



В. О. Грудько, ORCID 0000-0003-2221-7887, SCOPUS: 56127802200

О. О. Перепелиця, ORCID: 0000-0003-4912-3696, SCOPUS: 57222552006

М. Ю. Подольчук, ORCID: 0009-0004-6790-5450

БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ФЛАВОНОЇДІВ У СУЦВІТТЯХ *TAGETES PATULA* L. СОРТУ “SUPER HERO ORANGE FLAME”

Вступ. Поширеною традицією в Україні є культивування рослин роду *Tagetes* (Чорнобривці) з декоративною метою та як джерела біологічно активних речовин. Переважно вирощують *T. erecta* L. (чорнобривці прямостоячі), *T. patula* L. (чорнобривці розлогі) та *T. tenuifolia* L. (чорнобривці вузьколисті). Незважаючи на обсяг накопичених дослідниками знань щодо різних сортів, майже не вивчено склад рослин окремих нових сортів *T. patula* L., зокрема сорту “Super Hero Orange Flame” (виробник “Benary”, Німеччина). В попередніх наших дослідженнях для рослин цього сорту встановлено високий вміст каротиноїдів.

Мета дослідження – виявити і визначити кількісний вміст флавоноїдів у суцвіттях рослин *Tagetes patula* L. сорту “Super Hero Orange Flame”.

Методи дослідження. Об'єктом дослідження слугували повітряно-сухі суцвіття культивованих рослин виду *T. patula* L. сорту “Super Hero Orange Flame”. Для ідентифікації та визначення вмісту суми флавоноїдів у суцвіттях рослин застосовували метод спектрофотометрії.

Результати й обговорення. Спектральні дослідження екстрактів суцвіть чорнобривців розчинами етанолу різної концентрації та водного настою суцвіть свідчать про наявність у сировині суми фенольних сполук, зокрема флавоноїдів. Оптимальним екстрагентом є 70% етанол. Вміст суми флавоноїдів у перерахунку на гіперозид на суху речовину становить $1,492 \pm 0,026\%$.

Висновки. 1. Адаптована методика кількісного визначення суми флавоноїдів у перерахунку на гіперозид у суцвіттях рослин *Tagetes patula* L. сорту “Super Hero Orange Flame” є валідною щодо лінійності. 2. Спектрофотометричним дослідженням суцвіть рослин *Tagetes patula* L. сорту “Super Hero Orange Flame”, зібраних під час цвітіння (Чернівці, Україна), встановлено наявність флавоноїдів. 3. Вміст суми флавоноїдів у суцвіттях *Tagetes patula* L. сорту «Super Hero Orange Flame» становить $1,492 \pm 0,026\%$ на суху речовину (в перерахунку на гіперозид).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *Tagetes patula* L.; сорт “Super Hero Orange Flame”; флавоноїди, спектрофотометрія.

ВСТУП. Рослини роду *Tagetes* L. (Чорнобривці) з родини Asteraceae (Айстрові) завдяки потужному комплексу біологічно-активних речовин є об'єктом досліджень багатьох дослідників. З понад 56 видів, 600 форм та сортів рослин *Tagetes* spp. у науковій літературі ретельніше описаний склад таких видів як *T. patula nana* L. (var. Orange flamme, Mandarin, Fiesta, Gold Kopfen), *T. patula* L. (var. Оранжеве полум'я, Супергігант, Золотий малюк, Саншайн, Лимонний низький, Максимус, Прима Голд, Джолі Джестер,) та *T. erecta* L. (var. Золотий купідон, Золотий принц, Золоті купола, Родос, Гаваї, Фантастик, Лимонна крапля, Мона жовта, Мона оранжева, Апельсин, Оранжевий принц, Оранжева принцеса, Оранжевий сніг, Оранжевий купідон, Дуранго оранжевий, Дуранго жовтий) [1-4]. Чорнобривці містять

більш як 100 біологічно активних вторинних метаболітів, зокрема й сполуки фенольної природи – флавоноїди. З різних видів чорнобривців виділено 49 флавоноїдів у формі агліконів і глікозидів з понад 3000 ідентифікованих та описаних в літературі [3, 5, 6].

Екстракти суцвіть і трави рослин *Tagetes* L. виявляють антиоксидантну [7, 8, 9], протизапальну та протимікробну дію [10]. Екстракти квіток *Tagetes patula* L. виявляють протигрибкові властивості проти *Aspergillus oryzae* [11]. Патулетин та патулітрин, виділені з квіток *Tagetes patula* L., демонструють цитотоксичний та окислювальний потенціал проти клітин раку шийки матки людини [12]. Значний уміст амінокислот в екстрактах з квіток *T. patula* L. зумовлює можливість використання досліджуваного екстракту в харчовій промисловості [13, 14]. Тому рослини *T. patula* L. є цінним джерелом фітокомпонентів з потенційним терапевтичним ефектом.

© В. О. Грудько, О. О. Перепелиця, М. Ю. Подольчук, 2026

Результати літературного пошуку свідчать, що сума флавоноїдів у рослинах *Tagetes spp.* становить $4,15 \pm 0,18$ (суцвіття, водно-спиртова екстракція) – $25,13 \pm 1,02\%$ (квіти, ацетонова екстракція), що свідчить про значне варіювання вмісту флавоноїдів за дії різних абіотичних та біотичних чинників [3, 15, 16, 17]. Найбільший вміст суми флавоноїдів у квітках *T.patula* L. встановлений дослідниками для сорту «Orange Flame» ($9,94 \pm 0,87\%$) [17]. Кількісний вміст суми флавоноїдів у суцвіттях *T.patula nana* L. сортів «Orange Flame» та «Goldkopfen» становить $5,88 \pm 0,25\%$ – $5,92 \pm 0,26\%$ та $4,82 \pm 0,16\%$ – $4,85 \pm 0,17\%$, відповідно [3]. Незважаючи на обсяг накопичених дослідниками знань щодо хімічного складу різних сортів *T. patula* L., майже не вивченим є вміст флавоноїдів у рослинах окремих нещодавно виведених сортів *T. patula* L., зокрема сорту «Super Hero Orange Flame» (Виробник Benary, Німеччина). Рослини сорту «Super Hero Orange Flame» є карликовим гібридом висотою 20...25 см німецької селекції із великими, ажурними квітками, який почав широко культивуватися і використовуватися з профілактично-лікувальною метою населенням краю. З огляду на це актуальним є дослідження складу суцвіть *T. patula* L. сорту «Super Hero Orange Flame» як перспективного джерела флавоноїдів, для прогнозування можливої фармакологічної дії та напрацювання нових кількісних показників і критеріїв якості.

Мета дослідження – дослідити наявність та кількісний вміст флавоноїдів у водному й спиртових екстрактах суцвіть *T. patula* L. сорту «Super Hero Orange Flame» методом абсорбційної спектрофотометрії та оцінити перспективність цього сорту як джерела флавоноїдів.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Об'єктом дослідження слугували повітряно-сухі суцвіття культивованих рослин виду *T. patula* L. сорту «Super Hero Orange Flame», які зібрані у період цвітіння (липень-вересень) 2024-2025 рр. (Чернівці, Україна). Сушіння рослинної сировини здійснювали у сушильній шафі при температурі 35°C. Сировину подрібнювали до розміру частинок 2 мм. Реєстрацію спектрів проводили за допомогою спектрофотометра SpectroLab UV-1200 в діапазоні довжин хвиль 220-430 нм в кюветах з товщиною шару 10 мм. Кількісне визначення суми флавоноїдів у суцвіттях проводили за методикою ДФУ [18]. Для вивчення хімічного складу суцвіть проводили

екстракцію сировини водно-спиртовими розчинами з об'ємними частками етанолу 96%, 70%, 40%.

Приготування спиртових екстрактів суцвіть чорнобривців. 2,50 г подрібненої сировини вносили до конічної колби ємністю 100 мл, додавали 30 мл етилового спирту відповідної концентрації, перемішували, закривали і залишали настоюватися впродовж трьох діб. Отриманий екстракт декантували і фільтрували через паперовий фільтр "червона стрічка". До сировини додавали ще 15 мл етанолу і продовжували настоювати впродовж двох діб. Екстракт декантували і фільтрували в ту саму мірну колбу. Колбу, залишок сировини та фільтр промивали маленькими порціями етанолу відповідної концентрації і доводили об'єм екстракту до 50 мл. При реєстрації спектрів як контрольний розчин використовували спирт відповідної концентрації.

Приготування водного настою суцвіть чорнобривців. 2,50 г подрібненої сировини вносили у конічну колбу ємністю 100 мл, в іншій колбі нагріли до кипіння 70 мл дистильованої води, залили окропом досліджувану сировину і залишили охолоджуватися до кімнатної температури. Після охолодження настій декантували і фільтрували через паперовий фільтр "червона стрічка" у мірну колбу ємністю 50 мл. Сировину віджимали і довели об'єм до позначки. При реєстрації спектрів як контрольний розчин використовували воду.

Приготування досліджуваного розчину для кількісного визначення суми флавоноїдів. 0,400 г подрібненої сировини вносили в круглодонну колбу, додавали 3,5 мл розчину кислоти хлористоводневої R1, 1 мл розчину гексаметилентетраміну з концентрацією 20 г/л, 20 мл ацетону і кип'ятили зі зворотним холодильником впродовж 30 хв. Розчин обережно декантували і фільтрували у мірну колбу ємністю 50 мл. Екстракцію повторили порціями 15 і 10 мл ацетону. Колбу, сировину і фільтр промивали невеликими порціями ацетону доводячи об'єм розчину до мітки. 20 мл ацетонového екстракту вміщували в ділильну ліжку ємністю 100 мл, додавали 20 мл води і екстрагували етилацетатом порціями 15, 10, 10, 10 мл. Об'єднані етилацетатні витяги вмістили в ділильну ліжку і двічі промили порціями по 50 мл дистильованої води. Після розшарування етилацетатний шар профільтрували через паперовий фільтр, що містить 10 г безводного натрію сульфату у мірну колбу ємністю

50 мл. Лійку і фільтр промили етилацетатом, доводячи об'єм екстракту до позначки і розчин перемішали. В мірну колбу ємністю 25 мл вміщували 5,00 мл отриманого екстракту, додавали 2 мл реактиву алюмінію хлориду, доводили до позначки 5% розчином льодяної оцтової кислоти у етанолі (96% об.) і перемішували. Для приготування контрольного розчину 5,00 мл етилацетатного екстракту доводили до 25 мл 5%-м розчином льодяної оцтової кислоти у етанолі (96% об.) і перемішували. Через 30 хв знімали абсорбційний спектр або визначали оптичну густину розчину у максимумі по відношенню до контрольного розчину.

Розрахунок вмісту суми флавоноїдів у перерахунку на гіперозид (на суху речовину) проводили за формулою:

$$X_{\%} = \frac{A \cdot V_1 \cdot V_3 \cdot V_5 \cdot 100}{A_{1\text{см}}^{1\%} \cdot m_n \cdot V_2 \cdot V_4 \cdot (100 \cdot W)}$$

де A – оптична густина досліджуваного розчину; $A_{1\text{см}}^{1\%}$ – питомий показник поглинання розчину гесперидину при визначенні за реакцією з алюмінію хлоридом у максимумі при довжині хвилі 425 нм; m_n – маса наважки;

V_1 – об'єм мірної колби при приготуванні ацетонового екстракту; V_2 – об'єм аліквоти ацетонового екстракту при реекстракції етилацетатом; V_3 – об'єм мірної колби етилацетатного екстракту; V_4 – об'єм аліквоти етилацетатного екстракту; V_5 – об'єм мірної колби для приготування досліджуваного розчину; W – втрата в масі при висушуванні досліджуваного зразка.

Визначення сухого залишку водного настою і екстрактів, отриманих при екстракції суцвіть чорнобривців етиловим спиртом різної концентрації проводили за методикою ДФУ [19].

Отримані результати обробляли з використанням програмних пакетів Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ. Спектр поглинання екстракту суцвіть чорнобривців розчином з об'ємною часткою етанолу 96%, розведеного в 100 разів в області від 220 до 490 нм має декілька смуг поглинання (рис. 1). В області 242-280 нм розташована смуга з максимумом при 258 нм, яка відповідає поглинанню суми фенольних сполук.

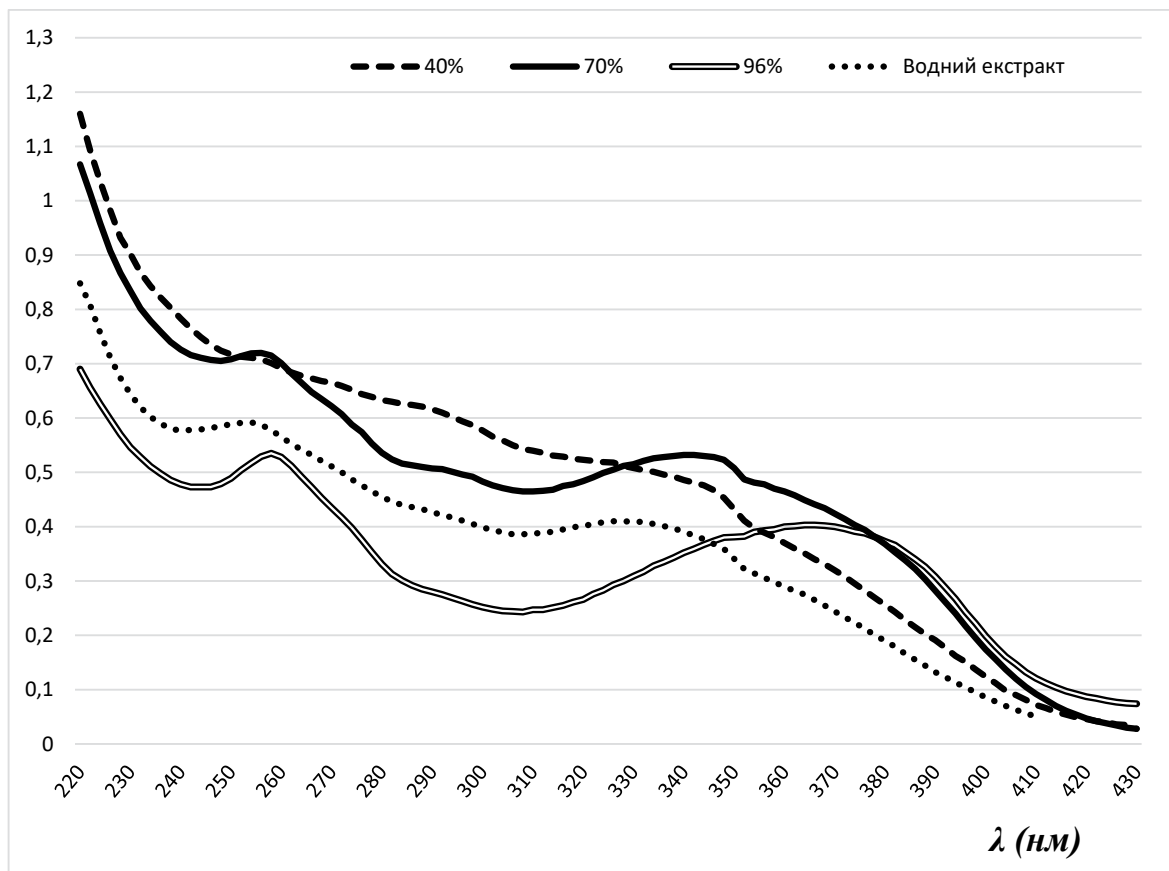


Рис. 1. Абсорбційний спектр екстрактів суцвіть *Tagetes patula* L. (розведення 1:100)

В області 320-390 нм розташована широка смуга з максимумом при 365 нм, що свідчить про наявність у екстракті флавоноїдних сполук. Можна припустити наявність як глікозидів, так і агліконів флавоноїдів, які розчиняються і екстрагуються розчином з об'ємною часткою етанолу 96%.

Спектр поглинання екстракту суцвіть чорнобривців розчином з об'ємною часткою етанолу 70%, розведеного в 100 разів в області від 220 до 430 нм також має складний характер (рис. 1). Інтенсивність поглинання дещо вища, ніж для екстракту, отриманого розчином з об'ємною часткою етанолу 96%, що може свідчити про більшу кількість біогенних речовин, які екстрагуються із сировини. В області 248-262 нм спостерігається смуга поглинання фенольних сполук, яка дещо менше виділяється із загального спектра суми екстрагованих біогенних сполук, ніж смуга у спектрі розчину, одержаного екстрагуванням розчином з об'ємною часткою етанолу 96% і її максимум розташований при 255 нм. Одна зі смуг поглинання ароматичних сполук проявляється на сумарному спектрі у вигляді перегину смуги вбирання при 290-292 нм. Речовини флавоноїдної природи проявляються у спектрі у вигляді широкої інтенсивної смуги на ділянці 320-380 нм з максимумом при 341 нм. Гіпсохромне зміщення максимуму поглинання може свідчити про більшу кількість флавоноїдних речовин глікозидної природи чи інших поліфенольних сполук у складі екстракту, отриманого розчином з об'ємною часткою етанолу 70%, порівняно зі спектром екстракту, отриманого розчином з об'ємною часткою етанолу 96%.

Розчин етилового спирту з об'ємною часткою 40% екстрагує з рослинної сировини багато біологічно-активних речовин різної природи, смуги поглинання яких накладаються одна на одну і, як результат, сумарний спектр не має виразних максимумів поглинання. При уважному аналізі можна відзначити перегин смуги вбирання в області 280-288 нм, який схожий на відповідний перегин в абсорбційному спектрі екстракту, отриманого розчином з об'ємною часткою спирту 70%. В області 320-350 нм спостерігається перегин смуги вбирання, що відповідає максимуму поглинання флавоноїдів у спектрі екстракту, отриманого розчином з об'ємною часткою етанолу 70%.

Абсорбційний спектр розчину водного настою суцвіть чорнобривців в розведенні 1 : 100 за своїм характером схожий на спектр поглинання екстракту, отриманого розчином

з об'ємною часткою етанолу 70%, але має меншу інтенсивність, що свідчить про меншу кількість екстрактивних речовин, що переходять у настій. В області 240-260 нм розташована достатньо виразна смуга поглинання фенольних сполук з максимумом при 253 нм, а в області 320-350 нм спостерігається смуга поглинання флавоноїдних сполук, максимум поглинання якої гіпсохромно зміщується на 14 нм порівняно з максимумом у спектрі екстракту з об'ємною часткою спирту 70% і розташовується при 327 нм. Таким чином спектральні дослідження екстрактів суцвіть чорнобривців розчинами етанолу різної концентрації та водного настою суцвіть свідчать про наявність у сировині суми фенольних сполук, зокрема флавоноїдів.

Абсорбційний спектр етилацетатного екстракту суми агліконів флавоноїдів після взаємодії з алюмінію хлоридом в області від 390 до 460 нм містить одну широку смугу вбирання з максимумом при 426 нм, яка відповідає поглинанню суми алюмінієвих комплексів флавоноїдних сполук (Рис 2). Це дозволяє кількісно визначити суму флавоноїдів у досліджуваній сировині у перерахунку на одну маркерну сполуку за допомогою питомого показника поглинання. ДФУ рекомендує проводити перерахунок на гіперозид, питомий показник поглинання якого при визначенні за реакцією з алюмінію хлоридом дорівнює 500 [15].

Для з'ясування екстрагенту, який би забезпечував найповніше вилучення з сировини сполук ряду флавоноїдів, ми провели спектрофотометричне дослідження взаємодії отриманих екстрактів з алюмінію хлоридом. Паралельно знімали спектри продуктів взаємодії з алюмінію хлоридом рутину і кверцетину (Рис. 3).

Досліджуваний розчин для аналізу готували так: 0,5 мл аналізованих екстрактів вносили у мірну колбу ємністю 25 мл, додавали 2 мл реактиву алюмінію хлориду і доводили до позначки 5%-м розчином льодяної оцтової кислоти у етанолі з об'ємною часткою 96%. Як контрольний розчин використовували розчин, приготовлений аналогічно без додавання алюмінію хлориду.

Розчин стандартного зразка рутину готували так: 0,050 г РСЗ рутину вмістили у мірну колбу ємністю 100 мл, додали 75 мл етанолу з об'ємною часткою 96%, нагріли при перемішуванні до розчинення і після охолодження довели до позначки та перемішали. 2 мл отриманого розчину вміщували у мірну колбу ємністю 25 мл, додавали 2 мл

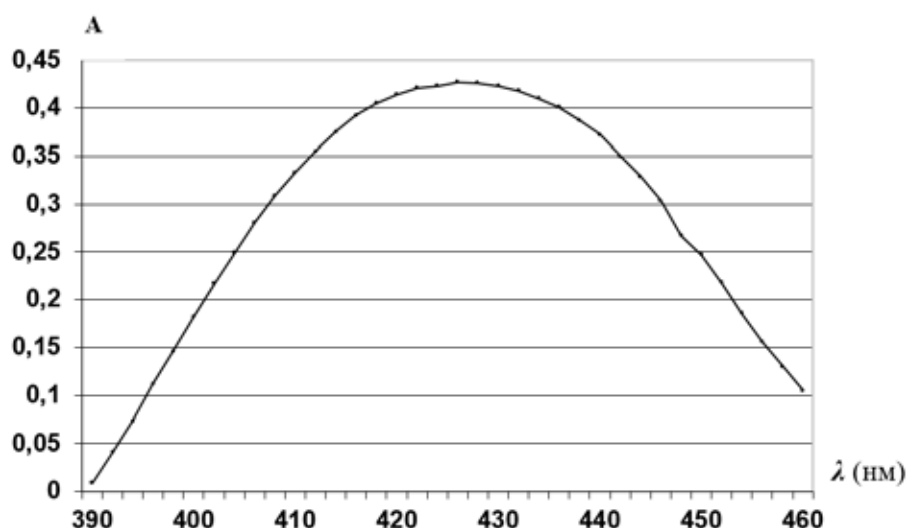


Рис. 2. Абсорбційний спектр розчину, отриманого при визначенні суми флавоноїдів в суцвіттях чорнобривців за реакцією з алюмінію хлоридом

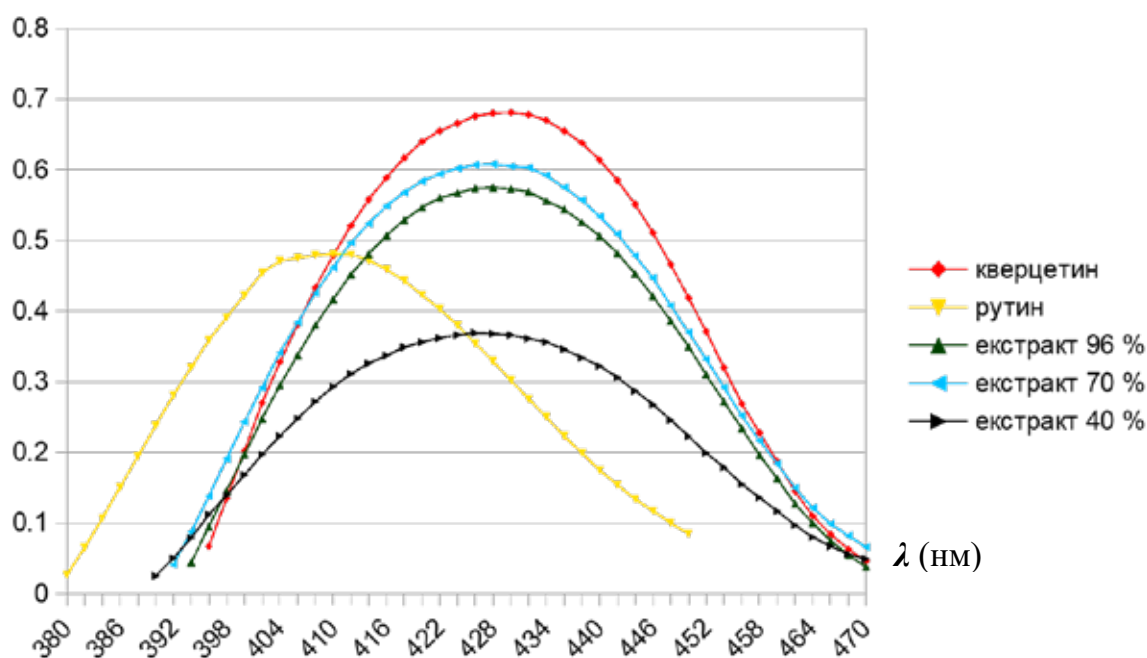


Рис. 3. Абсорбційні спектри екстрактів суцвіть чорнобривців, отримані при визначенні флавоноїдів за реакцією з $AlCl_3$

алюмінію хлориду реактиву і доводили до позначки 5%-м розчином льодяної оцтової кислоти у етанолі з об'ємною часткою 96%. Як контрольний розчин використовували розчин, приготований аналогічно без додавання алюмінію хлориду.

Розчин стандартного зразка кверцетину готували так: 0,050 г РСЗ кверцетину вмістили у колбу ємністю 50 мл, додали 40 мл розчину з об'ємною часткою етанолу 96%, перемішали до розчинення, довели до позначки тим

самим розчинником і перемішали. 0,25 мл отриманого розчину вміщували у мірну колбу ємністю 25 мл, додавали 2 мл алюмінію хлориду реактиву і доводили до позначки 5% розчином льодяної оцтової кислоти у етанолі (96% об.). Як контрольний розчин використовували розчин, приготований аналогічно без додавання алюмінію хлориду.

Абсорбційний спектр комплексу рутину з алюмінію хлоридом в концентрації рутину 0,04 мг/мл в області від 380 до 450 нм

є плавною лінією з широким максимумом, розташованим при 409-410 нм, що характерно для глікозидів флавоноїдів. Натомість спектр поглинання комплексу кверцетину з алюмінію хлоридом в області від 390 до 470 нм має максимум при 429-430 нм, що характерно для агліконів флавоноїдних глікозидів.

Абсорбційні спектри комплексів алюмінію з флавоноїдними сполуками, екстрагованими з суцвіть чорнобривців розчинами з об'ємними частками етанолу 96% і 70% в області від 390 до 470 нм мають одну широку смугу вбирання, максимум якої гіпсохромно зміщений по відношенню до максимуму кверцетину на 2 нм і розташовується при 427-428 нм. Спектри комплексів флавоноїдів екстрагованих спиртом з об'ємною часткою 40% і водою мають ширший максимум при 425-427 нм.

Аналіз отриманих спектральних даних свідчить, що у досліджуваних екстрактах переважають аглікони флавоноїдних сполук. Максимуми поглинання на спектрах з екстрактами майже збігаються з максимумом на спектрі кверцетину з алюмінію хлоридом і значно відрізняються від спектру рутину з алюмінію хлоридом. Оцінюючи інтенсивність кривих поглинання можна зробити висновок, що оптимальним екстрагентом є розчин з об'ємною часткою етанолу 70%. Оптична густина на спектрі екстракту, отриманого розчином з об'ємною часткою етанолу 96% на 11% менша, ніж у досліді, де екстрагентом є розчин з об'ємною часткою спирту 70%, що може свідчити про те, що в екстракт переходить на 11% менше сполук з групи флавоноїдів. Хоча розчин етанолу з об'ємною часткою 40% екстрагує з рослинної сировини на 43% більше, слід зважити на те, що цей розчин переважно

екстрагує БАР з вищою полярністю: глікозиди, полісахариди, органічні кислоти, деякі амінокислоти, а також баластні речовини, що може знижувати якість кінцевого екстракту. А розчин з об'ємною часткою етанолу 70% переважно екстрагує БАР з помірною або низькою полярністю – ліпофільні сполуки, зокрема, флавоноїди. Тому ми вважаємо застосування розчину з об'ємною часткою етанолу 70% як екстрагенту флавоноїдів більш обґрунтованим.

Результати визначення сухого залишку водного настою і екстрактів, отриманих при екстракції рослинної сировини етиловим спиртом різної концентрації наведені в таблиці 1.

Метрологічні характеристики методики (табл. 2) свідчать про те, що похибка одичного визначення суми флавоноїдів в суцвіттах *T. patula* L. з довірчою ймовірністю 95 % складає 1,66%. Специфічність методики визначалась за відповідністю максимумів поглинання комплексу флавоноїдів рослинної сировини і кверцетину з алюмінію хлоридом. Лінійність методики визначали для серії розчинів кверцетину (рис. 4). Коефіцієнт кореляції становив 0,9936.

За вище описаною методикою встановлено, що вміст суми флавоноїдів в досліджуваних зразках суцвіть *T. patula* L. сорту «Super Hero Orange Flame» становить $1,492 \pm 0,026\%$ (у перерахунку на гіперозид), що в 6,7 рази ($p < 0,01$) нижче за вміст у суцвіттах рослин багатого на флавоноїди сорту «Orange Flame» виду *T. patula* L. та в 4 рази ($p < 0,01$) – за вміст в суцвіттах рослин сорту «Orange Flame» виду *T. patula nana* L. Тож суцвіття *T. patula* L. сорту «Super Hero Orange Flame» є менш перспективним джерелом флавоноїдів, ніж зазначені вище види чорнобривців.

Таблиця 1 – Маса сухого залишку при екстрагуванні суцвіть *Tagetes patula* L. сорту «Super Hero Orange Flame» розчинами етанолу різної концентрації

№ з/п	Екстрагент	Об'єм розчину, мл	Маса сухого залишку, г
1	Етанол 96 %	20	0,0922
2	Етанол 70 %	20	0,1287
3	Етанол 40 %	20	0,1474
4	Вода	20	0,1182

Таблиця 2 – Метрологічні характеристики методики кількісного визначення суми флавоноїдів в суцвіттах *Tagetes patula* L.

<i>f</i>	$\bar{x}_{сер}$	<i>S</i>	<i>P</i> , %	<i>t</i>	<i>D</i>	<i>RSD</i> , %	ϵ , %
5	1,49	0,0248	95	2,571	0,026	1,7	1,75

Примітка: *f* – число ступенів свободи; $\bar{x}_{сер}$ – середнє арифметичне; *S* – стандартне відхилення; *P*, % – рівень значущості; *t* – критерій Стюдента; Δx – довірчий інтервал *RSD*, % – відносне стандартне відхилення; ϵ , % – відносна похибка середнього результату

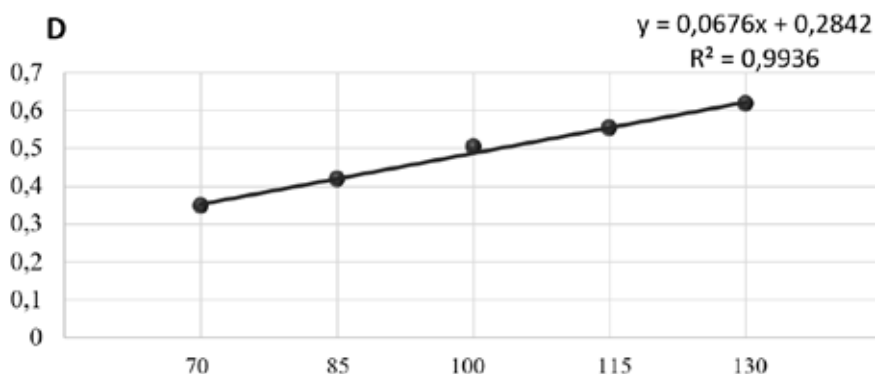


Рис. 4. Графік лінійної залежності оптичної густини від концентрації діючої речовини в зразку у нормалізованих координатах

Отримані результати можуть бути використані для розробки та покращання методик стандартизації суцвіть *T. patula* L.

ВИСНОВКИ. 1. Адаптована методика кількісного визначення суми флавоноїдів у перерахунку на гіперозид у суцвіттях рослин *Tagetes patula* L. сорту "Super Hero Orange Flame" є валідною щодо лінійності. 2. Спектрофотометричним дослідженням суцвіть рослин *Tagetes patula* L. сорту "Super Hero Orange Flame", зібраних під час цвітіння (Чернівці, Україна), встановлено наявність флавоноїдів. 3. Вміст суми флавоноїдів у суцвіттях *Tagetes patula* L. сорту «Super Hero Orange Flame» становить $1,492 \pm 0,026\%$ на суху речовину (в перерахунку на гіперозид).

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ФІНАНСУВАННЯ: самофінансування.

ІНФОРМАЦІЯ ЩОДО НАЯВНОСТІ/ВІДСУТНОСТІ КОНФЛІКТУ ІНТЕРЕСІВ: в авторів немає конфлікту інтересів.

ВНЕСОК КОЖНОГО З АВТОРІВ ЗГІДНО: Грудько В. О. – концепція, дизайн дослідження редагування; Перепелиця О. О. – збір матеріалу, написання тексту; Подолюк М. Ю – статистична обробка даних.

ВІДПОВІДНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ СТАТТІ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ОБСТЕЖЕНЬ/

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kim, J.H., Lim, Y.J., Kim, J.H., & Eom, S.H. (2024). Impact of Dry Processing on Secondary Metabolites in the Petals of Marigold (*Tagetes* spp.) Cultivar. *Horticulturae*, 10 (4), 382. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040382>
2. Verma, N., Aggarwal, N., & Sood, P. (2024). Exploring the phytochemistry and biological potential

ДОСЛІДЖЕНЬ/ЛІКУВАННЯ НОРМАМ БІОЕТИКИ: автори рукопису засвідчують, що у роботі не використовувались персоніфіковані дані пацієнтів, результати первинних клінічних або доклінічних досліджень. У зв'язку з цим отримання схвалення комісії з питань біоетики не вимагалось. Дослідження виконане з дотриманням принципів належної наукової практики та відповідно до міжнародних етичних стандартів, зокрема рекомендацій Комітету з публікаційної етики «COPE» (Committee on Publication Ethics).

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ДОСТУПНІСТЬ ПЕРВИННИХ ДАНИХ: Первинні дані, що підтверджують результати цього дослідження доступні за обґрунтованим запитом до авторів, з урахуванням вимог конфіденційності та етичних норм.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: Автори рукопису 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.

of *Tagetes minuta* (L.): A comprehensive review. *South African Journal of Botany*, 168, 175–195. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.03.004>;

3. Maliuhina, O.O., Mazulin, O.V., & Mazulin, H.V. (2013). Determination of the quantitative content of flavonoids in inflorescences of marigolds, spreading and erect. *Problems of pharmacy*, 6 (81), 88–91. [in Ukrainian].

4. Shahzadi, I., Ahmed, R., Hassan, A., & Shah, M. (2010). Optimization of DNA extraction from seeds and fresh leaf tissues of wild marigold (*tagetes minuta*) for polymerase chain reaction analysis. *Genetics and Molecular Research*, 9 (1), 386–393 [in Ukrainian].
5. Wu, D., Wu, J., Cheng, X., Qian, J., Du, R., Tang, S., Lian, Y., & Qiao, Y. (2022). Safety assessment of marigold flavonoids from marigold inflorescence residue. *J. Ethnopharmacol*, Oct 28: 297:115520. DOI: 10.1016/j.jep.2022.115520
6. Villa-Silva, P.Y., Iliná, A., Ascacio-Valdés, J.A., Esparza-González, S.C., Cobos-Puc, L.E., Rodríguez-Herrera, R., & Silva-Belmares, S.Y. (2020). Phenolic compounds of *Tagetes lucida* Cav. with antibacterial effect due to membrane damage. *Boletín latinoamericano y del caribe de plantas medicinales y aromáticas*, 19 (6), 580-590. 10.37360/blacpma.20.19.6.41
7. Domínguez-Niño, Alfredo; Guillén-Velázquez, Paulina; Santos-González, Iris; García-Valladares, Octavio Send mail to García-Valladares O., & Vázquez-Morales, José Manuel (2025). Total Phenolic, Flavonoid Content, and Antioxidant Activity of Dried Marigold (*Tagetes erecta* L.) Petals Produced in a Mixed-Mode Solar Dryer. *Plant Foods for Human Nutrition*, May 17, 80(3), 123. 10.1007/s11130-025-01366-z.
8. Kushwaha, D., Verma, V., Ramteke, P. W., & Prasad, V.M. (2020) Evaluation of total phenolic and flavonoids content and their relation with antioxidant properties of *Tagetes patula* varieties through DPPH assay. *International Journal of Current microbiology and applied sciences*, 9 (2), 2356–2363. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.902.268>
9. Wu, D., Wu, J., Cheng, X., Qian, J., Wang, W., Zhang, Y., Li, X., & Lian, Y. (2023). A research of marigold flavonoids from marigold residues. *Industrial Crops and Products*, 191, January, 115898. 10.1016/j.indcrop.2022.115898
10. Riaz, M., Ahmad, R., Rahman, NU., Khan, Z., Dou, D., Sechel, G., & Manea, R. (2020). Traditional uses, Phyto-chemistry and pharmacological activities of *Tagetes Patula* L. *J Ethnopharmacol*. Jun 12, 255, 112718. 10.1016/j.jep.2020.112718.
11. Sukhikh, S., Ivanova, S., Babich, O., Shepel, E., & Kriger, O. (2025). Study of biological activity of aqueous extracts of *Tagetes Patula* L. flowers. *Fitoterapia*, Sep., 185, 106712. 10.1016/j.fitote.2025.106712.
12. Zardeto, G., Krzyzanich, L.M., Mello, J.L.P., Ueda-Nakamura, T., Dias-Filho, B.P., Silva, S.O., & Nakamura, C.V. (2024). Isolation of flavonoids from *Tagetes patula* (French Marigold) flowers: cytotoxic and oxidant activity in human cervical carcinoma cells. *Bol. Latinoam. Caribe. Plant. Med. Aromat*, 23 (3), 448–453.
13. Karpyk, H., Vichko, O., Marchyshyn, S., Slobodianiuk, L., Budniak, L., & Shved O. (2024). The influence of the extract from the flowers on the *Tagetes patula* on the consumer properties of the buns products. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 4, 156–164. <https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-4-156> [in Ukrainian].
14. Marchyshyn, S.M., Slobodianiuk, L.V., Basaraba, R.Yu, Hudz, N.A., & Kostyshyn, L.V. (2020). Content of aminoacids in raw materials of some species of Asteraceae family. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 3, 44–50. 10.33617/2522-9680-2020-3-44 24/ [in Ukrainian].
15. Wason, P., Sakaewan, O., Kanokwan, K., & Kongsak, B. (2023). In Vitro α -Amylase and α -Glucosidase Inhibitory Effects, Antioxidant Activities, and Lutein Content of Nine Different Cultivars of Marigold Flowers (*Tagetes* spp.). *Molecules*, 28 (8), 3314. 10.3390/molecules28083314
16. Munhoz, V.M., Longhini, R., Souza, J.R.P., Zequi, J.A.C., Mello, E.V.S., Lopes, G.C., & Mello, J.C.P. (2014). Extraction of flavonoids from *Tagetes patula*: process optimization and screening for biological activity. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 24 (5), September–October, 576–583. 10.1016/j.bjp.2014.10.001
17. Mazulin, O.V., Fukleva, L.A., Voitenko, T.I., & Mazulin, H.V. Polyphenolic compounds of marigold inflorescences. *PLANTA+ Science, practice and education: materials of the V scientific-practical conference with international participation, dedicated to the memory of Dr. of Chemical Sciences, Prof. Nina Pavlovna Maksytina (to the 100th anniversary of her birth)*. (Kyiv, 28-29 Jan. 2025). Kyiv: Palyvoda A. V., 2025, 1, 131–132. [in Ukrainian].
18. State Pharmacopoeia of Ukraine / SE "Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products". (2014). Kharkiv: DP «Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv». 2-he vyd., 3, 400. [in Ukrainian].
19. State Pharmacopoeia of Ukraine / SE "Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products". (2018). Kharkiv: DP «Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv». 2-he vyd. Dopovnennia 2. 1, 385. [in Ukrainian]

Адреса для листування: mcc.tdmu@gmail.com

V. O. Hrudko, O. O. Perepelytsia, M. Yu. Podolchuk
BUKOVINIAN STATE MEDICAL UNIVERSITY

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF FLAVONOIDS IN INFLORESCENCE OF THE “SUPER HERO ORANGE FLAME” BRAND OF *TAGETES PATULA* L

Summary

Introduction. Cultivating plants from the genus *Tagetes* (Marigold) for decorative purposes and as a source of bioactive compounds is a popular practice in Ukraine. Among them, *T. erecta* L. (Marigold erect), *T. patula* L. (Marigold spreading), and *T. tenuifolia* L. (narrow-leaved Marigold) are the most widely distributed. Although the experimental data on the composition of bioactive compounds in these plants are rather substantial, information

related to new varieties of *T. patula* L., such as "Super Hero Orange Flame" by "Benary", Germany, is still scarce. As found in our previous investigations, this variety reveals a high content of flavonoids.

The aim of the article – identification and quantification of the content of flavonoids in the inflorescence of the variety "Super Hero Orange Flame" of *Tagetes patula* L.

Methods. This investigation was conducted on the air-dry inflorescences of *T. patula* L., variety "Super Hero Orange Flame". Identification and quantification of flavonoids were performed using spectrophotometry.

Results and Discussion. The results of spectral investigation of ethanolic extracts from marigold flowers and aqueous extracts from the inflorescences revealed that this material consists of a mixture of different phenols, including flavonoids. A 70 % ethanol solution proved to be the most effective for extraction. The total flavonoid content in terms of hyperoside was $1.492 \pm 0,026\%$.

Conclusions. 1. An adapted method for quantitative determination of the amount of flavonoids, expressed as hyperoside, in inflorescences of *Tagetes patula* L., variety "Super hero Orange Flame" is valid within the linearity range. 2. The presence of flavonoids in inflorescences of *Tagetes patula* L., variety "Super hero Orange Flame" collected during the period of blooming has been confirmed using the method of spectrophotometry. 3. The content of flavonoids in inflorescences of *Tagetes patula* L., variety "Super Hero Orange Flame" is $1.492 \pm 0.026\%$ expressed as hyperoside in terms of dry components.

KEY WORDS: *Tagetes patula* L.; brand "Super Hero Orange Flame"; flavonoids.

Дата першого надходження статті до видання: 19.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.04.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.05.2026