

---

## БІОХІМІЯ

---

УДК 577.121:543.544.5]:615.27  
DOI 10.31654/2786-8478-2024-BN-4-32-41

### **Осипчук Р. П.**

аспірант кафедри біології  
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя  
ruslan0399os@gmail.com  
orcid.org/0009-0007-2193-0839

### **Кучменко О. Б.**

доктор біологічних наук, професор,  
завідувач кафедри біології  
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя  
kuchmenko1978@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-3021-8583

## **ВМІСТ ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ У ЕКСТРАКТАХ ІЗ КВІТОК РОБІНІЇ, ЛИСТЯ ВИНОГРАДУ, НАСІННЯ БАЗИЛІКА ТА ЗЕРЕН ПШЕНИЦІ**

*Вторинні метаболіти рослинних організмів виконують різні функції у забезпеченні взаємодії між рослинами та іншими організмами. Різні конститутивні та патоген-індуковані фітохімікати забезпечують природний імунітет рослин. Дослідження їх вмісту у квітках робінії, листі винограду, насінні базиліка та зернах пшениці набирає популярності, оскільки ці рослини є доступними, що забезпечує їх широке застосування у різних сферах. Насіння базиліка володіє високим рівнем активності каталази та аскорбатпероксидази, вмістом загальних та білкових SH-груп, відновленого глутатіону та ТБК-позитивних продуктів. Високий вміст небілкових SH-груп було виявлено в квітках робінії. Натомість листя винограду містить високий рівень вітаміну С та антоціанових пігментів.*

*В нашому дослідженні ми визначали рівень вмісту вільних метаболітів методом обернено-фазової високоефективної рідинної хроматографії.*

*В результаті наших досліджень було встановлено, що екстракт із насіння базиліка має найвищий рівень вмісту тригліцеридів та монотерпеноїдів, що надають йому імовірного протизапального, бактерицидного, антигельмінтного та спазмолітичного ефекту при вживанні людиною. Екстракт із квіток робінії має найвищі рівні глікозидів антоціану, 4-, 7-дигідроксифлавонолу, агіпеніну, лютеніну та оксикоричних кислот, що демонструє його потужний антиоксидантний потенціал та високий рівень адаптації до біотичного та абіотичного стресу. Натомість, в екстракті з листя винограду були виявлені найвищі рівні кемпферолу та глікозидів кверцитину, простих фенолів і катаболітів хлорофілу А і В. Такі результати демонструють потенційну протизапальну та імуномодулюючу дію листя винограду. Найбіднішим за вмістом вторинних метаболітів виявився екстракт із зерен пшениці.*

*Дані результати можуть стати в нагоді у подальшому вивченні антиоксидантної, протизапальної, антимікробної та імуномодулюючої дії рослинної сировини, з перспективою її використання в медицині, харчових технологіях тощо.*

*Ключові слова:* вільні метаболіти, рідинна хроматографія, квіти робінії, насіння базиліка, листя винограду, зерна пшениці.

---

**Вступ.** Вторинні метаболіти рослинних організмів виконують різні функції у забезпеченні взаємодії між рослинами та іншими організмами. Різні конститутивні та патоген-індуковані сполуки забезпечують природний імунітет рослин [1]. Патогенні мікробні інфекції активують різні захисні реакції проти численних біотичних та абіотичних стресів, включаючи пігментацію, розвиток пилкової трубки, стрес від УФ-світла, патогенні інфекції та фітофагію [2]. Флаванон 3-гідроксилаза (F3H) є одним із основних модуляторів у біосинтезі флавоноїдів у шляху фенілаланін-амоніак-ліази. Нещодавно було з'ясовано, що F3H є модулятором стійкості до коричневого рисового хоппера [3].

Кемпферол (Kf), кверцетин (Qu) та антоціани є важливими флавоноїдами, які можуть глікозилуватися у глікозидні похідні шляхом додавання глюкози до атомів вуглецю 3 і 7 [4]. Глікозиди Kf і Qu також є флавоноїдами. Вони діють як антиоксиданти. Їх гідроксильна група взаємодіє з вільними радикалами, віддаючи електрон або водень [5]. Kf і Qu є кращими антиоксидантами, ніж інші флавоноїди [6]. Накопичення вільних радикалів є суттєвою причиною стресу, який може підвищувати утворення активних форм кисню (ROS); накопичення флавоноїдів сприяє зниженню рівня ROS [6].

Подібно до інших флавоноїдів, антоціани захищають рослини від впливу стресу. Інтерес до розуміння механізму, за допомогою якого антоціани знижують рівень стресу рослин зростає. Антоціани допомагають справлятися зі стресом через нейтралізацію ROS та вплив на сигналювання на гормональному рівні [6, 7].

Дослідження вмісту вторинних метаболітів у квітках робінії, листі винограду, насінні базиліка та зернах пшениці набирає популярності. Це пов'язано з доступністю цих рослин, їх застосуванням у різних галузях та наявністю антиоксидантного потенціалу [8]. Насіння базиліка володіє високим рівнем активності каталази та аскорбатпероксидази, вмістом загальних та білкових SH-груп, відновленого глутатіону та ТБК-позитивних продуктів [8]. Високий вміст небілкових SH-груп було виявлено в квітках робінії. Натомість листя винограду містить високий рівень вітаміну С та антоціанових пігментів [8].

Водночас, наявність у рослин глікозидів (глікозидів апігеніну, кверцетину, лютеліну, кемпферолу, флаванонів, антоціану, 4-, 7-дигідроксифлавану) [9, 10, 11, 12], ізофлавононів, оксикоричних кислот, стилбеноїдів, монотерпеноїдів, стеринів, тригліцеридів та каротиноїдів свідчить про високу стійкість рослинного організму до біотичних та абіотичних факторів стресу та про імуномодулюючу, протизапальну, антимікробну та антиоксидантну дію для людей, що використовують рослинну сировину в своїх цілях [13, 14, 15, 16].

**Мета.** Визначити вміст вторинних метаболітів у екстрактах із квіток робінії, листя винограду, насіння базиліка та зерен пшениці.

**Матеріали та організація дослідження.** Для дослідження використовували листя винограду (*Vitis vinifera* L.), квіток робінії (*Robiinia pseudoacacia* L.), насіння базиліка (*Ocimum basilicum* L.) та зерен пшениці (*Triticum aestivum* L.). Рослини були зібрані навесні 2024 року в місті Коростень, Житомирської області. Висушування проводилось у добре провітрюваному приміщенні за температури 23-28°C без прямого потрапляння сонячних променів.

Перед початком дослідження була проведена підготовка зразків рослинної сировини. Для цього вносили в скляну віалу 50 мг наважки рослинної сировини (100 мг в випадку пшениці) та додавали 4 мл метанолу. Екстракцію проводили під дією ультразвуку та при температурі 50°C протягом 2 годин (4 етапи по 30 хвилин).

Отриманий розчин екстракту фільтрували крізь фільтр з мембраною з гідрофільного нейлону та порами 0,22 мкм. Фільтрати зберігали при температурі -20 °С.

Аналіз вторинних метаболітів проводили методом обернено-фазової високо-ефективної рідинної хроматографії на базі ЦККП «Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ)» Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. Розділення зразків проводили на хроматографічній системі Agilent 1100 з 4-канальним насосом, вакуумним дегазатором, автосамплером, термостатом колонок та діодно-матричним детектором. Використовували двох-елюентну схему (елюент А=0,05 М водний розчин ортофосфорної кислоти  $H_3PO_4$ ; В=ацетонітрил/всі елюенти й добавки Sigma-Aldrich, градація чистоти HPLC) на колонці Poroshell 120 EC-C18, 2,7 мкм, 2,1×150 мм. Об'єм зразка 2 мкл. Детектування відбувалося на довжинах хвиль 206 нм, 254 нм, 300 нм, 350 нм та 450 нм. Для всіх речовин реєстрували спектри поглинання в ультрафіолетовому та видимому діапазонах з метою встановлення природи вторинних метаболітів і віднесення хроматографічних піків до певних груп речовин.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Для візуалізації отриманих результатів використовували скорочені позначення досліджуваних класів речовин (табл. 1).

Таблиця 1

**Список використаних позначень досліджуваних класів речовин**

Позначення	Клас речовин	Речовина, що була використана для розрахунку вмісту
AC	Глікозид антоціану	
dhF	Глікозиди 4',7-дігідроксифлавонолу	
EA	Похідні елагової кислоти	Елагова кислота
F	Флавоноїди, для яких не вдалося провести більш точну ідентифікацію	Рутин
F-AG	Глікозиди апігенину	Вітексин
F-KG	Глікозиди кемпферолу	Кемпферол-3-арабінозид
F-LG	Глікозиди лютеліну	Орієнтин
F-QG	Глікозиди кверцетину	Рутин
FA	Глікозиди флаванонів	Неогесперидин
HOV	Прості феноли, бензойні кислоти, оксibenзойні кислоти	Галлова кислота
-GA	-похідні галової кислоти	
-PrA	-похідні протокатехової кислоти	
IF	Ізофлавонони	Ізофлавонон
OC	Оксикоричні кислоти	Хлорогенова кислота
OC-pCoum	-похідні п-кумарової кислоти	
OC-Caf	-похідні кавової кислоти	
Stil	Стілбенноїди	
TS	Монотерпеноїди та стерини	
TG	Тригліцериди	
X-A і X-B	Катаболіти хлорофілів А і В відповідно	Феофорбід А
Y	Каротиноїди	Лютеїн

Антоціани – це природні флавоноїдні хромофори, які здебільшого відповідають за різноманіття кольорів квітів та плодів. Антоціани також можуть накопичуватися в листках для захисту фотосинтетичних апаратів і світлочутливих сполук від

ультрафіолетового випромінювання. Накопичення антоціанів може бути викликане екологічними стресорами, такими як УФ-пошкодження, екстремальні температури та посуха. Антоціани беруть участь у стійкості рослин до абіотичних та біотичних стресів, нейтралізуючи дію вільних радикалів та перекисів. Антиоксидантна активність антоціанів також надає значну користь для здоров'я людини [17, 18, 19].

Елагова кислота (C<sub>14</sub>H<sub>6</sub>O<sub>8</sub>, EA) є фенольною сполукою, що може бути отримана з листя, плодів та насіння рослин. EA утворюється в результаті гідролізу елагітанінів, які є вторинними метаболітами у рослинах. EA відома своїми протизапальними та антиоксидантними властивостями. Елагова кислота інгібує токсичність, що індукована перекисом водню. Хоча перекис водню не реагує специфічно з більшістю речовин у біологічних системах, вона є попередником, що відіграє роль у формуванні більш реакційноздатних оксидантів, таких як гідроксильні радикали. Тому вважається, що елагова кислота може знизити клітинну дегенерацію, викликану впливом вільних радикалів [20].

Флавонові глікозиди, флавоноїди та ізофлаволи також необхідні рослинним організмам для набуття толерантності до біотичного стресу [21].

В результаті дослідження було встановлено, що з чотирьох екстрактів тільки екстракт із квіток робінії містить глікозиди антоціаніну, похідні елагової кислоти, глікозиди флаванонів та ізофлаволи. Це може бути пов'язано з особливостями біохімічного складу квіток. Також, екстракт з квіток робінії містить вищий рівень глікозидів 4-, 7-дигідроксифлавону на 99,4%, 89,2% і 100%, порівняно з екстрактами з листя винограду, насіння базиліка та зерен пшениці відповідно (рис. 1).

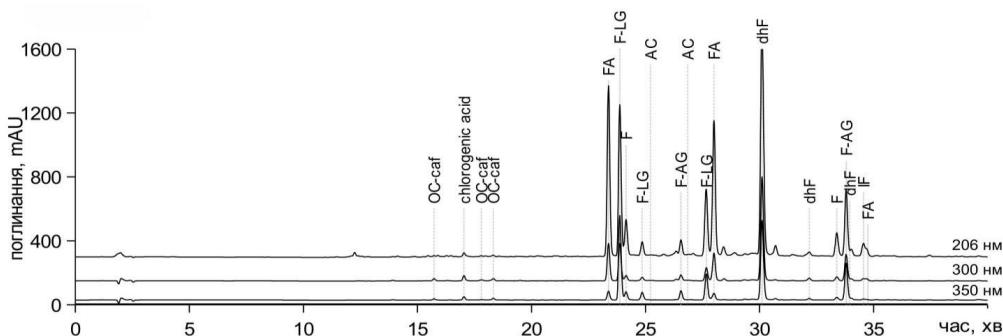


Рис. 1. Хроматограма вторинних метаболітів у екстракті з квіток робінії

Також, рівень вмісту флавоноїдів в екстракті з квіток робінії вищий на 65%, 100% і 97,5%, порівняно з екстрактами з листя винограду, насіння базиліка та зерен пшениці відповідно. Рівень глікозидів лютеліну та апігеніну також вищий в екстракті з квіток робінії. Зокрема, рівень глікозидів апігеніну в екстракті з квіток робінії вищий на 82,9%, 100% і 98,2%, а рівень глікозидів лютеніну вищий на 99%, 100% і 100%, порівняно з екстрактами з листків винограду, насіння базиліка та зерен пшениці відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

**Вміст вторинних метаболітів у екстрактах із квіток робінії, листя винограду, насіння базиліка та зерен пшениці, мг/г**

Клас речовин	Квітки робінії	Листки винограду	Насіння базиліку	Зерна пшениці
1	2	3	4	5
AC	0,9	-	-	-
dhF	35,1	0,2	3,8	-

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
EA	24,0	-	-	-
F	4,0	1,4	-	0,1
F-AG	16,7	2,9	-	0,3
F-KG	-	2,8	-	0,4
F-LG	37,8	0,4	-	-
F-QG	-	3,5	-	0,4
FA	24,6	-	-	-
HOB	-	5,5	0,8	0,8
IF	4,7	-	-	-
OC	2,6	0,2	-	-
Stil	-	>0,1	-	-
TS	11,4	14,7	51,6	4,9
TG	-	-	133,5	-
X-A	0,8	1,5	-	0,1
X-B	0,7	1,1	-	0,1
Y	0,5	0,5	-	0,1

Рівень оксикоричних кислот в екстракті з квітів робінії вищій на 92,3%, 100% і 100%, порівняно з екстрактами з листя винограду, насіння базиліка та зерен пшениці відповідно.

Ці результати демонструють потенційний потужний антиоксидантний потенціал рослинної сировини, яку досліджували, та високий рівень адаптації до біотичного та абіотичного стресу цих рослин.

Кемпферол є флавоноїдом-антиоксидантом, що міститься у фруктах і овочах. Багато досліджень описують корисні ефекти кемпферолу для людини: зниження ризику розвитку хронічних захворювань, в тому числі онкології [22].

Також, рослини, що містили високий вміст глікозидів кемпферолу та кверцетину демонстрували антимікробну та інгібуючу дію на ріст міцелію [23].

Досліджуючи екстракт з виноградних листків, в ньому було ідентифіковано найвищий вміст глікозидів кемпферолу, кверцетину, простих фенолів і катаболітів хлорофілу А та В. Зокрема, рівень глікозидів кемпферолу вищій на 100%, 100% і 85,7%, рівень глікозидів кверцетину вищій на 100%, 100%, і 88,6%, рівень простих фенолів вищій на 100%, 85,5% і 85,5%, рівень катаболітів хлорофілу А вищій на 46,7%, 100% і 93,4% і рівень катаболітів хлорофілу В вищій на 36,4%, 100% та 91%, порівняно з екстрактами з квіток робінії, насіння базиліка та зерен пшениці відповідно (рис. 2).

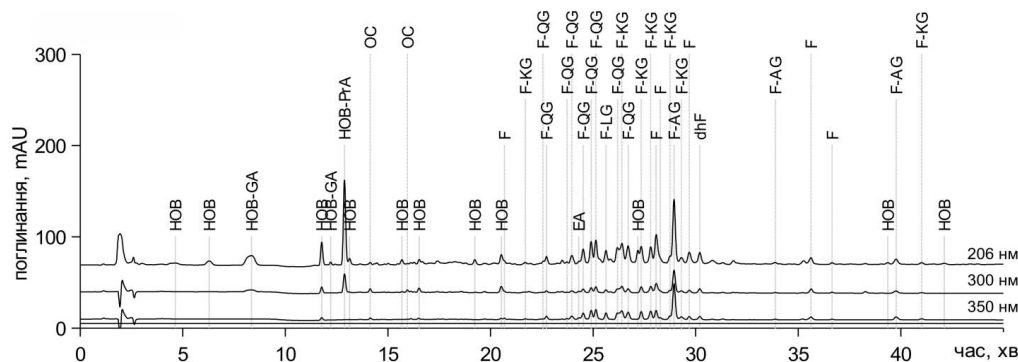


Рис. 2. Хроматограма вторинних метаболітів у екстракті з листя винограду

Рівень каротиноїдів в екстрактах із квіток робінії та листків винограду однаковий і на 100% і 80% вищий, в порівнянні з екстрактами з насіння базиліка та зерен пшениці відповідно. Стілбеноїди були знайдені тільки в екстракті листя винограду. Такі результати можуть бути обумовлені біохімічними особливостями сировини, з якої готувався екстракт, і демонструють потенційний протизапальний, імуномодулюючий ті інгібуючий ефект рослинної сировини проти росту міцелію [22, 23].

Наявність у рослинах високого рівня монотерпеноїдів, стеринів та тригліцеридів вказує на вміст ефірних олій. Ефірна олія і сировина, що містить ефірні олії, мають широкий спектр біологічної активності. Вони справляють бактерицидну, протизапальну, спазмолітичну, відхаркувальну, вітрогінну, антигельмінтну дію. Їх застосовують у разі захворювань верхніх дихальних шляхів, травного каналу, нервових та інших захворювань [24].

Досліджуючи екстракт з насіння базиліка, виявили, що він має найвищий рівень монотерпеноїдів, стеринів і тригліцеридів. Зокрема, рівень монотерпеноїдів і стеринів в екстракті з насіння базиліка вищий на 78%, 71,6% і 90,6%, порівняно з екстрактами із квіток робінії, листків винограду та зерен пшениці відповідно (рис. 3).

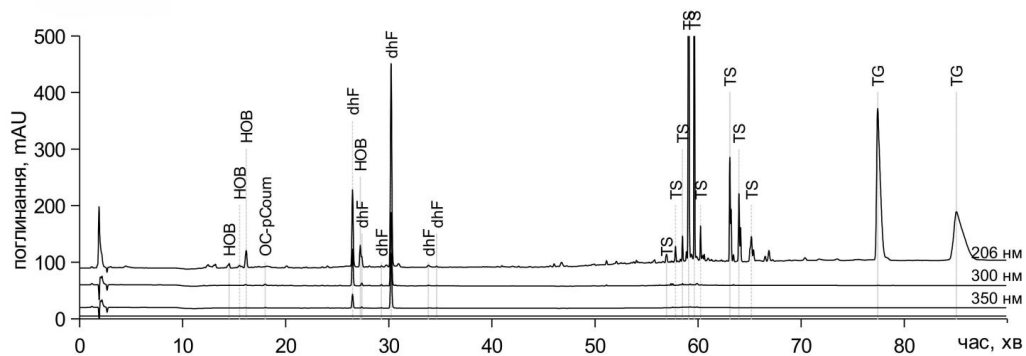


Рис. 3. Хроматограма вторинних метаболітів у екстракті з насіння базиліка

Тригліцериди були знайдені тільки в екстракті насіння базиліка (табл. 1.). Це може бути пов'язано з наявністю високого вмісту ліпідів у насінні базиліку.

Такі результати демонструють потенційний бактерицидний, протизапальний та антигельмінтний потенціал екстракту з насіння базиліка.

В екстракті із зерен пшениці було ідентифіковано найнижчі рівні всіх досліджуваних речовин, порівняно з іншими екстрактами (рис. 4).

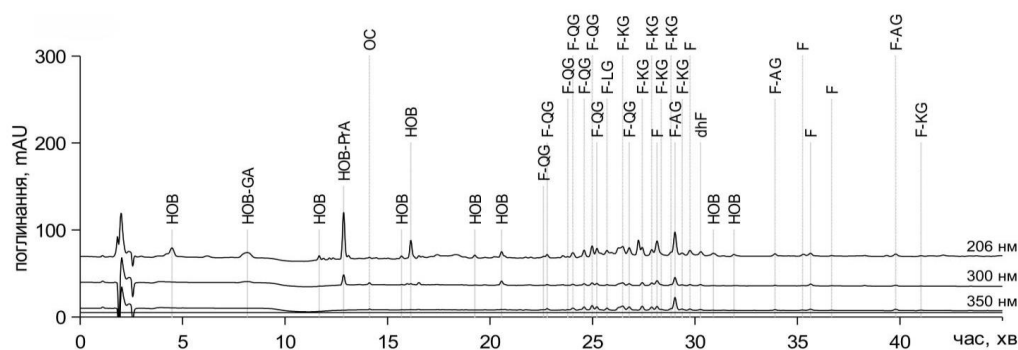


Рис. 4. Хроматограма вторинних метаболітів у екстракті із зерен пшениці

**Висновки.** В результаті досліджень було встановлено, що екстракт із насіння базилика має найвищий рівень вмісту тригліцеридів та монотерпеноїдів, що може обумовлювати його потенційний протизапальний, бактерицидний, антигельмінтний та спазмолітичний ефект.

Екстракт із квіток робінії має найвищі рівні глікозидів антоціану, 4-, 7-дигідрокси-флавонолу, агіпеніну, лютеніну та оксикоричних кислот, що демонструє його потужний антиоксидантний потенціал та високий рівень адаптації до біотичного та абіотичного стресу.

Натомість, в екстракті з листків винограду були виявлені найвищі рівні кемпферолу та глікозидів кверцитину, простих фенолів і катаболітів хлорофілу А і В. Такі результати демонструють імовірну протизапальну та імуномодулюючу дію листя винограду.

Найбіднішим за вмістом вторинних метаболітів виявився екстракт із зерен пшениці.

Дані результати можуть стати в нагоді у подальшому вивченні антиоксидантної, протизапальної, антимікробної та імуномодулюючої дії рослинної сировини.

**Подяка.** Автори висловлюють вдячність ЦККП «Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ)» Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України за допомогу у виконанні хроматографічного дослідження біологічних зразків.

### Література

- Piasecka A. Secondary metabolites in plant innate immunity: Conserved function of divergent chemicals. *New Phytol.* 2015. Vol. 206. P. 948–964.
- Onkokesung N. Modulation of flavonoid metabolites in *Arabidopsis thaliana* through overexpression of the MYB75 transcription factor: Role of kaempferol-3,7-dirhamnoside in resistance to the specialist insect herbivore *Pieris brassicae*. *J. Exp. Bot.* 2014. Vol. 65. P. 2203–2217.
- Dai Z. The OsmiR396–Os GRF 8–OsF3H-flavonoid pathway mediates resistance to the brown planthopper in rice (*Oryza sativa*). *Plant Biotechnol. J.* 2019. Vol. 17. P. 1657–1669.
- Khan M. Effect of water stress and aphid herbivory on flavonoids in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). *J. Appl. Bot. Food Qual.* 2011. Vol. 84. P. 178–182.
- Han R. Reaction Dynamics of Flavonoids and Carotenoids as Antioxidants. *Molecules* 2012. Vol. 17. P. 2140–2160.
- Ami'c D. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croat. Chem.* 2003. Vol. 76. P. 55–61.
- Nakabayashi R., Yonekura-Sakakibara K. Enhancement of oxidative and drought tolerance in *Arabidopsis* by overaccumulation of antioxidant flavonoids. *Plant J.* 2014. Vol. 77. P. 367–379.
- Осипчук Р., Кучменко О. Оцінка антиоксидантного потенціалу водних екстрактів із листя винограду, квіток робінії, насіння базилику та зерен пшениці. *Наукові записки. Біологічні науки.* 2024. №3. С. 25–33.

9. Santanu S. An anti-leishmanial compound 40 ,7-dihydroxyflavone elicits ROS-mediated apoptosis-like death in *Leishmania* parasite. *The FEBS J.* 2022. №290. P. 3646-3663.
10. Cengiz S. Enzyme and Biological Activities of the Water Extracts from the Plants *Aesculus hippocastanum*, *Olea europaea* and *Hypericum perforatum* That Are Used as Folk Remedies in Turkey. *Molecules.* 2020. Vol. 25. P. 1202-1217.
11. Miriama S. Antioxidant vs. Prooxidant Properties of the Flavonoid, Kaempferol, in the Presence of Cu(II) Ions: A ROS-Scavenging Activity, Fenton Reaction and DNA Damage Study. *International Journal of Molecular Sciences.* 2021. Vol. 22. P. 1619-1636.
12. Je-Chiuan Ye. Analysis of caffeic acid extraction from *Ocimum gratissimum* L. by high performance liquid chromatography and its effects on a cervical cancer cell line. *Taiwan J Obstet Gynecol.* 2010. Vol. 49. P. 266-232.
13. Beatriz N. Chemical profiles and bioactivities of polyphenolic extracts of *Lavandula stoechas* L., *Artemisia dracunculus* L. and *Ocimum basilicum* L.. *Food Chemistry.* 2024. Vol. 451. P. 1-9.
14. Ali J. Dataset for the content of bioactive components and phytonutrients of (*Ocimum basilicum* and *Brassica rapa*) microgreens. *Data in Brief.* 2022. Vol. 40. P. 1-7.
15. Misbaudeen A., Ibrahim O. Virtual screening, ADMET profiling, PASS prediction, and bioactivity studies of potential inhibitory roles of alkaloids, phytosterols, and flavonoids against COVID-19 main protease (M<sup>pro</sup>). *Natural Product Research.* 2021. Vol. 36. №12. P. 1-7.
16. Fabio B. Efficacy and Mechanisms of Action of Essential Oils' Vapours against Blue Mould on Apples Caused by *Penicillium expansum*. *International Journal of Molecular Sciences.* 2023. Vol. 24. P. 1-15.
17. Morais C. Anthocyanins as inflammatory modulators and the role of the gut microbiota. *J. Nutr. Biochem.* 2016. Vol. 33. P. 1–7.
18. Liobikas J. Anthocyanins in cardioprotection: a path through mitochondria. *Pharmacol. Res.* 2016. Vol. 113. P. 808–815.
19. Qin X. Beneficial phytochemicals with anti-tumor potential revealed through metabolic profiling of new red pigmented lettuces (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Mol. Sci.* 2018. Vol. 19. P. 1165.
20. Durgun C. Effect of ellagic acid on damage caused by hepatic ischemia reperfusion in rats. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences.* 2022. Vol. 26. P. 8209-8215.
21. Rahmatullah Jan. Flavonone 3-hydroxylase Relieves Bacterial Leaf Blight Stress in Rice via Overaccumulation of Antioxidant Flavonoids and Induction of Defense Genes and Hormones. *International Journal of Molecular Sciences.* 2021. Vol. 22. P. 1-19.
22. Jéssica S. The Pharmacological Action of Kaempferol in Central Nervous System Diseases: A Review. *Frontiers in Pharmacology.* 2021. Vol. 11. P. 1-15.
23. Qurat Ain. Antimicrobial Activity of *Pinus wallachiana* Leaf Extracts against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* and Analysis of Its Fractions by HPLC. *Pathogens.* 2022. Vol. 11. P. 1-13.
24. Методи фармакогностичного аналізу. Первинні метаболіти. Терпеноїди. Тритерпеноїди. Кардіостероїди. Навчально-методичний посібник з фармакогнозії з основами фітокосметики. *Запорізький державний медичний університет.* 2014. 131 с.

### References

1. Piasecka A. (2015) Secondary metabolites in plant innate immunity: Conserved function of divergent chemicals. *New Phytol.* 206. 948–964 [in English].
2. Onkokesung N. (2014) Modulation of flavonoid metabolites in *Arabidopsis thaliana* through overexpression of the MYB75 transcription factor: Role of kaempferol-3,7-dirhamnoside in resistance to the specialist insect herbivore *Pieris brassicae*. *J. Exp. Bot.* 65. 2203–2217 [in English].
3. Dai Z. (2019) The OsmiR396–Os GRF 8–OsF3H-flavonoid pathway mediates resistance to the brown planthopper in rice (*Oryza sativa*). *Plant Biotechnol. J.* 17. 1657–1669 [in English].
4. Khan M. (2011) Effect of water stress and aphid herbivory on flavonoids in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). *J. Appl. Bot. Food Qual.* 84. 178–182 [in English].
5. Han R. (2012) Reaction Dynamics of Flavonoids and Carotenoids as Antioxidants. *Molecules.* 17. 2140–2160 [in English].



6. Amić D. (2003) Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croat. Chem.* 76. 55–61 [in English].
7. Nakabayashi R., Yonekura-Sakakibara K. (2014) Enhancement of oxidative and drought tolerance in *Arabidopsis* by overaccumulation of antioxidant flavonoids. *Plant J.* 77. 67–379 [in English].
8. Osypchuk R., Kuchmenko O. (2024) Otsinka antyoksydantnoho potentsialu vodnykh ekstraktiv iz lystia vynohradu, kvitok robinii, nasinnia bazyliku ta zeren pshenytsi. *Naukovi zapysky. Biolohichni nauky.* no. 3. 25-33 [in Ukrainian].
9. Santanu S. (2022) An anti-leishmanial compound 40, 7-dihydroxyflavone elicits ROS-mediated apoptosis-like death in *Leishmania* parasite. *The FEBS J.* no. 290. 646-3663 [in English].
10. Cengiz S. (2020) Enzyme and Biological Activities of the Water Extracts from the Plants *Aesculus hippocastanum*, *Olea europaea* and *Hypericum perforatum* That Are Used as Folk Remedies in Turkey. *Molecules.* 25. 1202-1217 [in English].
11. Miriama S. (2021) Antioxidant vs. Prooxidant Properties of the Flavonoid, Kaempferol, in the Presence of Cu(II) Ions: A ROS-Scavenging Activity, Fenton Reaction and DNA Damage Study. *International Journal of Molecular Sciences.* 22. 1619-1636 [in English].
12. Je-Chiuan Ye. (2010) Analysis of caffeic acid extraction from *Ocimum gratissimum* L. by high performance liquid chromatography and its effects on a cervical cancer cell line. *Taiwan J Obstet Gynecol.* 49. 266-232 [in English].
13. Beatriz N. (2024) Chemical profiles and bioactivities of polyphenolic extracts of *Lavandula stoechas* L., *Artemisia dracunculus* L. and *Ocimum basilicum* L.. *Food Chemistry.* 451. 1-9 [in English].
14. Ali J. (2022) Dataset for the content of bioactive components and phytonutrients of (*Ocimum basilicum* and *Brassica rapa*) microgreens. *Data in Brief.* 40. 1-7 [in English].
15. Misbaudeen A., Ibrahim O. (2021) Virtual screening, ADMET profiling, PASS prediction, and bioactivity studies of potential inhibitory roles of alkaloids, phytosterols, and flavonoids against COVID-19 main protease (M<sup>pro</sup>). *Natural Product Research.* 36(12). 1-7 [in English].
16. Fabio B. (2023) Efficacy and Mechanisms of Action of Essential Oils' Vapours against Blue Mould on Apples Caused by *Penicillium expansum*. *International Journal of Molecular Sciences.* 24. 1-15 [in English].
17. Morais C. (2016) Anthocyanins as inflammatory modulators and the role of the gut microbiota. *J. Nutr. Biochem.* 33. 1–7 [in English].
18. Liobikas J. (2016) Anthocyanins in cardioprotection: a path through mitochondria. *Pharmacol. Res.* 113. 808–815 [in English].
19. Qin X. (2018) Beneficial phytochemicals with anti-tumor potential revealed through metabolic profiling of new red pigmented lettuces (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Mol. Sci.* 19. 1165 [in English].
20. Durgun C. (2022) Effect of ellagic acid on damage caused by hepatic ischemia reperfusion in rats. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences.* 26. 8209-8215 [in English].
21. Rahmatullah Jan. (2021) Flavonone 3-hydroxylase Relieves Bacterial Leaf Blight Stress in Rice via Overaccumulation of Antioxidant Flavonoids and Induction of Defense Genes and Hormones. *International Journal of Molecular Sciences.* 22. 1-19 [in English].
22. Jéssica S. (2021) The Pharmacological Action of Kaempferol in Central Nervous System Diseases: A Review. *Frontiers in Pharmacology.* 11. 1-15 [in English].
23. Qurat Ain. (2022) Antimicrobial Activity of *Pinus wallachiana* Leaf Extracts against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* and Analysis of Its Fractions by HPLC. *Pathogens.* 11. 1-13 [in English].

24. Metody farmakohnostychnoho analizu. Pervynni metabolity. Terpenoidy. Tryterpenoidy. Kardiosteroidy. (2014) Navchalno-metodychnyi posibnyk z farmakohnozii z osnovamy fitokosmetyky. *Zaporizkyi derzhavnyi medychnyi universytet*. 131 [in Ukrainian].

---

---

**Osypchuk R.**

PhD student, Department of Biology  
Nizhyn Mykola Gogol State University  
ruslan0399os@gmail.com  
orcid.org/0009-0007-2193-0839

**Kuchmenko O.**

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Biology Department of  
Nizhyn Mykola Gogol State University  
kuchmenko1978@gmail.com  
orcid.org/0000-0002-3021-8583

**CONTENT OF SECONDARY METABOLITES IN EXTRACTS FROM ROBINIA FLOWERS, GRAPE LEAVES, BASIL SEEDS AND WHEAT GRAINS**

*Secondary metabolites of plant organisms perform different functions in providing interaction between plants and other organisms. Various constitutive and pathogenized phytochemicals provide natural immunity to plants. The study of their content in robinia flowers, grape leaves, basil seeds and wheat grains is gaining popularity, as these plants are available, which ensures their wide application in various fields. Basil seeds have a high level of catalase and ascorbate peroxidase activity, content of total and protein SH groups, reduced glutathione and TBC-positive products. A high content of non-protein SH groups was found in robinia flowers. Instead, grape leaves contain high levels of vitamin C and anthocyanin pigments.*

*In our study, we determined the level of free metabolites by reverse-phase high-performance liquid chromatography.*

*As a result of our research, it was found that basil seed extract has the highest level of triglycerides and monoterpenoids, which give it a probable anti-inflammatory, bactericidal, antihelmintic and antispasmodic effect when used by humans.*

*The extract from Robinia flowers has the highest levels of anthocyanin, 4-, 7-dihydroxyflavone, agipenin, lutenin and oxycyclic acid glycosides, demonstrating its powerful antioxidant potential and high level of adaptation to biotic and abiotic stress.*

*Instead, the highest levels of kempferol and glycosides of quercetin, simple phenols and catabolites of chlorophyll A and B. were found in the extract from grape leaves. Such results demonstrate the potential anti-inflammatory and immunomodulatory effect of grape leaves.*

*The poorest in terms of secondary metabolites was an extract from wheat grains.*

*These results can be useful in further studying the antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial and immunomodulatory effects of plant raw materials, with the prospect of its use in medicine, food technologies, etc.*

*Keywords: free metabolites, liquid chromatography, robinia flowers, basil seeds, grape leaves, wheat grains.*

**Стаття до редакції надійшла 04.12.2024 року  
Рецензія на статтю надійшла 20.12.2024 року**