



DOI: <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2026.3.16518>

УДК 615.322.07::547.814.5:543.422.3:582.461

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ СУМИ ФЛАВОНОЇДІВ У ДІЄТИЧНИХ ДОБАВКАХ *GINKGO BILOBA* ВІДПОВІДНО ДО МЕТОДИК ДФУ

І. Б. Івануса, Г. С. Данчук, М. М. Михалків, О. Б. Ковальська

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського
Міністерства охорони здоров'я
ivanusa@tdmu.edu.ua

ІНФОРМАЦІЯ

Дата першого надходження
статті до видання / Received:
17.06.2026

Дата прийнятої статті до друку
після рецензування / Revised:
21.09.2026

Дата публікації статті / Accepted:
30.09.2026



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

Ключові слова:

Ginkgo biloba,
дієтичні добавки,
флавоноїди,
гіперозид,
спектрофотометрія,
фармакопейні методики,
зелена аналітична хімія,
AGREE,
MoGAPI.

АНОТАЦІЯ

Мета роботи – провести кількісне визначення суми флавоноїдів у дієтичних добавках *Ginkgo biloba* із використанням методу спектрофотометрії відповідно до методик ДФУ.

Матеріали і методи. Об'єктами дослідження були дієтичні добавки на основі *Ginkgo biloba* різних виробників. Кількісне визначення сумарного вмісту флавоноїдів здійснювали із застосуванням двох фармакопейних методик, рекомендованих для аналізу лікарської рослинної сировини, зокрема глоду та звіробою. Визначення проводили спектрофотометричним методом із подальшим розрахунком вмісту флавоноїдів у перерахунку на гіперозид. Обрані методики забезпечують можливість достовірної оцінки вмісту біологічно активних сполук у досліджуваних зразках.

Результати й обговорення. Встановлено значні відмінності у визначенні суми флавоноїдів у досліджуваних дієтичних добавках *Ginkgo biloba*. Найвищий вміст флавоноїдів у ДД визначено для зразка № 1, а найнижчий для зразка № 2. Отримані результати співпадають між двома застосованими методиками та підтверджуються даними спектрофотометричного аналізу. Показано, що методика з використанням алюміній хлориду забезпечує вищі значення сумарного вмісту флавоноїдів, зокрема флавонів і флавонолів та відповідних агліконів, які утворилися завдяки попередньому гідролізу флавоноїдних глікозидів. Тоді як методика з борно-щавлевим реактивом є більш селективною і визначає переважно флавонольні сполуки. Оцінка екологічності продемонструвала, що обидві методики мають прийнятний рівень «зеленості», однак більш екологічно доцільною є методика з борно-щавлевим реактивом, що зумовлено помірними умовами проведення аналізу та меншими енерговитратами. Отримані результати свідчать про доцільність вибору методики залежно від цілей дослідження.

Висновки. Встановлено, що досліджувані дієтичні добавки *Ginkgo biloba* суттєво відрізняються за вмістом флавоноїдів, методика з використанням алюміній хлориду забезпечує визначення ширшого спектра флавоноїдних сполук та вищі значення їх сумарного вмісту, тоді як методика з борно-щавлевим реактивом характеризується більшою селективністю та кращою екологічністю, що визначає доцільність їх застосування залежно від мети аналізу.

Вступ. Дієтичні добавки (ДД), що використовуються як джерело додаткових біологічно активних речовин для підтримки та покращення стану здоров'я, набувають дедалі більшої популярності серед окремих груп населення. За результатами опитувань встановлено, що частина пацієнтів має недостатньо коректне уявлення щодо ефективності та доцільності їх застосування, що може бути причиною необґрунтованого або неконтрольованого споживання [1]. Встановлено, що виникнення проблем у сфері громадського здоров'я може бути пов'язане з токсичністю деяких компонентів добавки, взаємодією з іншими лікарськими засобами, а також із відсутністю або недостатнім вмістом заявленої кількості біологічно активних речовин у їх складі [2]. Відповідно до Закону України № 4122-IX «Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення регулювання виробництва та обігу дієтичних добавок і врегулювання інших питань у сфері охорони здоров'я», виробник або імпортер перед введенням дієтичної добавки в обіг зобов'язаний подати до Держпродспоживслужби повідомлення, що містить відомості про назву продукту, його склад і кількісний вміст кожного компонента. Законодавством також передбачено використання у виробництві лише дозволених речовин у межах встановлених максимально допустимих доз. Дієтичні добавки мають відповідати декларованому вмісту та встановленим вимогам до якості. У разі виявлення невідповідності складу або застосування недозволених інгредієнтів до виробника можуть бути застосовані фінансові санкції [3].

Ginkgo biloba (гінкго дволопатеве) – представник родини *Ginkgoaceae*, який є одним із найдавніших видів рослин, що існує понад 200 мільйонів років. Дерева можуть досягати висоти 20 – 30 м, а їх листки мають характерну форму, розділену на дві частки. Природним ареалом походження є Китай, Японія та Корея, однак нині рослину культивують у багатьох країнах світу завдяки її лікувальним властивостям, зумовленим наявністю біологічно активних сполук у листі та насінні [4]. Екстракт листя *Ginkgo biloba* внесено до медичного довідника «Компендіум» як дієтичну добавку з м'якою тонізуючою дією, добавку до харчових продуктів, що сприяють покращенню обміну речовин у тканинах головного мозку, а також у складі засобів, що підтримують нормалізацію периферичного, зокрема венозного, кровообігу [5]. Серед біологічно активних сполук, що містяться у листі *Ginkgo biloba*, особливу увагу привертають флавоноїди, які зумовлюють значну частину фармакологічної активності рослини. Одним із представників цієї групи є гіперозид [6, 7]. Гіперозид (рис. 1) (кверцетин-3-О-галактозид) – один із основних флавоноїдів листя *Ginkgo biloba*, що належить до флавонолглікозидів, тому доцільним є визначення сумарного вмісту флавоноїдів у дієтичних добавках у перерахунку на гіперозид. Такий підхід забезпечує стандартизацію результатів аналізу та дозволяє об'єктивно оцінювати якість продукції [8].

Мета дослідження – провести кількісне визначення суми флавоноїдів у дієтичних добавках *Ginkgo*

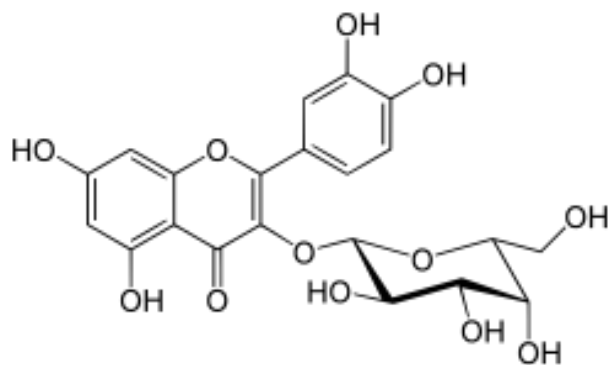


Рис. 1. Структурна формула гіперозиду

biloba із використанням методу спектрофотометрії відповідно до методик ДФУ.

Матеріали і методи. Об'єктами дослідження були дієтична добавка іноземного виробництва фірми «АНАНТА medicare» «Гінкго білоба АНАНТА 120», виробником є «Індастріал Еріа, Удіог Віхар, Шрігангангар, Індія», (зразок № 1) [9]; дієтична добавка вітчизняного виробництва фірми ТОВ «НВЛ «Фітопродукт» (м. Харків) «Гінкго білоба», (зразок № 2) [10]; дієтична добавка вітчизняного виробництва фірми АТ «ВІТАМІНИ» (м. Умань) «Гінкго білоба», (зразок № 3) [11].

Для визначення суми вмісту флавоноїдів у досліджуваних дієтичних добавках використовували дві фармакопейні методики, рекомендовані для аналізу лікарської рослинної сировини, зокрема глоду та звіробою. Обрані методики забезпечують можливість достовірної оцінки вмісту флавоноїдів у перерахунку на гіперозид [12, 13].

Результати й обговорення. Кількісне визначення вмісту суми флавоноїдів у перерахунку на гіперозид у капсулах *Ginkgo biloba* різних виробників здійснювали спектрофотометричним методом з використанням фармакопейної методики із застосуванням алюміній хлориду (методика 1). Метод базується на утворенні комплексної сполуки флавоноїдів з алюміній хлоридом, яка характеризується жовто-зеленим забарвленням з опалесценцією. Інтенсивність отриманого забарвлення є прямо пропорційною концентрації флавоноїдних сполук, що забезпечує можливість їх кількісного визначення. Для зразка № 1 встановлено найвищий вміст флавоноїдів, середнє значення якого становить близько 5,382 % (табл. 1). Виражена інтенсивність поглинання та достатня відтворюваність результатів вказує на високий вміст флавоноїдних сполук у складі ДД.

Аналіз отриманих спектрів поглинання (рис. 2) демонструє чітко виражений максимум при довжині хвилі 425 нм, що є характерним для комплексів флавоноїдів з алюміній хлоридом. Наявність максимуму поглинання свідчить про відповідну концентрацію аналіту та відсутність істотного впливу сторонніх домішок, які могли б спотворювати результати визначення. Це підтверджує високу якість досліджуваного екстракту.

Таблиця 1

Результати визначення суми флавоноїдів за реакцією з алюміній хлоридом (методика 1) для зразка № 1

№ експерименту	A	X, %	Метрологічні характеристики
1	0,426	5,379	$\bar{X} = 5,382$ $\Delta X = 0,0076$ $S = 0,0030$ $S(x) = 1,76 \cdot 10^{-3}$ $\varepsilon = 0,14 \%$
2	0,424	5,385	
3	0,418	5,383	

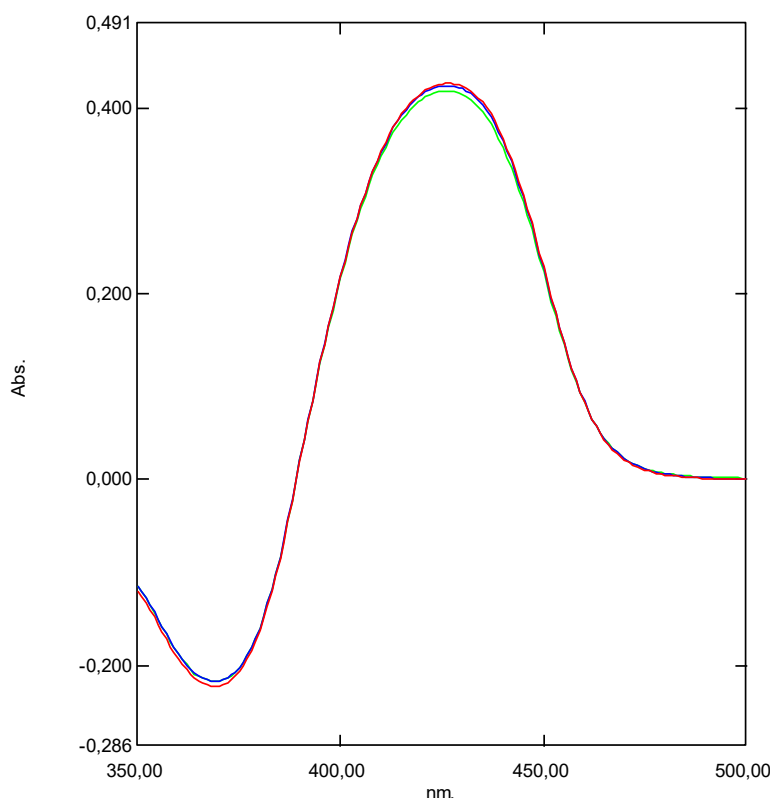


Рис. 2. Спектри поглинання випробовуваних розчинів, отриманих за методикою 1 для зразка № 1

Згідно з даними, які наведені в табл. 1, досліджувана ДД характеризується достатнім вмістом флавоноїдів, це вказує на використання якісної рослинної сировини *Ginkgo biloba*. Високий вміст біологічно активних сполук підтверджує якість екстракту та відповідність технологічним вимогам виробництва. Отримані результати дають підстави віднести дану добавку до продукції належної якості з достатнім вмістом діючих речовин, здатних забезпечувати очікуваний фізіологічний ефект.

Відповідно до даних таблиці 2, значно нижчий вміст флавоноїдів визначено для зразка № 2, середнє значення якого становить близько 0,265 %. Отримані результати суттєво відрізняються від показників інших досліджуваних зразків і показують низький вміст біологічно активних сполук у складі даної дієтичної добавки.

Аналіз спектрів поглинання для даного зразка дієтичної добавки (рис. 3) вказує на дуже низьку інтенсивність сигналу; максимум поглинання виражений слабо або практично відсутній. Такий характер спектра не

є типовим для комплексів флавоноїдів з алюміній хлоридом і може вказувати на мінімальну концентрацію сполук, здатних до комплексоутворення.

Отримані дані свідчать про те, що досліджувана дієтична добавка може містити недостатню кількість екстракту *Ginkgo biloba* або виготовлена з рослинної сировини з низьким вмістом флавоноїдів. Також не виключається можливість втрати біологічно активних речовин у процесі виробництва чи зберігання. Низький вміст діючих речовин може обмежувати здатність добавки забезпечувати очікуваний фізіологічний ефект та викликає сумніви щодо відповідності декларованого вмісту.

Як показано у таблиці 3 ДД зразка № 3 характеризується середнім рівнем вмісту флавоноїдів, який становить близько 3,127 %. Отримані результати підтверджують наявність достатньої кількості біологічно активних сполук у складі, проте їх вміст є нижчим порівняно зі зразком № 1.

Аналіз спектрів поглинання показує, що максимум поглинання відповідає утворенню комплексів флавоноїдів з алюміній хлоридом (рис. 4) та має

Таблиця 2

Результати визначення суми флавоноїдів за реакцією з алюміній хлоридом (методика 1) для зразка № 2

№ експерименту	A	X, %	Метрологічні характеристики
1	0,046	0,289	$\bar{X} = 0,265$ $\Delta X = 0,0608$ $S = 0,0245$ $S(x) = 1,41 \cdot 10^{-2}$ $\varepsilon = 23,00 \%$
2	0,042	0,265	
3	0,038	0,240	

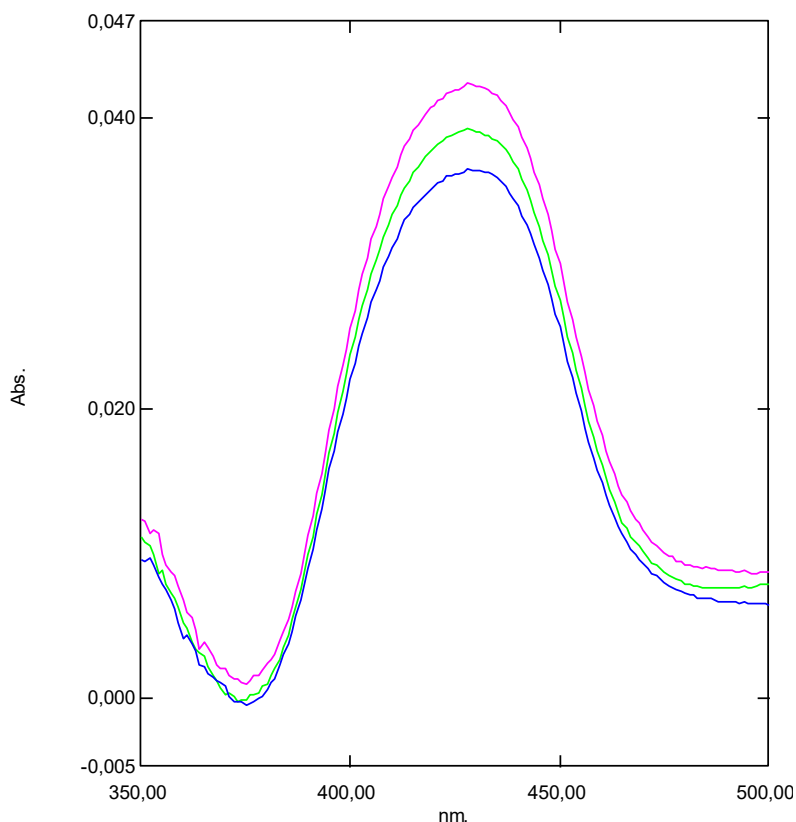


Рис. 3. Спектри поглинання випробовуваних розчинів за методикою 1 для зразка № 2

Таблиця 3

Результати визначення суми флавоноїдів за реакцією з алюміній хлоридом (методика 1) для зразка № 3

№ експерименту	A	X, %	Метрологічні характеристики
1	0,397	3,068	$\bar{X} = 3,127$ $\Delta \bar{X} = 0,2053$ $S = 0,0826$ $S(x) = 4,77 \cdot 10^{-2}$ $\varepsilon = 6,56 \%$
2	0,401	3,093	
3	0,420	3,222	

помірну інтенсивність, що узгоджується з отриманими результатами та вказує на середній вміст флавоноїдів у препараті. Форма спектру є характерною для екстракту *Ginkgo biloba*, що підтверджує наявність відповідних сполук і відсутність сторонніх домішок, здатних впливати на результати аналізу.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що досліджувана дієтична добавка характеризується задовільним вмістом флавоноїдів. Використана рослинна сировина загалом відповідає

встановленим вимогам, а технологічний процес сприяє збереженню біологічно активних речовин. Разом з тим отримані дані вказують на те, що дана добавка поступається зразку № 1 за вмістом діючих речовин, що може впливати на її потенційну ефективність.

Кількісне визначення суми флавоноїдів за другою методикою здійснювали із застосуванням реакційної системи на основі борної та щавлевої кислот у мурашиній кислоті, що забезпечує утворення забарвлених комплексів із флавоноїдами з максимумом

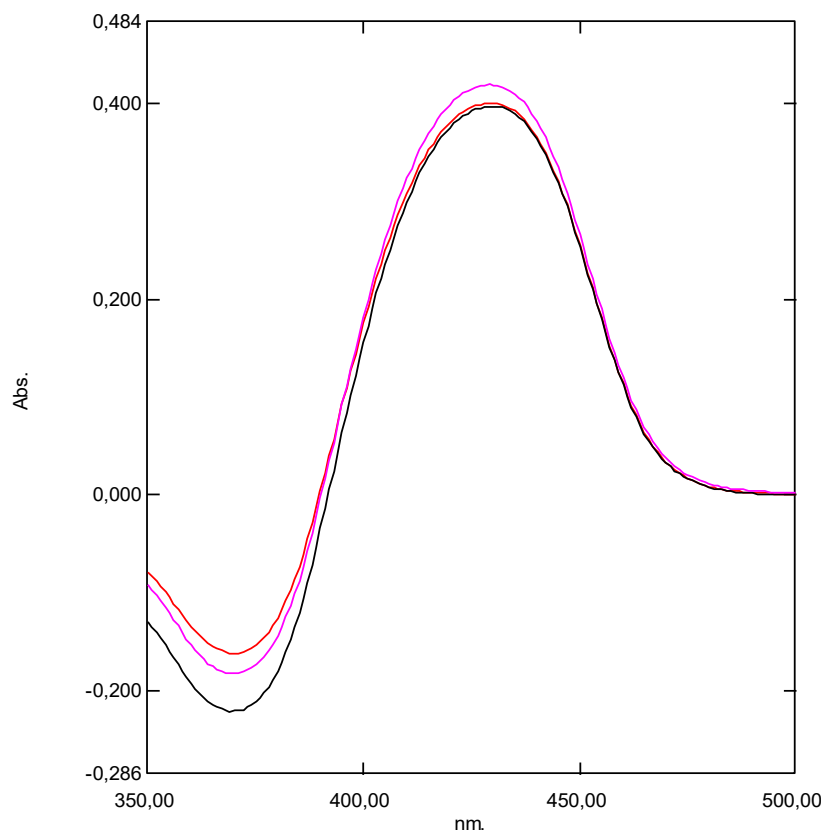


Рис. 4. Спектри поглинання випробовуваних розчинів за методикою 1 для зразка № 3

Таблиця 4

Результати визначення суми флавоноїдів з борно-щавлевим реактивом (методика 2) для зразка № 1

№ експерименту	A	X, %	Метрологічні характеристики
1	0,645	0,784	$\bar{X} = 0,761$ $\Delta\bar{X} = 0,0547$ $S = 0,0220$ $S(x) = 1,27 \cdot 10^{-2}$ $\varepsilon = 7,19 \%$
2	0,599	0,740	
3	0,627	0,760	

поглинання при довжині хвилі 410 нм. У ході дослідження встановлено, що кількісний вміст флавоноїдів, отриманих за цією методикою, є нижчими порівняно з першою, проте загальна закономірність розподілу показників між зразками зберігається.

Для зразка № 1 за другою методикою визначено найвищий вміст флавоноїдів серед досліджуваних зразків, середнє значення якого становить близько 0,761 % (табл. 4). Незважаючи на менші абсолютні показники порівняно з першою методикою, отримані результати вказують на наявність достатньої кількості флавоноїдних сполук у складі препарату.

Аналіз спектрів поглинання демонструє чіткий виражений максимум, що відповідає утворенню комплексів флавоноїдів із борно-щавлевим реактивом. Високе значення оптичної густини свідчить про наявність певних флавоноїдів (переважно флавонолів) в екстракті та вказує на його якість (рис. 5).

Отримані результати підтверджують те, що дана дієтична добавка містить достатню кількість

біологічно активних речовин та виготовлена з якісної рослинної сировини.

Для дієтичної добавки зразка № 2 за другою методикою встановлено дуже низький вміст флавоноїдів, середнє значення якого становить близько 0,030 % (табл. 5).

Отримані значення є найнижчими серед усіх досліджуваних зразків і співпадають з результатами, отриманими за першою методикою.

Спектральний аналіз відображає практичну відсутність вираженого максимуму, що вказує на дуже низьку концентрацію сполук, здатних до утворення комплексів із борно-щавлевим реактивом. Такий характер спектру не є типовим для екстрактів *Ginkgo biloba* (рис. 6).

Отримані експериментальні дані припускають, що досліджуваний зразок може містити недостатню кількість екстракту *Ginkgo biloba*, бути виготовленим із сировини нижчої якості або включати інші рослинні компоненти. Таким чином, дана дієтична добавка характеризується дуже низьким вмістом

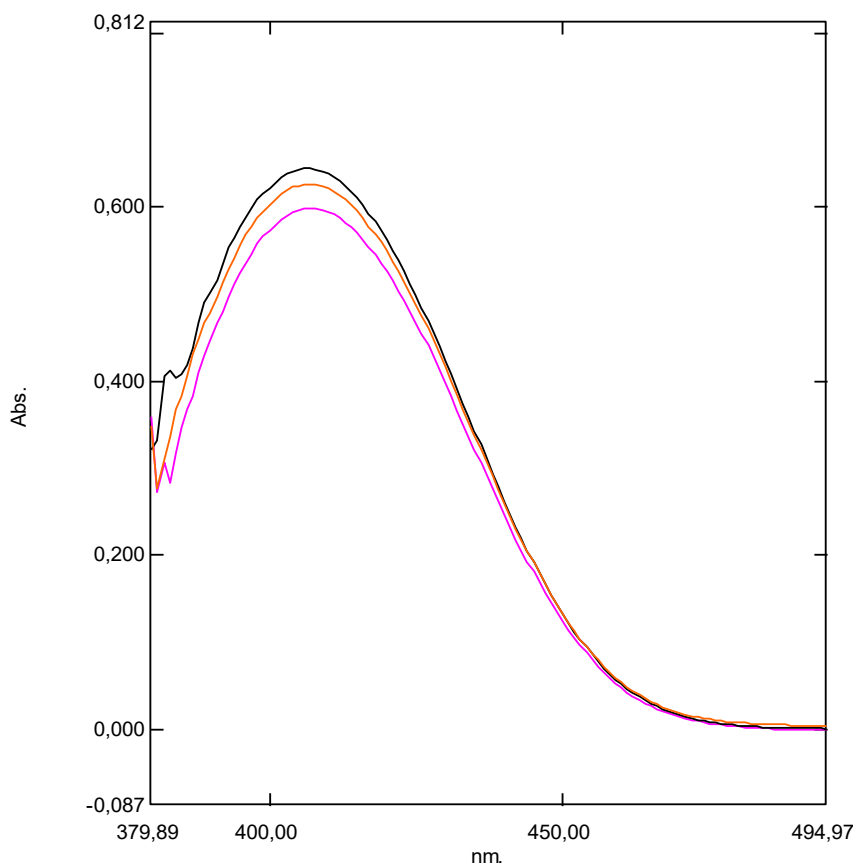


Рис. 5. Спектри поглинання випробовуваних розчинів за методикою 2 для зразка № 1

Таблиця 5

Результати визначення суми флавоноїдів з борно-щавлевим реактивом (методика 2) для зразка № 2

№ експерименту	A	X, %	Метрологічні характеристики
1	0,051	0,031	$\bar{X} = 0,030$ $\Delta\bar{X} = 0,0025$ $S = 0,0010$ $S(x) = 5,77 \cdot 10^{-4}$ $\varepsilon = 8,28 \%$
2	0,045	0,029	
3	0,046	0,030	

флавоноїдів, яка не здатна повною мірою забезпечувати очікуваний фізіологічний ефект, що може свідчити про її низький рівень якості.

За результатами аналізу, проведеного за другою методикою для зразка № 3 встановлено середній вміст флавоноїдів – приблизно 0,543 % (табл. 6). Отримані показники співпадають із даними, одержаними за першою методикою та підтверджують наявність біологічно активних сполук у складі дієтичної добавки.

Як видно із рисунку 7, продукт взаємодії флавоноїдів із борно-щавлевим реактивом має максимум поглинання характерний для даного комплексу, інтенсивність якого є помірною. Форма спектру є типовою, що вказує на відсутність істотного впливу сторонніх домішок.

Досліджувану дієтичну добавку можна охарактеризувати як продукт із задовільним вмістом флавоноїдів та відповідною якістю екстракту. Рівень

біологічно активних речовин є нижчим порівняно зі зразком № 1.

Порівняльний аналіз результатів, отриманих за двома спектрофотометричними методиками, виявив наявність певних розбіжностей при визначенні вмісту флавоноїдів у досліджуваних дієтичних добавках *Ginkgo biloba*. Водночас обидва підходи продемонстрували подібну тенденцію розподілу результатів кількісного визначення флавоноїдів у зразках залежно від їх якості.

Встановлено, що сумарний вміст флавоноїдів, визначений за реакцією комплексоутворення з алюмінієм хлоридом, є вищими порівняно з результатами, отриманими із застосуванням борно-щавлевого реактиву. Така відмінність простежується для всіх досліджуваних зразків і має систематичний характер. Це може бути зумовлено відмінностями у пробопідготовці та механізмах аналітичного визначення.

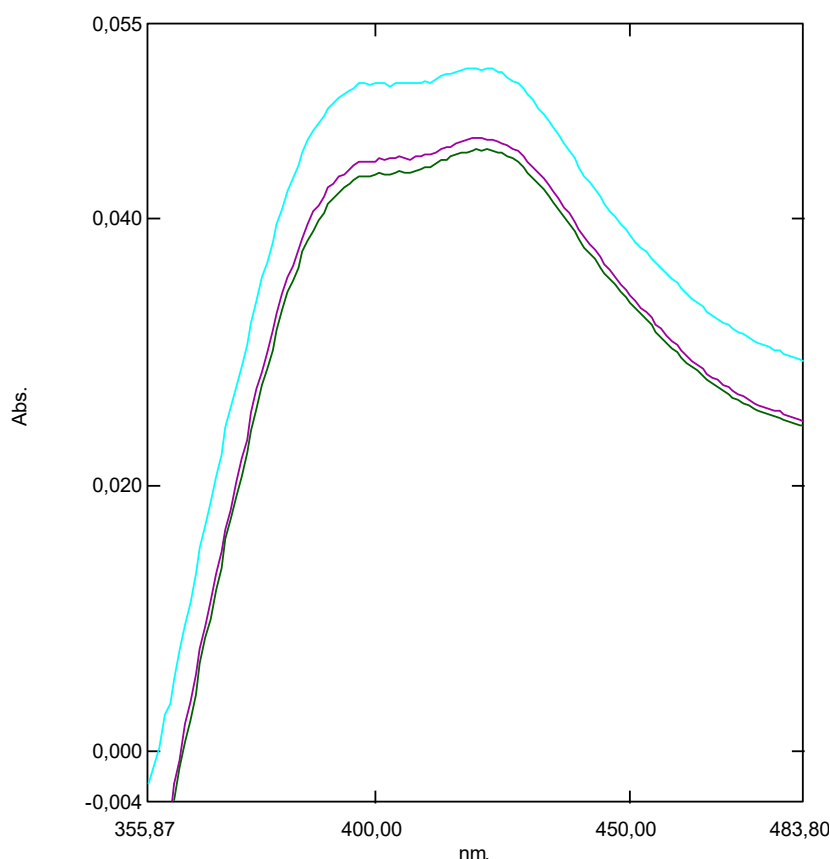


Рис. 6. Спектри поглинання випробовуваних розчинів за методикою 2 для зразка № 2

Таблиця 6

Результати визначення суми флавоноїдів з борно-щавлевим реактивом для зразка № 3

№ експерименту	A	X, %	Метрологічні характеристики
1	0,735	0,559	$\bar{X} = 0,543$ $\Delta X = 0,0645$ $S = 0,0260$ $S(x) = 1,50 \cdot 10^{-2}$ $\varepsilon = 11,89 \%$
2	0,622	0,513	
3	0,685	0,557	

Перша методика передбачає проведення кислотного гідролізу, внаслідок якого флавоноїдні глікозиди переходять у більш реакційно здатні аглікони. Це забезпечує визначення більшої кількості флавоноїдних сполук за рахунок утворення інтенсивно забарвлених комплексів з алюміній хлоридом із максимумом поглинання при 425 нм.

Тоді як друга методика проводиться у більш м'яких умовах і не передбачає стадії кислотного гідролізу. Утворення комплексів з борно-щавлевим реактивом відбувається переважно для флавонольних сполук, тому визначається лише частина флавоноїдів, що зумовлює нижчі значення показника їх сумарного вмісту. Максимум поглинання для утворених комплексів спостерігається при 410 нм.

Незважаючи на відмінності в абсолютних значеннях, обидві методики демонструють однакову закономірність: найвищий вміст флавоноїдів встановлено у зразку № 1, середній – у зразку

№ 3, а найнижчий – у зразку № 2. Така відповідність результатів підтверджує їх достовірність і свідчить про придатність обох підходів для порівняльної оцінки якості досліджуваних ДД (рис. 8).

Як видно з рис. 8, зразок № 2 характеризується вкрай низьким вмістом флавоноїдів відповідно до двох методик, а також відсутністю виражених максимумів поглинання. Це дозволяє зробити висновок про низьку якість даного продукту незалежно від застосованого способу визначення.

Таким чином, методика з використанням алюміній хлориду забезпечує вищі значення сумарного вмісту флавоноїдів, зокрема флавонолів і флавонолів та відповідних агліконів, які утворилися завдяки попередньому гідролізу флавоноїдних глікозидів, тоді як методика із використанням борно-щавлевого реактиву є більш селективною і визначає переважно флавонольні сполуки. Обидва підходи можуть бути використані для оцінки якості дієтичних добавок,

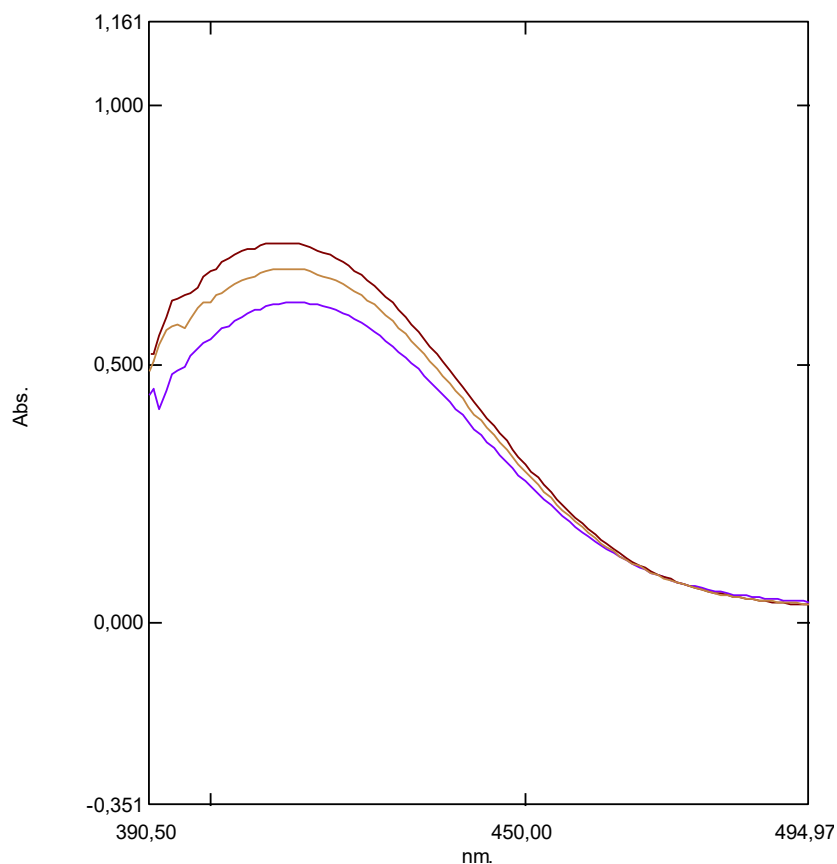


Рис. 7. Спектри поглинання випробовуваних розчинів за методикою 2 для зразка № 3

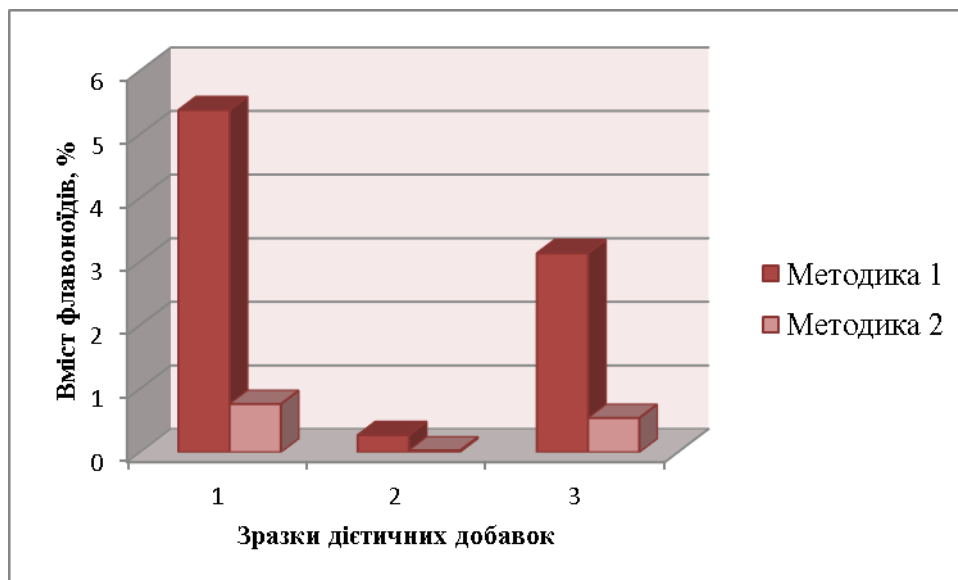


Рис. 8. Порівняння двох фармакопейних спектрофотометричних методик кількісного визначення флавоноїдів у дієтичних добавках *Ginkgo biloba*

однак для кількісного визначення суми флавоноїдів більш доцільним є застосування першої методики.

У сучасних умовах розвитку фармацевтичного аналізу все більшої актуальності набуває оцінка

екологічності аналітичних методів, що відповідає принципам «зеленої хімії» [14, 15, 16]. Використання таких підходів сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля, скороченню застосування токсичних

реагентів і кількості відходів, а також підвищенню безпечності проведення аналітичних досліджень. Спектрофотометричні методи визначення біологічно активних сполук, зокрема флавоноїдів, широко використовуються у фармацевтичній практиці завдяки своїй доступності та достатній чутливості. Водночас застосування органічних розчинників, кислот, а також енерговитратних етапів, таких як нагрівання і кип'ятіння, зумовлює необхідність оцінки їх екологічної доцільності.

У даному експерименті здійснено оцінку екологічності двох спектрофотометричних методик визначення сумарного вмісту флавоноїдів у дієтичних добавках *Ginkgo biloba* із використанням підходів зеленої аналітичної хімії. З цією метою використано інструменти AGREE та MoGAPI, які дають змогу здійснити кількісну оцінку екологічності аналітичного процесу з урахуванням застосованих реагентів, умов проведення аналізу та обсягів утворених відходів.

Оцінка екологічності методики 1 показала, що значення індексу AGREE становить 0,49, що відповідає середньому рівню екологічності. Це свідчить про часткову відповідність принципам зеленої аналітичної хімії та наявності окремих факторів, які знижують її «зеленість», зокрема ті, що позначені червоним кольором 4 (кількість етапів пробопідготовки), 7 (відходи) та 11 (токсичність реагентів). Результати оцінки «зеленості» методики представлені на рис. 9.

Водночас показник 68 балів за шкалою MoGAPI характеризує дану методику як таку, що має задовільний рівень екологічності. Отримані результати вказують на прийнятний екологічний профіль методу, хоча окремі етапи аналітичного процесу потребують подальшої оптимізації.

Оцінка екологічності методики 2 показала, що загальний індекс AGREE становить 0,66 (рис. 10), що свідчить про достатньо високий рівень екологічності та кращу відповідність принципам зеленої аналітичної хімії порівняно з альтернативними підходами. Переважання зелених секторів у діаграмі вказує на сприятливий екологічний профіль методики, хоча наявність оранжевої (автоматизація, мініатюризація) і червоної (відходи) зон свідчить про можливість її подальшої оптимізації.

Піктограма MoGAPI відображає екологічну оцінку методики за системою штрафних балів. Отримане значення 72 бали зі 100 можливих характеризує методику як таку, що має добрий рівень екологічності. Це вказує на відносно безпечні умови проведення аналізу та помірний вплив на довкілля, водночас окремі етапи аналітичного процесу зберігають потенціал для вдосконалення.

Аналіз екологічності із використанням інструментів AGREE та MoGAPI показав, що обидві спектрофотометричні методики характеризуються подібними сильними та слабкими сторонами, однак відрізняються за окремими критеріями. Обидва підходи не передбачають прямого визначення, оскільки потребують попередньої пробопідготовки, зокрема виділення флавоноїдів із досліджуваних зразків, що є типовим для аналізу рослинної сировини та дієтичних добавок. Методика 1 (з використанням алюмінію хлориду) характеризується нижчими показниками екологічності (AGREE = 0,49; MoGAPI = 68), що зумовлено застосуванням органічних розчинників, кислот та наявністю енергоємних етапів, зокрема нагрівання. Крім того, багатостадійність процесу сприяє утворенню більшої кількості відходів та підвищує загальне навантаження на довкілля. Натомість методика 2 (з використанням борно-цвавлевого реактиву) демонструє кращі показники екологічності (AGREE = 0,66; MoGAPI = 72), що пов'язано з більш легшими умовами проведення аналізу, відсутністю етапу нагрівання та меншою кількістю стадій пробопідготовки. Це забезпечує зниження енерговитрат і підвищує безпечність виконання аналітичних процедур.

Таким чином, методика 2 є більш екологічно сприятливою порівняно з методикою 1, що підтверджується як вищими значеннями інтегрального індексу зеленості AGREE, так і показниками шкали MoGAPI.

Висновки: 1. Відповідно до двох фармакопейних методик найвищий вміст флавоноїдів зафіксовано у зразку № 1, середній – у зразку № 3, тоді як зразок № 2 характеризується дуже низькими показниками, що може свідчити про невисоку якість екстракту.

2. Методика з використанням алюмінію хлориду забезпечує визначення ширшого спектра

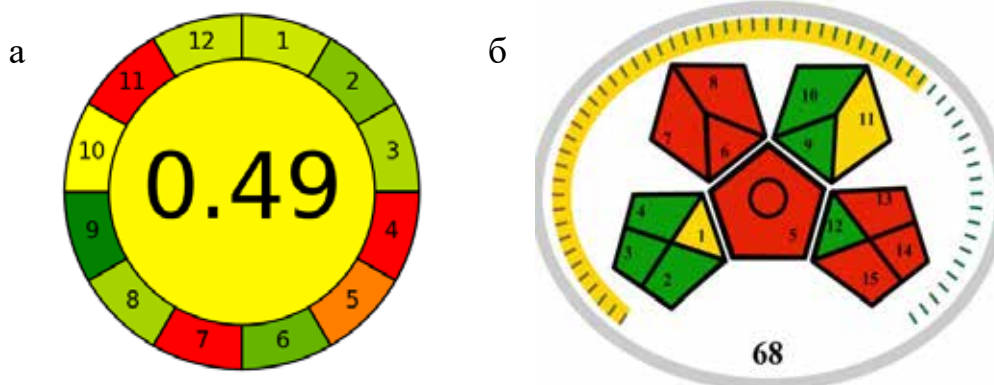


Рис. 9. Піктограми зеленості для методики 1 згідно інструментів AGREE (а) та MoGAPI (б)

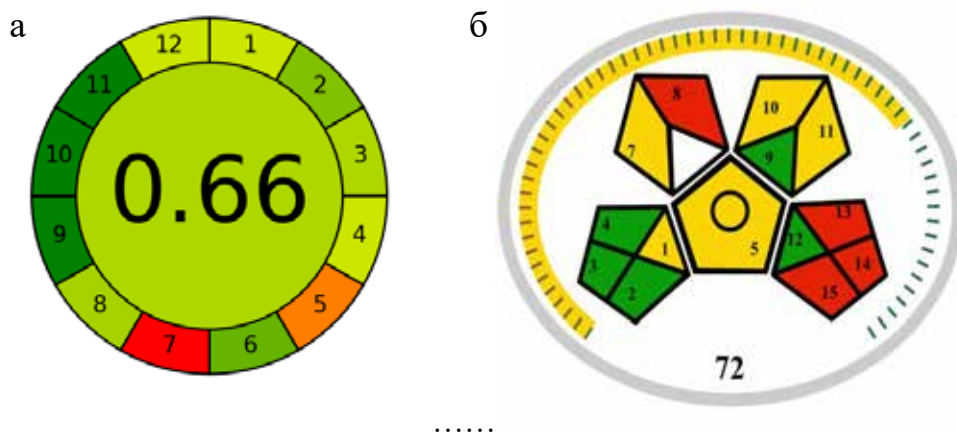


Рис. 10. Піктограми зеленості для методики 2 згідно інструментів AGREE (а) та MoGAPI (б)

флавоноїдних сполук та вищі значення їх сумарного вмісту, тоді як методика з борно-щавлевим реактивом характеризується більшою селективністю та кращою екологічністю, що визначає доцільність їх застосування залежно від мети аналізу.

3. Оцінка екологічності засвідчила, що обидві методики є прийнятними з точки зору принципів зеленої аналітичної хімії, проте більш екологічно сприятливою є методика з використанням борно-щавлевого реактиву, що обумовлено меншою токсичністю реагентів і нижчими енерговитратами.

Обмеження дослідження. Аналіз проводили на обмеженій кількості зразків дієтичних добавок, що містять *Ginkgo biloba*, представлених на фармацевтичному ринку України, тому отримані результати не можуть повною мірою характеризувати якість усього асортименту продукції цієї категорії. Кількісне визначення суми флавоноїдів здійснювали спектрофотометричними методиками відповідно до підходів ДФУ, які ґрунтуються на визначенні сумарного вмісту флавоноїдних сполук та не дають змоги ідентифікувати й кількісно визначити окремі флавоноїди. Крім того, склад дієтичних добавок може залежати від походження рослинної сировини, технології одержання екстракту, умов виробництва та зберігання готової продукції. У межах дослідження ці чинники окремо не оцінювали.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним напрямом подальших досліджень є розширення асортименту дієтичних добавок із *Ginkgo biloba* різних виробників та проведення порівняльної оцінки їхнього флавоноїдного складу. Доцільним є подальше вивчення аналітичних характеристик використаних спектрофотометричних методик, зокрема їх специфічності, лінійності, правильності, прецизійності та робастності. Перспективним також є зіставлення результатів спектрофотометричного визначення суми флавоноїдів із результатами більш селективних інструментальних методів аналізу, що дозволить детальніше охарактеризувати склад досліджуваних продуктів. Окремим напрямом може бути дослідження впливу складу дієтичних добавок, допоміжних

речовин та умов зберігання на результати кількісного визначення флавоноїдів, а також подальша оцінка запропонованих аналітичних підходів відповідно до принципів «зеленої» аналітичної хімії.

Дотримання етичних норм. Автори заявляють про дотримання етичних норм під час підготовки та написання статті. Дослідження не передбачало участі людей або тварин.

Інформація про фінансування. Особисті кошти.

Інформація щодо конфлікту інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Внесок кожного з авторів згідно з таксономією Credit:

Івануса І. Б. – концептуалізація, аналіз даних, дослідження, візуалізація, керівництво проєктом, написання рукопису, рецензування та редагування.

Данчук Г. С. – обробка даних, дослідження, ресурси.

Михалків М. М. – дослідження, методологія, ресурси, написання рукопису, концептуалізація, рецензування та редагування.

Ковальська О. Б. – дослідження, обробка даних, редагування.

Використання штучного інтелекту. Автори рукопису свідомо засвідчують, що у процесі проведення дослідження та підготовки цього рукопису не використовували жодних інструментів або сервісів генеративного штучного інтелекту для виконання будь-яких завдань, перелічених у Таксономії делегування завдань генеративному штучному інтелекту «GAIDeT» (Generative Artificial Intelligence Delegation Taxonomy, 2025 р.). Усі етапи роботи – від концептуалізації до фінального редагування – виконані без залучення генеративного штучного інтелекту, виключно авторами.

Первинні дані та матеріали. Усі дані та матеріали для статті були отримані авторами під час експериментального дослідження та використані для аналізу результатів роботи.

Подяка. Висловлюємо щиро подяку за колективні зусилля та внесок усім, хто брав участь у цьому дослідженні.

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF THE TOTAL FLAVONOID CONTENT IN *Ginkgo Biloba* DIETARY SUPPLEMENTS ACCORDING TO THE SPHU METHODS**I. B. Ivanusa, H. S. Danchuk, M. M. Mykhalkiv, O. B. Kovalska***Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University University of the Ministry of Health of Ukraine*
ivanusa@tdmu.edu.ua

The aim of the work. To determine the total flavonoid content in *Ginkgo biloba* dietary supplements by spectrophotometry according to the SPHU methods.

Materials and Methods. The study objects were *Ginkgo biloba* dietary supplements from various manufacturers. The total flavonoid content was quantified using two pharmacopoeia methods recommended for the analysis of herbal medicinal raw materials, specifically those for hawthorn (*Crataegus*) and St. John's wort (*Hypericum perforatum*). Spectrophotometric determination was performed, and the flavonoid content was calculated as hyperoside equivalents. The chosen methods allow a reliable evaluation of the content of biologically active compounds in the analyzed samples.

Results and Discussion. Significant differences in the total flavonoid content were found among the analyzed *Ginkgo biloba* dietary supplements. The highest flavonoid content was determined for sample No. 1, and the lowest for sample No. 2. The obtained results were consistent between the two applied methods and were confirmed by spectrophotometric analysis. It has been shown that the method with aluminum chloride using provides higher values of the total flavonoid content, particularly flavones, flavonols, and the corresponding aglycones which formed in the preliminary hydrolysis of flavonoid glycosides. In contrast, the method with the boric-oxalic acid reagent using is more selective and mainly determines flavonol compounds. The greenness assessment demonstrated that both methods have an acceptable level of greenness; however, the method with the boric-oxalic acid reagent is more environmentally appropriate due to its mild analytical conditions and lower energy consumption. The obtained results indicate the feasibility of selecting the method depending on the research objectives.

Conclusions. It has been established that the analyzed dietary supplements of *Ginkgo biloba* significantly differ in their flavonoid content. The method with aluminum chloride using enables the determination of a broader range of flavonoid compounds and yields higher values of their total content, whereas the method with the boric-oxalic acid reagent using is characterized by greater selectivity and better environmental friendliness, which determines the appropriateness of their application depending on the purpose of the analysis.

Keywords: *Ginkgo biloba*, dietary supplements, flavonoids, hyperoside, spectrophotometry, pharmacopoeial methods, green analytical chemistry, AGREE, MoGAPI.

References

1. Chiba T, Tanemura N. Differences in the Perception of Dietary Supplements between Dietary Supplement/Medicine Users and Non-Users. *Nutrients*. 2022;14(19):4114. DOI: 10.3390/nu14194114.
2. Binns CW, Lee MK, Lee AH. Problems and Prospects: Public Health Regulation of Dietary Supplements. *Annual review of public health*, 2018;39:403–420. DOI: 10.1146/annurev-publhealth-040617-013638.
3. Law of Ukraine «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy shchodo udoskonalennia rehuliuвання výrobnystva ta obihu diietychnykh dobavok, vrehuliuвання inshykh pytan u sferi okhorony zdorovia» [On amendments to certain laws of Ukraine to improve the regulation of the production and circulation of dietary supplements, and to regulate other issues in the field of healthcare] № 4122-XI (Dec. 5, 2024) [Electronic resource]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4122-20#Text>
4. Mohammadi Zonouz A, Ghasemzadeh Rahbardo M, Hosseinzadeh H. The molecular mechanisms of ginkgo (*Ginkgo biloba*) activity in signaling pathways: A comprehensive review. *Phytomedicine*, 2024;126:155352. DOI: 10.1016/j.phymed.2024.155352.
5. *Ginkgo biloba*. Compendium [Electronic resource]. Available from: <https://compendium.com.ua/uk/>
6. Ban C, Park JB, Cho S, Kim HR, Kim YJ, Bae H, Kim C, Kang H, Jang D, Shin YS, Kim DO, Kim H, Kweon DH. Characterization of *Ginkgo biloba* Leaf Flavonoids as Neuroexocytosis Regulators. *Molecules* (Basel, Switzerland). 2020;25(8):1829. DOI: 10.3390/molecules25081829.
7. Hiperozyd [Hyperoside] [Electronic resource]. Available from: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%B4>
8. Ban C, Park JB, Cho S, Kim HR, Kim YJ, Bae H, Kim C, Kang H, Jang D, Shin YS, Kim DO, Kim H, Kweon DH. Characterization of *Ginkgo biloba* Leaf Flavonoids as Neuroinflammation Inhibitors. *Molecules* (Basel, Switzerland). 2020;25(11):2663. DOI: 10.3390/molecules25081829.
9. Hinkho Biloba Ananta kapsuly 120 mh [Ginkgo Biloba Ananta Capsules 120 mh] [Electronic resource]. Available from: <https://tabletki.ua/uk/%D0%93%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%B3%D0%BE-%D0%91%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D0%B0-%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B0-120/1006790/>
10. Hinkho Biloba Ananta kapsuly 120 mh [Ginkgo Biloba Phytoproduct capsules 120 mh] [Electronic resource]. Available from: <https://liki.ua/shop/ginkgo-biloba-fitoprodukt-kapsuli-po-120-mg-30-3-blistera-h-10-kapsul-p194020>
11. Hinkho biloba 120 mh kapsuly [Ginkgo biloba 120 mg capsules] [Electronic resource]. Available from: <https://www.add.ua/ua/ginkgo-biloba-120-ml-kapsuly-30.html>

12. Zviroboiu trava N [St. John's wort herb N] In: Derzhavna Farmakopeia Ukrainy [State Pharmacopoeia of Ukraine]. 2nd ed. Kharkiv: Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv» [State Enterprise "Ukrainian Scientific Pharmacopoeial Center for the Quality of Medicinal Products"]. 2015;3. p. 329–330.
13. Hlodu lystia ta kvitky N [Hawthorn leaves and flowers N] In: Derzhavna Farmakopeia Ukrainy [State Pharmacopoeia of Ukraine]. 2nd ed. Kharkiv: Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv» [State Enterprise "Ukrainian Scientific Pharmacopoeial Center for the Quality of Medicinal Products"]. 2015;3. p. 284–288.
14. Plotka-Wasyłka J. A new tool for the evaluation of the analytical procedure: Green Analytical Procedure Index. *Talanta*. 2018;181:204–209. DOI: 10.1016/j.talanta.2018.01.013.
15. Semysim FA, Hussain BK, Hussien MA, Azooz EA, Snigur D. Assessing the Greenness and Environmental Friendliness of Analytical Methods: Modern Approaches and Recent Computational Programs. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 2025;55(4):670–683. DOI: 10.1080/10408347.2024.2304552.
16. Mohr A, Camboim BL, Mendez ASL, Garcia CV, Steppe M. Overview of the Greenness Metrics used to Evaluate Analytical Methods. *Brazilian Journal of Analytical Chemistry*. 2026;13(50):16–33. DOI: 10.30744/brjac.2179-3425.RV-1-2025.

Відомості про авторів

Івануса І. Б. – канд. біол. наук, доцент кафедри фармацевтичної хімії, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, Тернопіль, Україна. E-mail: ivanusa@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9803-588X

Данчук Г. С. – магістрантка кафедри фармацевтичної хімії, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, Тернопіль, Україна. E-mail: bondarenko_galser@tdmu.edu.ua, ORCID: 0009-0000-8817-0490

Михалків М. М. – канд. біол. наук, доцент кафедри фармацевтичної хімії, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, Тернопіль, Україна. E-mail: mikhalkiv@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8574-6412

Ковальська О. Б. – канд. біол. наук, доцент кафедри медичної біології, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, Тернопіль, Україна. E-mail: furkaob@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9917-542X

Information about the authors

Ivanusa I. B. – PhD (Biology), Associate Professor at the Pharmaceutical Chemistry Department, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine. E-mail: ivanusa@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9803-588X

Danchuk H. S. – Master's student at the Pharmaceutical Chemistry Department, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine. E-mail: bondarenko_galser@tdmu.edu.ua, ORCID: 0009-0000-8817-0490

Mykhalkiv M. M. – PhD (Biology), Associate Professor at the Pharmaceutical Chemistry Department, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine. E-mail: mikhalkiv@tdmu.edu.ua, ORCID 0000-0002-8574-6412

Kovalska O. B. – PhD (Biology), Associate Professor at the Medical Biology Department, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine. E-mail: furkaob@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9917-542X