеленого чаю, дозволяє зменшити збудливість і покращити концентрацію (Owen et al., 2008; Giles et al., 2017).

Цинк також є важливим компонентом для підтримки нейрофункцій. Він бере участь у синаптичній передачі, регуляції нейропластичності та антиоксидантного захисту. Його дефіцит корелює з когнітивними порушеннями та нейрозапаленням, тоді як адекватний рівень сприяє підтримці витривалості при тривалому стресі (Wang et al., 2021).

Поліфеноли ягід – ще один цінний нутрієнт. Антоціани чорниці, винограду, журавлини покращують пам'ять, швидкість реакції та зменшують відчуття ментальної втоми (Ahles et al., 2021; Grabska-Kobyłowska et al., 2023). Їхні механізми включають нейрозахист (шляхом пригнічення нейрозапалення та активації нейротрофічних факторів), посилення мозкового кровотоку (завдяки покращенню ендотеліальної функції) та антиоксидантну дію через нейтралізацію вільних радикалів і зниження оксидативного стресу.

Незважаючи на високу біологічну активність, поліфеноли є нестабільними та чутливими до світла, кисню й температури. Для підвищення їх стабільності, застосовується мікрокапсуляція – покриття біоактивних речовин захисною оболонкою з харчових полімерів. Цей підхід захищає сполуки під час зберігання та травлення, а також забезпечує контрольоване вивільнення (Bińkowska et al., 2024). Мікрокапсулювання EGCG і ягідних екстрактів за допомогою мальтодекстрину, камеді або пектину дозволяє зберегти до 90 % поліфенолів після сушіння та значно підвищити стабільність під час зберігання (Estevinho & Rocha, 2022).

Таким чином, синергія нутриціології та харчових технологій відкриває нові підходи до створення продуктів для когнітивної витривалості в екстремальних умовах. Метою цього дослідження є розробка порошкоподібної суміші напою миттєвого приготування на основі мікрокапсульованих поліфенолів та комплексу нейропідтримуючих нутрієнтів (EGCG, L-теанін, тирозин, кофеїн, цинк), здатного підтримувати розумову працездатність, концентрацію та адаптивність у стресових ситуаціях.

## Матеріали та методи

### Склад функціонального напою та технологія його одержання

У дослідженні використовували такі компоненти: епігалокатехін-3-галат (EGCG) у складі стандартизованого екстракту зеленого чаю (Biotikon, Німеччина), кофеїн (ТОВ «Вансітон», Україна), L-тирозин (NOW Foods, США), цитрат цинку (ТОВ «Орісіл-Фарм», Україна), а також сухі екстракти ягід чорниці та чорної смородини (ТОВ «Агровіт», Україна). Зазначений екстракт зеленого чаю додатково містив мінімальну кількість кофеїну (0,48 %; близько 3,36 мг на добову дозу), тому основну кількість кофеїну вводили окремо у вигляді фармацевтичної сировини для досягнення ефективної концентрації.

Для мікрокапсуляції поліфенолів використовували біополімери харчового призначення: натрієвий альгінат (ТОВ «Руна Інтер», Україна), харчовий желатин (ТОВ «Прайм-Хім», Україна) та мальтодекстрин (ТОВ «Укрфармпром», Україна). Попередньо EGCG та ягідні екстракти диспергували у дистильованій воді у співвідношенні 1:10 при температурі 45°C та емульгували з біополімерними розчинами (альгінат 1,5 %; желатин 2 %; мальтодекстрин 10 %) під час постійного перемішування протягом 30 хвилин. Отриману суміш сушили методом сублімаційного висушування у вакуумній лабораторній сушарці при температурі – 50 °C та тиску 0,1 мбар до повного видалення вологи (повторне зважування через рівні інтервали часу до досягнення сталої маси). Мікрокапсульовані порошки зберігали в герме-

тичних контейнерах у темному приміщенні при температурі 20 – 22°C до подальшого використання.

### Формування порошкової суміші та підготовка до досліджень

Для покращення органолептичних властивостей L-тироzinу та зменшення його гіркоти було розроблено білково-вуглеводну матрицю. Як основу застосовували мальтодекстрин (50 %) та ізолят сироваткового білка (OstroVit, Польща). До водного розчину вносили активні компоненти: L-тирозин (500 мг/доза), кофеїн (60 мг), L-теанін (100 мг), EGCG (350 мг), сухий екстракт ягід (антоціани не менше 100 мг), а також маскувальні агенти: натуральний ароматизатор «лісові ягоди» (ТОВ «Інгредієнт», Україна) та підсолоджувач сукралоза (ТОВ «Інгредієнт», Україна) (0,01 %). Розчин витримували при температурі 45 – 50°C до повного розчинення або суспендування компонентів. Після цього суміш висушували тим самим методом сублімаційного сушіння для імітації промислових умов. Отриманий порошок зберігали в герметичних ємностях до подальшого формування порошкової суміші.

Суміш порошку формували шляхом змішування висушених активних компонентів згідно з рецептурою, наведеною в таб. 1, що забезпечує добову дозу EGCG (350 мг активної речовини при 10 % вмісті в капсулаті), L-тироzinу (500 мг), кофеїну (60 мг), L-теаніну (100 мг), цинку (10 мг) та антоціанів (100 мг).

Таблиця 1

Склад порошкової суміші для функціонального напою (на 10 г продукту)

| Компонент                                    | Вміст, мг | Вміст, % |
|----------------------------------------------|-----------|----------|
| L-тирозин                                    | 500       | 5,00     |
| Кофеїн                                       | 60        | 0,60     |
| L-теанін                                     | 100       | 1,00     |
| Цинк (у формі цитрату)                       | 10        | 0,10     |
| Натуральний ароматизатор «Лісові ягоди»      | 50        | 0,50     |
| Сукралоза                                    | 1         | 0,01     |
| Мікрокапсульований EGCG (10 % активної реч.) | 3500      | 35,00    |
| Мікрокапсульовані антоціани (10 %)           | 1000      | 10,00    |
| Мальтодекстрин (матриця)                     | 3982      | 39,82    |
| Ізолят сироваткового білка                   | 797       | 7,97     |
| Разом                                        | 10000     | 100,00   |

Компоненти попередньо просіювали та змішували у лабораторному міксері протягом 10 хвилин, після чого проводили сухе гранулювання через сито з розміром комірки

0,5 мм. Контрольний зразок виготовляли за аналогічною процедурою, однак без мікрокапсуляції активних речовин: EGCG та антоціани вводилися у чистому вигляді,

L-тирозин – без білково-вуглеводної матриці. Обидва зразки оцінювали за розчинністю (10 г на 150 мл води, 25 °C), органолептичними показниками (запах, колір, смак, післясмак), стабільністю та антиоксидантною активністю. EGCG та антоціани вводилися у мікрокапсульованій формі з орієнтовним вмістом активної речовини 10 %, що відповідає типовим показникам ефективного капсулювання поліфенолів у харчових системах (Estevinho & Rocha, 2022).

### **Визначення антиоксидантної активності**

Антиоксидантну активність порошкової суміші визначали за радикально-залежним методом DPPH (Brand-Williams et al., 1995) та методом залізоредуктивної здатності FRAP (Benzie & Strain, 1996). Для аналізу методом DPPH 50 мкл водного екстракту зразка (10 мг/мл) змішували з 2,0 мл метанольного розчину 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразу (0,1 мМ) та витримували у темряві при температурі 25°C протягом 30 хвилин. Після інкубації вимірювали зниження оптичної щільності при довжині хвилі 517 нм за допомогою спектрофотометра UV-1800 (Shimadzu, Японія). Ступінь нейтралізації вільних радикалів обчислювали за формулою:

$$\text{Inhibition\%} = ((A_0 - A_t) \div A_0) \times 100, (1)$$

де  $A_0$  – оптична щільність контрольного розчину (без зразка),

$A_t$  – оптична щільність після реакції з антиоксидантом.

Результати виражали у мкмоль еквівалентів тролоксу на грам сухої речовини (мкмоль ТЕ/г СР) згідно з калібрувальною кривою для тролоксу (0–500 мкМ). Метод FRAP ґрунтувався на відновленні  $\text{Fe}^{3+}$  до  $\text{Fe}^{2+}$  у присутності 2,4,6-трипіридил-S-триазину (TPTZ) в кислому середовищі. 100 мкл екстракту змішували з 3,0 мл робочого реагенту FRAP (ацетатний буфер рН 3,6, TPTZ у HCl,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), витримували 10 хв при 37°C, після чого фіксували поглинання при 593 нм. Значення виражали в мкмоль ТЕ/г СР.

Кількісний аналіз індивідуальних поліфенольних сполук проводили методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) на системі Shimadzu CTO-6A згідно з вимогами стандарту ISO 14502-2:2005 (International Organization for Standardization, 2005). Елюцію здійснювали в градієнтному режимі з використанням двох рухомих фаз: елюент А – 0,1 % розчин трифтороцтової

кислоти у воді, елюент В – ацетонітрил. Детекцію проводили при 280 нм для катехинів, 320 нм для флавонолів і 520 нм для антоціанів, відповідно до спектрофотометричних максимумів зазначених груп сполук.

Кількісне визначення здійснювали методом зовнішнього стандарту з побудовою калібрувальних кривих для EGCG (катехінова група, 280 нм), кверцетину (флавоноли, 320 нм) та ціанідину-3-глюкозиду (антоціани, 520 нм). Побудовані калібрувальні криві для EGCG, антоціанів та флавонолів наведено на рис. 1. Усі вони демонструють високу лінійність у межах робочого діапазону з коефіцієнтом детермінації  $R^2$  від 0.9957 до 0.9980. Для кожної аналітичної точки проводили три незалежні вимірювання ( $n = 3$ ), результати усереднювали. Стандартна похибка не перевищувала 3%.

### **Сенсорна та фізико-хімічна оцінка**

Сенсорну оцінку порошку та приготовленого напою проводили експертною дегустаційною комісією ( $n = 10$ ) згідно з вимогами ДСТУ ISO 8586:2019 із використанням 9-бальної шкали. Аналіз охоплював такі параметри: колір, аромат, смак, післясмак, гіркота та загальна прийнятність. Для показників «колір», «аромат», «смак», «післясмак» і «загальна прийнятність» 1 бал відповідав найнижчій оцінці (незадовільно), а 9 балів – найвищій (відмінно). Для показника «гіркота» шкалу було інтерпретовано з урахуванням інтенсивності: 1 бал означав відсутність або мінімальну гіркоту, 9 балів – надмірно виражену гіркоту. Таким чином, для гіркоти нижчі бали вважаються кращими з точки зору прийнятності.

Напій готували розчиненням 10 г порошку в 150 мл води при температурі 25 °C. Оцінювання проводили за контрольованого освітлення в нейтральних сенсорних умовах із нейтралізацією рецепторів між зразками (вода, несолоні крекери). Дані сенсорного аналізу обробляли статистично за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) з критерієм Тьюкі ( $p < 0,05$ ).

Фізико-хімічну стабільність порошкової суміші оцінювали протягом 30 днів зберігання при температурі 25 °C у герметично закритих ємностях. Аналіз включав оцінку візуальної стабільності напою (наявність осаду, зміна кольору), зміну запаху, ступінь розчинності та однорідності суспензії. Спостереження фіксували на 7, 14 та 30 день дослідження.

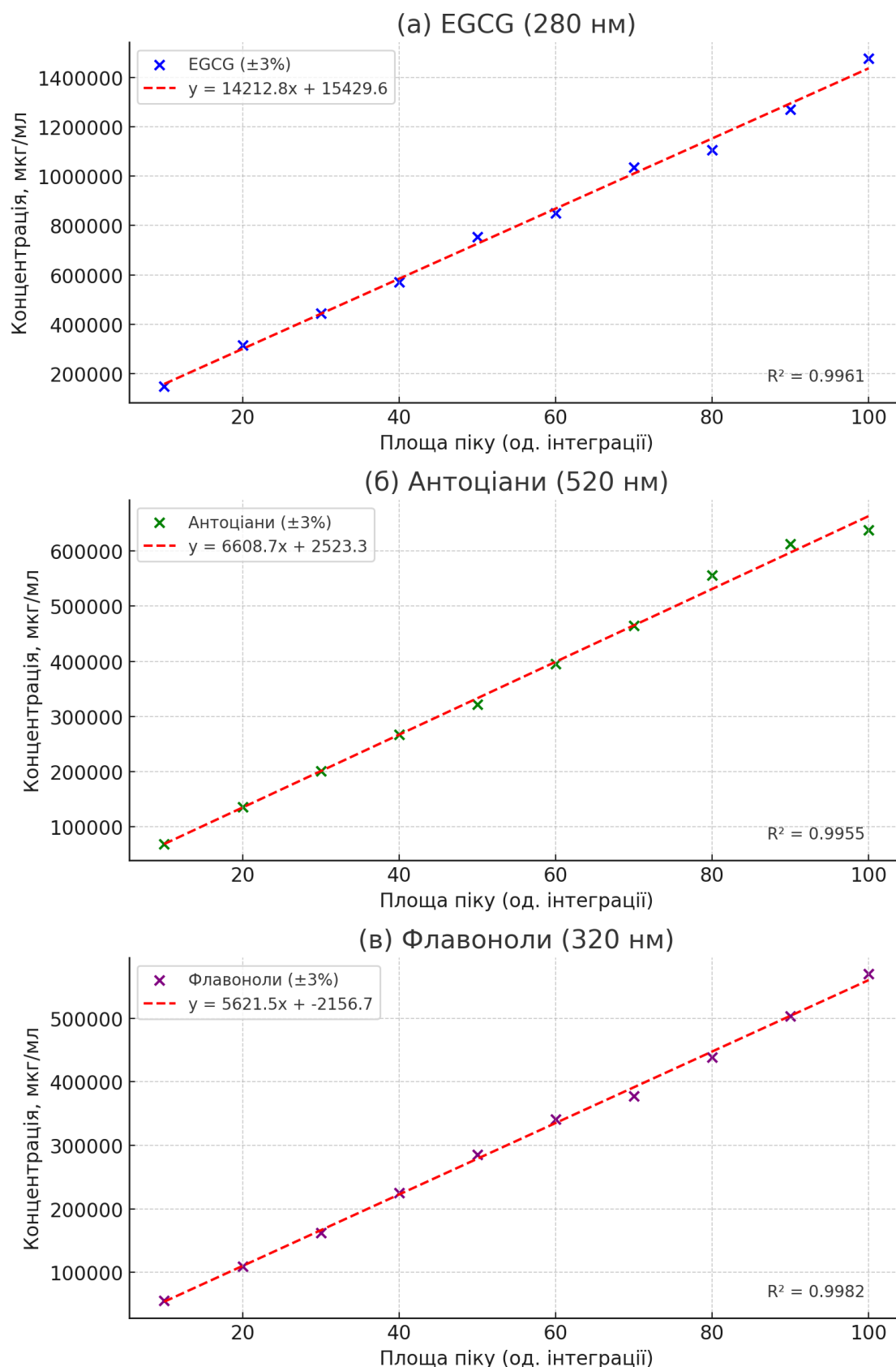


Рис. 1. Калібрувальні криві для основних поліфенольних компонентів:  
 (а) EGCG (280 нм), (б) антоціани (520 нм), (в) флавоноли (320 нм).  
 Показано усереднені значення ( $n = 3$ ) з трендовими лініями та коефіцієнтами детермінації  $R^2$ .  
 Стандартна похибка кожної точки не перевищувала 3%

Усі процедури, пов'язані з участю дегустаційної комісії, проводилися відповідно до етичних норм та були схвалені Комісією з етичної оцінки досліджень Одеського національного технологічного університету (Науково-дослідний інститут, протокол № 16-20-02-25 від 20 лютого 2025 року).

### Результати та обговорення

#### **Вплив мікрокапсуляції на стабільність поліфенолів та антиоксидантну активність**

Порівняльний аналіз зразків з інкапсульованими та неінкапсульованими поліфенолами показав, що мікрокапсуляція значно підвищує стабільність біоактивних речовин після сублімаційного сушіння (табл. 2). За результатами спектрофотометричного аналізу методом DPPH, інкапсульовані зразки зберігали  $81,6 \pm 2,1$  % своєї початкової антиоксидантної активності, тоді як неінкапсульовані – лише  $58,4 \pm 2,8$  % ( $p < 0,05$ ). Подібна тенденція спостерігалась і при використанні методу FRAP: інкапсульовані зразки демонстрували антиоксидантну здатність на рівні  $35,2 \pm 1,7$  мкмоль ТЕ/г сухої речовини, у той час як контрольні –  $21,5 \pm 2,0$  мкмоль ТЕ/г. Це свідчить про ефективність біополімерної матриці на основі натрієвого альгілату, желатину та мальтодекстрину у захисті поліфенолів від окиснення та деградації.

Дані HPLC підтвердили збереження ключових поліфенольних сполук. У капсульованих зразках вміст EGCG становив  $332,4 \pm 6,8$  мг/г, що відповідає приблизно 94,8 % від теоретично введеної кількості. У неінкапсульованих зразках цей показник

був нижчим –  $278,3 \pm 6,9$  мг/г (тобто 79,5 % збереження), що свідчить про суттєві втрати EGCG внаслідок окиснення та нестабільності під час сушіння.

Для наочного порівняння ефективності мікрокапсуляції поліфенолів було побудовано графіки, що відображають середні значення ( $\pm SD$ ) вмісту EGCG, антоціанів, а також антиоксидантної активності за методами DPPH та FRAP у зразках з інкапсульованими та неінкапсульованими поліфенолами (рис. 2).

Результати дослідження переконливо свідчать про переваги мікрокапсульованої форми, яка сприяє збереженню поліфенольних сполук та їх антиоксидантної активності після сублімаційного сушіння ( $p < 0,05$ ).

Отримані дані узгоджуються з літературними джерелами, які підтверджують ефективність мікрокапсуляції для стабілізації EGCG та антоціанів у харчових системах (Estevinho & Rocha, 2022; Bińkowska et al., 2024). Застосування сублімаційного методу сушіння в даній роботі виявилось особливо результативним: цей метод дозволив зберегти фізико-хімічні властивості продукту (колір, розчинність, вміст біоактивних речовин) без шкоди, пов'язаної з температурним впливом, як це часто спостерігається при сушінні методом розпилення. Загалом, використання мікрокапсуляції можна розглядати як ефективну технологічну стратегію для підвищення функціональної стабільності напоїв, призначених для умов із високим окисдативним навантаженням.

Таблиця 2

**Результати вимірювань вмісту поліфенолів та антиоксидантної активності (n = 3)**

| Показник             | Тип зразка  | Вимірювання 1 | Вимірювання 2 | Вимірювання 3 | Середнє $\pm$ SD |
|----------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| EGCG (мг/г)          | Інкапсул.   | 333,0         | 332,5         | 331,7         | $332,4 \pm 6,8$  |
|                      | Неінкапсул. | 277,0         | 278,9         | 279,0         | $278,3 \pm 6,9$  |
| Антоціани (мг/г)     | Інкапсул.   | 85,1          | 84,8          | 84,6          | $84,8 \pm 0,7$   |
|                      | Неінкапсул. | 65,0          | 64,8          | 65,2          | $65,0 \pm 0,6$   |
| DPPH (% інгібування) | Інкапсул.   | 82,1          | 81,4          | 81,2          | $81,6 \pm 2,1$   |
|                      | Неінкапсул. | 56,8          | 58,5          | 60,0          | $58,4 \pm 2,8$   |
| FRAP (мкмоль ТЕ/г)   | Інкапсул.   | 35,5          | 35,0          | 35,1          | $35,2 \pm 1,7$   |
|                      | Неінкапсул. | 21,3          | 21,5          | 21,7          | $21,5 \pm 2,0$   |

**Примітка:** значення подано окремо для кожного з трьох незалежних вимірювань (n = 3)

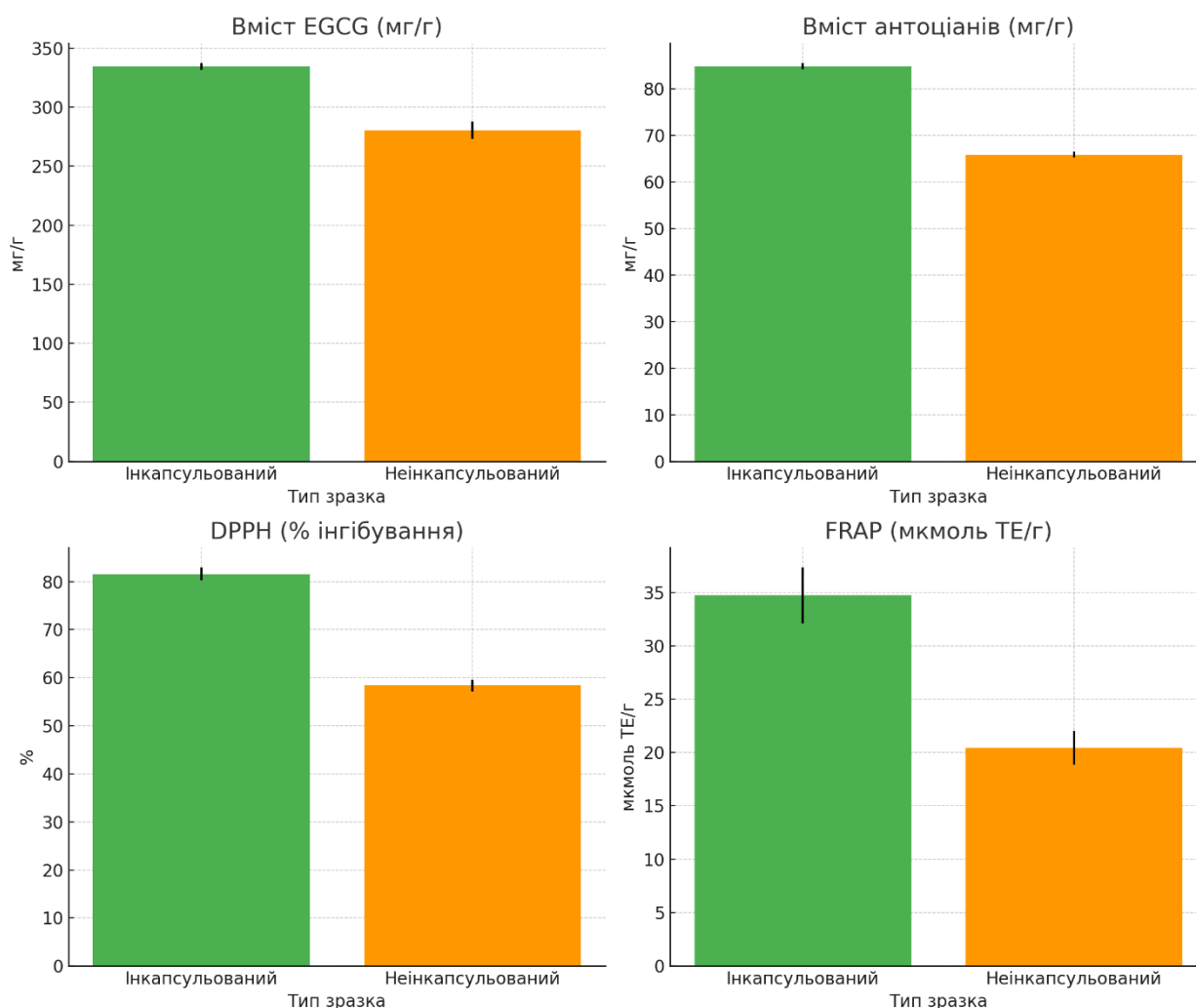


Рис. 2. Порівняння показників вмісту поліфенолів та антиоксидантної активності у зразках з інкапсульованими та неінкапсульованими поліфенолами ( $n = 3$ ). (A) EGCG (мг/г), (B) антоціани (мг/г), (C) DPPH (% інгібування), (D) FRAP (мкмоль ТЕ/г)

### Сенсорна оцінка та ефективність маскування гіркоти

За результатами органолептичної оцінки, найбільшу гіркоту, інтенсивність післясмаку та найменшу загальну прийнятність виявлено у контрольному зразку з неінкапсульованим L-тирозином, який не містив білково-вуглеводної матриці, ароматизаторів чи підсолоджувачів (табл. 3). Середній бал гіркоти в цій групі склав  $7,0 \pm 0,3$  балів за 9-бальною шкалою, при цьому загальна прийнятність не перевищувала  $5,5 \pm 0,4$  балів. Додавання білково-вуглеводної матриці на основі мальтодекстрину та ізоляту сироваткового білка дозволило знизити інтенсивність гіркоти до  $4,2 \pm 0,2$  балів ( $p < 0,05$ ) та підвищити суб'єктивну приємність смаку, аромату та після-

смаку. Зокрема, дегустаційна комісія відзначила кращу текстуру, м'якший смаковий профіль і зниження різкого металевого відтінку, характерного для чистого тирозину.

Застосування ягідного ароматизатора та сукралози додатково покращило сприйняття напою: аромат оцінили у  $8,1 \pm 0,2$  бали, післясмак –  $7,6 \pm 0,3$  бали, а загальна прийнятність зросла до  $8,0 \pm 0,2$  балів. Для порівняння, у базовому зразку без ароматизатора та підсолоджувача ці показники були на 1,2–1,5 бали нижчими. Результати підтверджують, що застосування комплексної маскувальної матриці є ефективною стратегією для покращення органолептичних характеристик функціонального напою з L-тирозином.

Таблиця 3

**Індивідуальні результати  
органолептичної оцінки зразків (n = 10)**

| Дегустатор | Конт-<br>роль –<br>гіркота | Контроль –<br>заг. оцінка | Матриця –<br>гіркота | Матриця –<br>заг. оцінка | Маску-<br>вання –<br>гіркота | Після-<br>смак | Аромат | Заг.<br>оцінка |
|------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|----------------|--------|----------------|
| Експерт 1  | 7,0                        | 5,7                       | 4,7                  | 7,0                      | 3,4                          | 7,7            | 8,0    | 8,1            |
| Експерт 2  | 6,7                        | 5,7                       | 4,2                  | 7,9                      | 3,3                          | 7,5            | 8,1    | 8,3            |
| Експерт 3  | 7,1                        | 6,0                       | 4,3                  | 7,2                      | 3,2                          | 7,4            | 7,9    | 8,0            |
| Експерт 4  | 7,4                        | 4,9                       | 3,9                  | 6,8                      | 3,1                          | 7,8            | 7,9    | 8,3            |
| Експерт 5  | 6,7                        | 5,0                       | 4,1                  | 7,5                      | 2,8                          | 7,9            | 8,3    | 7,5            |
| Експерт 6  | 6,7                        | 5,6                       | 4,3                  | 6,7                      | 3,0                          | 7,9            | 8,4    | 8,2            |
| Експерт 7  | 7,4                        | 5,4                       | 4,0                  | 7,3                      | 3,1                          | 7,3            | 8,1    | 8,0            |
| Експерт 8  | 7,1                        | 6,1                       | 4,4                  | 6,4                      | 3,5                          | 7,5            | 8,3    | 7,9            |
| Експерт 9  | 6,6                        | 5,4                       | 4,1                  | 6,7                      | 3,3                          | 7,7            | 8,2    | 8,0            |
| Експерт 10 | 7,0                        | 5,2                       | 4,2                  | 7,3                      | 2,7                          | 7,9            | 8,0    | 7,6            |

Сенсорні характеристики зразків представлено у формі профілограми (рис. 3), яка відображає вплив білково-вуглеводної матриці, ароматизатора та сукралози на органолептичне сприйняття напою. Графічна візуалізація демонструє значне зменшення вираженості гіркоти та покращення загального смакового профілю завдяки комплексному підходу до формуляції.

Додавання мікрокапсульованого EGCG дозволило знизити характерну терпкість, притаманну некапсульованому екстракту, що підтверджується і результатами попередніх досліджень щодо ефективності інкапсуляції катехинів у зменшенні небажаного присмаку в напоях. Зокрема, Kochubei et al. (2025) експериментально довели, що використання ягідної основи у функціональних напоях сприяє ефективному маскуванню гіркоти катехинів, що позитивно впливає на сприйняття продукту споживачами. Це також узгоджується з узагальне-

ними висновками ряду оглядових робіт (Estevinho & Rocha, 2022; Bińkowska et al., 2024), які на основі експериментальних досліджень інших авторів зазначають, що мікрокапсуляція EGCG сприяє зменшенню гіркоти та покращенню органолептичних властивостей напоїв. Поєднання L-тирозину, L-теаніну, поліфенолів та маскувальних компонентів сприяло формуванню гармонійного сенсорного профілю, який, ймовірно, позитивно впливає на прийнятність продукту для споживачів у стресогенних умовах.

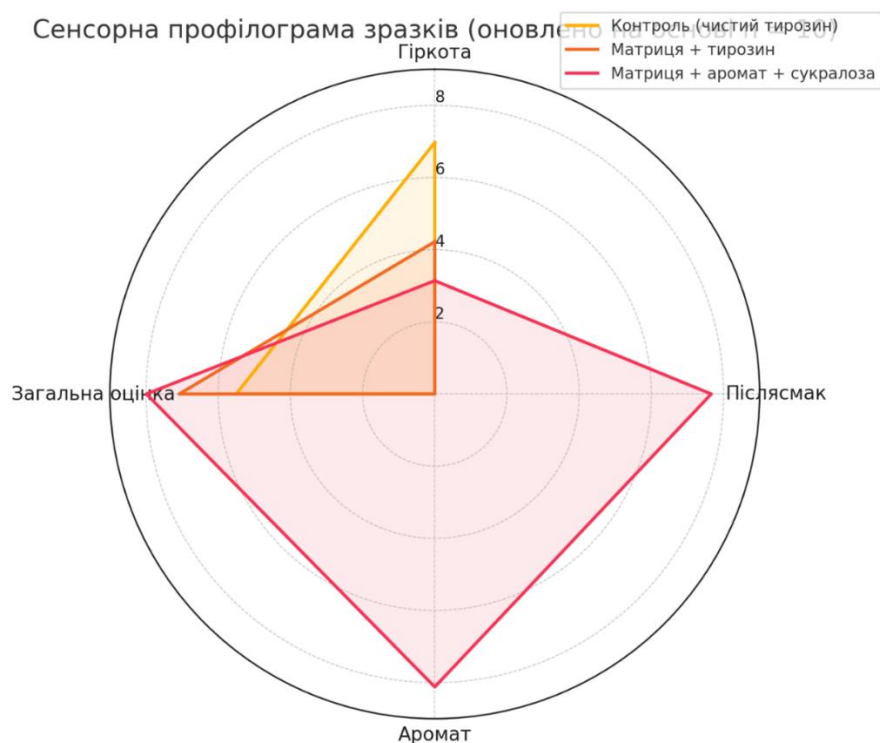
**Фізико-хімічна стабільність напою під час зберігання**

Оцінку стабільності функціонального напою протягом зберігання здійснювали на 7, 14 та 30 день. Порівняльні результати для зразків із мікрокапсульованими поліфенолами та контрольних зразків представлено в табл. 4.

Таблиця 4

**Динаміка змін органолептичних показників функціонального напою  
протягом зберігання (25 °C, 30 днів)**

| Показник              | День 7      |            | День 14            |                    | День 30            |                         |
|-----------------------|-------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
|                       | (Інкапсул.) | (Контроль) | (Інкапсул.)        | (Контроль)         | (Інкапсул.)        | (Контроль)              |
| Інтенсивність кольору | Насичений   | Насичений  | Насичений          | Менш інтенсивний   | Насичений          | Тьмянний                |
| Осад                  | Відсутній   | Відсутній  | Відсутній          | Сліди осаду        | Відсутній          | Осад помітний           |
| Запах                 | Ягідний     | Ягідний    | Ягідний (без змін) | Ягідний (без змін) | Ягідний (без змін) | Легкий окисний відтінок |



**Рис. 3. Сенсорна профілограма зразків з L-тирозином у різних матрицях (n = 10)**

Усі зразки зберігали у герметичних контейнерах при температурі 25 °С без доступу світла. Основна увага приділялася зміні розчинності, кольору, запаху, а також наявності осаду у готовому розчині.

Протягом усього періоду зберігання зразки з білково-вуглеводною матрицею та мікрокапсульованими поліфенолами демонстрували добру розчинність та однорідність. Час повного розчинення у воді (150 мл, 25 °С) не змінювався і становив близько 30–40 секунд при легкому перемішуванні. На 30-й день майже жодних істотних змін в інтенсивності кольору, утворення осаду або появи сторонніх запахів не зафіксовано. Колір залишався насиченим фіолетово-бордовим, з характерним ягідним тоном, без помутніння.

Натомість контрольні зразки, які містили неінкапсульовані поліфеноли, вже на 14 день демонстрували помітне зниження інтенсивності забарвлення та появу дрібного осаду, що вказує на часткову деградацію антоціанів і EGCG. Наприкінці 30-денного періоду зберігання відзначено зміну запаху в контрольному зразку – поява легкого окисного відтінку, відсутнього у зразках з інкапсульованими компонентами.

Загалом, отримані результати підтверджують, що мікрокапсуляція поліфенолів, а також використання матриці для активних

речовин забезпечують високу стабільність продукту під час зберігання при кімнатній температурі. Це особливо важливо для практичного застосування функціонального напою у польових умовах, де відсутній контроль за температурою чи спеціальні умови зберігання. Стабільність кольору, запаху і відсутність осаду впродовж 30 днів свідчать про доцільність обраного підходу до формуляції.

#### **Прикладна ефективність та потенціал використання**

Отримані результати підтверджують, що розроблений функціональний напій має потенціал для використання у складі раціону осіб, які працюють в умовах підвищеного психофізіологічного навантаження, зокрема військовослужбовців. За результатами лабораторного дослідження, мікрокапсуляція EGCG із застосуванням альгінату, мальтодекстрину та желатину дозволила зберегти до 95 % його антиоксидантної активності, що підтверджує ефективність обраної технології. У табл. 5 наведено ключові компоненти, їх функціональні ролі, технологічні рішення та очікувані переваги застосування, які разом формують науково обґрунтовану формулу функціонального напою.

Таблиця 5

## Характеристика інгредієнтів, технологічних рішень та очікуваних ефектів

| Компонент / Технологія                | Функціональна роль                                 | Технологічне рішення                             | Очікуваний ефект / Перевага                               |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| EGCG (зеленого чаю)                   | Антиоксидант, нейропротектор                       | Мікрокапсуляція + сублімаційне сушіння           | Зменшення втрат біоактивності, зниження гіркоти           |
| L-тирозин                             | Підвищення когнітивної витривалості                | Введення у білково-вуглеводну матрицю            | Зниження гіркоти, покращення смаку, швидке всмоктування   |
| Кофеїн                                | Стимуляція уваги та реакції                        | Точне дозування + поєднання з теаніном           | Помірний стимулюючий ефект без тахікардії                 |
| L-теанін                              | Зниження нервової напруги, покращення концентрації | Введення у суміш разом із кофеїном               | Баланс збудження / спокою, синергічна дія                 |
| Антоціани ягід                        | Покращення кровообігу, пам'яті                     | Сушіння + мікрокапсуляція                        | Стабільність кольору, антиоксидантна дія                  |
| Сукралоза + ароматизатор              | Органолептична привабливість                       | Додавання в маскувальну матрицю                  | Зниження гіркоти, приємний смак                           |
| Формат порошку миттєвого приготування | Зручність, мобільність, швидкість                  | Суміш швидко розчинних компонентів               | Легка вага, розчинення < 1 хв, підходить для бойових умов |
| Мікрокапсуляція поліфенолів           | Захист EGCG і антоціанів                           | Альгінат + мальтодекстрин + желатин + сублімація | Збереження антиоксидантної активності                     |

Поєднання EGCG, L-тироzinу, кофеїну, L-теаніну, цинку та антоціанів ягідного походження дозволяє створити мультикомпонентну формулу з вираженим нейропідтримуючим, антиоксидантним і когнітивно активуючим ефектом. Такий підхід забезпечує не лише тимчасову стимуляцію (за рахунок кофеїну), але й більш тривалу підтримку когнітивної витривалості завдяки тирозину, поліфенолам і цинку.

Особливе значення має форма продукту – порошок швидкого приготування. Це дозволяє зручно транспортувати та швидко вживати напій без необхідності в складному приготуванні, що критично важливо у польових та бойових умовах. Легка вага, стабільність при кімнатній температурі та висока швидкість розчинення забезпечують функціональну зручність. Завдяки ефективному маскуванню гіркоти та покращеним органолептичним властивостям, напій має високу сенсорну прийнятність, що підвищує ймовірність його регулярного вживання особами у стресових ситуаціях. У порівнянні з традиційними енергетичними напоями, які містять надлишкову кількість кофеїну та цукру, запропонований продукт вирізняється збалансованим складом, наявністю нутрієнтів з науково підтвердженою дією та зниженою ймовірністю побічних ефектів (збудження, тахікардія, зневоднення).

Враховуючи стабільність біоактивних компонентів, високу антиоксидантну активність, органолептичну прийнятність і простоту використання, напій може стати корисним інструментом у підтримці когнітивного ресурсу військових, рятувальників, спортсменів та інших груп з високим навантаженням.

У межах цього дослідження було проведено лабораторну оцінку фізико-хімічних, антиоксидантних та органолептичних властивостей продукту, однак без моделювання бойового або польового навантаження. Будь-яка оцінка впливу на когнітивні функції чи фізичну витривалість не проводилася. Це слід враховувати при інтерпретації результатів. Подальші етапи дослідження передбачають клінічне тестування функціонального напою в умовах підвищеного фізичного та когнітивного навантаження (зокрема на полігоні або під час підготовки новобранців).

### Висновки

У результаті дослідження розроблено порошкову суміш для миттєвого приготування функціонального напою, спрямованого на підтримку когнітивної витривалості в умовах бойового стресу. До складу включено EGCG, L-тирозин, кофеїн, L-теанін, антоціани ягід та цинк. Застосування мікрокапсуляції поліфенолів (альгінат, желатин, мальто-

декстрин) у поєднанні з сублімаційним сушінням забезпечило на 38,3 % вищу антиоксидантну активність за методом DPPH (81,6 % проти 58,4 %) та на 63,7 % вищу активність за методом FRAP (35,2 мкмоль ТЕ/г проти 21,5 мкмоль ТЕ/г) у порівнянні з неінкапсульованими зразками ( $p < 0,05$ ). Збереження EGCG зросло з 79,5 % до 94,8 %, а антоціанів – з 65,8 мг/г до 84,8 мг/г, що свідчить про ефективність обраної матриці.

Введення тирозину у білково-вуглеводну матрицю з ароматизатором і підсолоджувачем дозволило знизити інтенсивність гіркоти з  $7,0 \pm 0,3$  до  $3,1 \pm 0,3$  бали та підвищити загальну сенсорну прийнятність з  $5,5 \pm 0,4$  до  $8,0 \pm 0,2$  бали. Напій також продемонстрував високу розчинність (30–40 с) та стабільність протягом 30 днів

зберігання при кімнатній температурі без втрати кольору, запаху чи появи осаду.

Отримані результати свідчать про практичну перспективність використання розробленого продукту у військових або екстремальних умовах для підтримки уваги, реакції та розумової витривалості. У межах дослідження було здійснено лабораторну оцінку фізико-хімічних, антиоксидантних та органолептичних властивостей продукту. Оцінювання впливу на когнітивні функції або фізичну працездатність не проводилося. Це обмеження слід враховувати при інтерпретації результатів. Подальші етапи дослідження передбачають вивчення ефективності напою в умовах підвищеного фізичного та когнітивного стресу (зокрема на полігоні або під час підготовки новобранців).

### **Фінансування/Funding**

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

### **Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement**

Усі процедури, пов'язані з участю дегустаційної комісії, проводилися відповідно до етичних норм та були схвалені Комісією з етичної оцінки досліджень Одеського національного технологічного університету (Науково-дослідний інститут, протокол № 16-20-02-25 від 20 лютого 2025 року) / All procedures involving the participation of the tasting panel were conducted in accordance with ethical standards and were approved by the Commission on Ethical Assessment of Research of the Odesa National University of Technology (Scientific Research Institute, protocol No. 16-20-02-25 dated February 20, 2025).

### **Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement**

Усі учасники сенсорного тестування надали усну інформовану згоду на участь у дослідженні. Дані знеособлені та представлені в узагальненому вигляді без можливості ідентифікації особистості / All participants in the sensory evaluation provided verbal informed consent prior to participation. The data were anonymized and are presented in an aggregated form without the possibility of individual identification.

### **Заява про доступність даних / Data Availability Statement**

Набір даних доступний за запитом до автора / Dataset available on request from the author.

### **Конфлікт інтересів / Conflict of interest**

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів / The authors declare no conflict of interest.

### **Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement**

Не застосовується / Not applicable.

### **Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process**

Автор використовувала інструменти генеративного штучного інтелекту (ChatGPT, OpenAI) лише для покращення мови та граматики статті. Науковий зміст, дизайн дослідження, інтерпретація даних та висновки були повністю розроблені автором без генерації змісту за допомогою ШІ. Після використання цього інструменту автор ретельно переглянула та відредагувала вміст за необхідності і несе повну відповідальність за

остаточну опубліковану версію / The author used generative AI-based tools (ChatGPT, OpenAI) to improve the language and grammar of the article. The scientific content, study design, data interpretation, and conclusions were entirely developed by the author without the generation of content by AI. After using this tool, the author carefully reviewed and edited the content as needed and takes full responsibility for the final published version.

### References

- Ahles, S., Joris, P. J., & Plat, J. (2021). Effects of berry anthocyanins on cognitive performance, vascular function and cardiometabolic risk markers: A systematic review of randomized placebo-controlled intervention studies in humans. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(12), 6482. <https://doi.org/10.3390/ijms22126482>
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bińkowska, W., Szpicer, A., Stelmasiak, A., Wojtasik-Kalinowska, I., & Półtorak, A. (2024). Microencapsulation of polyphenols and their application in food technology. *Applied Sciences*, 14(24), 11954. <https://doi.org/10.3390/app142411954>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Deijen, J. B., Wientjes, C. J., Vullings, H. F., Cloin, P. A., & Langefeld, J. J. (1999). Tyrosine improves cognitive performance and reduces blood pressure in cadets after one week of a combat training course. *Brain Research Bulletin*, 48(2), 203–209. [https://doi.org/10.1016/s0361-9230\(98\)00163-4](https://doi.org/10.1016/s0361-9230(98)00163-4)
- Estevinho, B. N., & Rocha, F. (2022). Development of food-grade controlled delivery systems by microencapsulation of polyphenols with health benefits. In M. A. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Handbook of functional beverages and human health* (pp. 1089–1114). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-04797-8\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-031-04797-8_42)
- Fan, J., & Smith, A. P. (2020). Effects of occupational fatigue on cognitive performance of staff from a train operating company: A field study. *Frontiers in Psychology*, 11, 558520. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.558520>
- Fekete, M., Lehoczki, A., Tarantini, S., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Csizmadia, Z., & Varga, J. T. (2023). Improving cognitive function with nutritional supplements in aging: A comprehensive narrative review of clinical studies investigating the effects of vitamins, minerals, antioxidants, and other dietary supplements. *Nutrients*, 15(24), 5116. <https://doi.org/10.3390/nu15245116>
- Gibson, E. L., & Green, M. W. (2002). Nutritional influences on cognitive function: Mechanisms of susceptibility. *Nutrition Research Reviews*, 15(1), 169–206. <https://doi.org/10.1079/NRR200131>
- Giles, G. E., Mahoney, C. R., Brunyé, T. T., Taylor, H. A., & Kanarek, R. B. (2017). Caffeine and theanine exert opposite effects on attention under emotional arousal. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 95(1), 93–100. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2016-0498>
- Grabska-Kobyłecka, I., Szpakowski, P., Król, A., Książek-Winiarek, D., Kobyłecki, A., Głabiński, A., & Nowak, D. (2023). Polyphenols and their impact on the prevention of neurodegenerative diseases and development. *Nutrients*, 15(15), 3454. <https://doi.org/10.3390/nu15153454>
- International Organization for Standardization. (2005). *Determination of substances characteristic of green and black tea – Part 2: Content of catechins in green tea – Method using high-performance liquid chromatography (ISO 14502-2:2005)*. <https://www.iso.org/standard/31357.html>
- Islam, M. R., Rauf, A., Akter, S., Akter, H., Al-Imran, M. I. K., Islam, S., Nessa, M., Shompa, C. J., Shuvo, M. N. R., Khan, I., Al Abdulmonem, W., Aljohani, A. S. M., Imran, M., & Iriti, M. (2025). *Epigallo-*

*catechin 3-gallate-induced neuroprotection in neurodegenerative diseases: Molecular mechanisms and clinical insights. Molecular and Cellular Biochemistry*, 480(6), 3363-3383. <https://doi.org/10.1007/s11010-025-05211-4>

Kochubei, E., Lomovskiy, I., Lomovsky, O., Baktybekova, J., Koptev, V., Andreeva, A., Matveeva, A., Vorobyov, A., Tantawy, A. A., Eid, M. H., El-Messery, T. M., & Bychkova, E. (2025). Optimization of microencapsulation of green tea extract for functional beverage development. *Applied Food Research*, 5(1), 100790. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100790>

Lieberman, H. R., Bathalon, G. P., Falco, C. M., Kramer, F. M., Morgan, C. A., & Niro, P. (2005). Severe decrements in cognition function and mood induced by sleep loss, heat, dehydration, and undernutrition during simulated combat. *Biological Psychiatry*, 57(4), 422-429. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.11.014>

Mahoney, C. R., Castellani, J., Kramer, F. M., Young, A., & Lieberman, H. R. (2007). Tyrosine supplementation mitigates working memory decrements during cold exposure. *Physiology & Behavior*, 92(4), 575-582. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.05.003>

Martin, K., Meeusen, R., Thompson, K. G., Keegan, R., & Rattray, B. (2018). Mental fatigue impairs endurance performance: A physiological explanation. *Sports Medicine*, 48(9), 2041-2051. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0946-9>

McLellan, T. M., Caldwell, J. A., & Lieberman, H. R. (2016). A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 71, 294-312. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.09.001>

Owen, G. N., Parnell, H., De Bruin, E. A., & Rycroft, J. A. (2008). The combined effects of L-theanine and caffeine on cognitive performance and mood. *Nutritional Neuroscience*, 11(4), 193-198. <https://doi.org/10.1179/147683008X301513>

Pervin, M., Unno, K., Ohishi, T., Tanabe, H., Miyoshi, N., & Nakamura, Y. (2018). Beneficial effects of green tea catechins on neurodegenerative diseases. *Molecules*, 23(6), 1297. <https://doi.org/10.3390/molecules23061297>

Wang, X., Wang, H., Zhang, F., Cui, Y., Zhang, D., & Shen, X. (2021). Threshold effects and interactive effects of total zinc and selenium intake on cognitive function in older adults. *Clinical Nutrition ESPEN*, 47, 383-389. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.11.001>

Received: 30.04.2025. Accepted: 06.06.2025. Published: 10.07.2025.

**Ви можете цитувати цю статтю так:**

Черненко С. Розробка порошкової суміші для приготування напою з інгредієнтами, що сприяють підвищенню когнітивної витривалості. *Biota. Human. Technology*. 2025. №2. С. 96-108

**Cite this article in APA style as:**

Chernenko, S. (2025). Development of a powder mixture for preparing a drink with ingredients that promote increase cognitive endurance. *Biota. Human. Technology*, (2), 96-108. (in Ukrainian)

**Information about the author:**

**Chernenko S.** [in Ukrainian: **Черненко С.**], Master, Food technologist, email: [imsophy2404@gmail.com](mailto:imsophy2404@gmail.com)  
ORCID: 0009-0003-7811-3259

Department of Restaurant and Healthy Food Technologies, M.O. Grishyn Educational and Scientific Institute of Food Technologies, Odesa National University of Technology  
112 Kanatna Street, Odesa, 65039, Ukraine