



С. М. Ковтун-Водяницька¹, В. Ф. Левон¹, Д. Б. Рахметов¹, Н. Є. Горбенко²

¹ Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна

² Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна

СКРИНІНГ НАДЗЕМНОЇ ЧАСТИНИ ІНТРОДУКОВАНИХ РОСЛИН РОДИН ASTERACEAE, LAMIACEAE ТА RUTACEAE НА ВМІСТ АНТОЦΙΑНІВ І ФЛАВОНОЛІВ

Наведено результати оригінального дослідження, в якому розглянуто проблему пошуку нових видів рослин, сировина яких збагачена флавоноїдами. Такі рослини натеper широко досліджують, зокрема – у медицині та харчуванні. У роботі надано інформацію про ботанічні сади загалом і Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України (НБС), зокрема, що є осередком наукових колекцій рослин, які презентують світове флористичне різноманіття. Розглянуто значення інтродукованих рослин, які є потужним об'єктом для біохімічного скринінгу і добору нових перспективних видів для практичного використання. Показано, що розширення видового асортименту рослин, які є джерелом флавоноїдів, можливе внаслідок залучення нових і малопоширених інтродукованих видів. Колекції інтродуцентів є вихідним матеріалом у такого плану дослідженнях. Проаналізовано і досліджено рослини 25 таксонів 3 родин, які інтродуковані до колекції нетрадиційних ефіроносних рослин НБС. Виявлено та визначено кількісний вміст антоціанів і флавонолів у сировині запашних видів рослин та здійснено порівняльне оцінювання. Під час дослідження використано спектрофотометричний метод. Унаслідок проведення серії експериментів встановлено, що рослини досліджених таксонів вирізняються подекуди значно вищим кількісним вмістом згаданих сполук порівняно із відомими у споживанні рослинами, такими як чорна смородина, виноград, шавель, червона цибуля тощо. Високий вміст антоціанів виявлено у сировині *Agastache rugosa* (248 мг/100 г), *Salvia officinalis* subsp. *lavandulifolia* (228 мг/100 г) і *Thymus pulegioides* (212 мг/100 г), флавонолів – *Agastache rugosa* (297.360 мг/100 г), *Thymus pulegioides* (244.26 мг/100 г), *Thymus longicaulis*, *Ruta corsica* (223.02 мг/100 г), *Tanacetum balsamita* (196.47 мг/100 г). Отримані дані мають значущість з огляду на потенціал інтродукованих рослин в нових умовах зростання. Це надає перспективи багаточільового практичного використання дослідних видів рослин, зокрема як джерела флавоноїдів у лікувальній практиці та для харчових цілей.

Ключові слова: ефіроолійні рослини; біохімічний склад; спектрофотометричний метод; флавоноїди.

Вступ / Introduction

У сьогоденному цивілізаційному просторі існування людини, питання її здоров'я разом з безпекою і харчовими потребами, є визначальними. Наразі сформувалося стійке усвідомлення того, що у харчуванні та лікуванні людина має надавати перевагу природним складникам на противагу синтетичним. Рослини стають більш ціннісними і затребуваними як джерело корисних сполук для лікарських препаратів і як функціональні інгредієнти, комплементарні здоровому харчуванню. Дослідження окремих груп рослин, їх біохімічного складу, фармакологічних властивостей створює передумови для ширшого використання рослинної сировини та її похідних. Це сприяє збільшенню фармацевтичних препаратів

і засобів на підставі рослинної сировини, а також продуктів харчування з маркуванням 'organic' та 'natural composition', необхідних для підтримки здорового способу життя (healthy lifestyle).

Серед різноманітних класів органічних сполук, наявних у рослинній сировині, досить активно досліджують і використовують флавоноїди як найбільш відомі завдяки різноманітній фітотерапевтичній дії. Флавоноїди є похідними фенольних сполук і вважаються найпоширенішими у природі. Наразі виявлено та ідентифіковано понад 10 000 флавоноїдних сполук [22]. Спектр біологічної активності флавоноїдів зумовлений їх хімічною структурою і механізмами дії. Флавоноїди, як фітосполуки, мають низку корисних властивостей, які по-

Інформація про авторів:

Ковтун-Водяницька Світлана Михайлівна, канд. біол. наук, ст. наук. співробітник, відділ культурної флори.

Email: catta-s@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-2367-461X>

Левон Володимир Федорович, канд. хім. наук, ст. дослідник, ст. наук. співробітник, відділ акліматизації плодів рослин.

Email: vflevon@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2652-9984>

Рахметов Джамал Бахлулович, д-р с.-г. наук, професор, заступник директора з наукових питань (інноваційний розвиток), завідувач відділу культурної флори. Email: rjb2000.16@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7260-3263>

Горбенко Наталія Євгенівна, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу.

Email: nata.horbenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6053-6582>

Цитування за ДСТУ: Ковтун-Водяницька С. М., Левон В. Ф., Рахметов Д. Б., Горбенко Н. Є. Скринінг надземної частини інтродукованих рослин родин Asteraceae, Lamiaceae та Rutaceae на вміст антоціанів і флавонолів. Науковий вісник НЛТУ України. 2024, т. 34, № 7. С. 17–22.

Citation APA: Kovtun-Vodyanytska, S. M., Levon, V. F., Rakhmetov, D. B., & Horbenko, N. Ye. (2024). Screening of the aerial part of introduced plants of the Asteraceae, Lamiaceae and Rutaceae families for the content of anthocyanins and flavonols. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(7), 17–22. <https://doi.org/10.36930/40340702>

зитивно впливають на організм людини, тому їх споживання є бажаним додатком у щоденному раціоні. На сьогодні використання флавоноїдів набуло популярності насамперед завдяки антиоксидантним властивостям та естрогенному ефекту. Проте новітні дослідження доводять, що надмірне захоплення флавоноїдами може мати негативні наслідки, які проявляються мутагенною та прооксидантною дією, спричиняючи формування вільних радикалів, а також діяти як інгібітори окремих ферментів, задіяних у метаболізмі гормонів [23]. Тож, окрім корисних властивостей, флавоноїди можуть виявляти і токсикологічну дію, що спонукає людину до врегульованого їх споживання.

"Видимими" флавоноїдами є рослинні пігменти – антоціани, бо їх вміст у рослинах надає забарвлення органам і плодам, особливо квіткам, що створює передумови для успішного приваблювання комах-запилювачів. Наразі нараховують близько 1000 антоціанів, які трапляються у 73 родах рослин 27 родин, тобто їх репрезентативність серед рослин висока. Основним місцем локалізації антоціанів вважають периферичні тканини в органах рослин [12, 13, 24]. Не менш цінними складниками класу флавоноїдів є флавоноли. Учені встановили, що на день людина в середньому споживає 20-25 мг флавоноїдів, антоціанів значно більше – 180-215 мг [28], а флавонолів, до прикладу, 18 мг – у країнах Європи та у США і 58 мг – в Японії [15]. Одним із чинників, який може зумовлювати пріоритетність споживання антоціанів, є їх різнобарвність, завдяки чому їжа стає яскравою і привабливою та водночас корисною. Заміна синтетичних барвників на натуральні, в ролі яких використовують антоціани, є вимогою у сучасних підходах *healthy eating*. До прикладу, у країнах ЄС надано можливість використання 13 антоціанів як харчових барвників природного походження [5]. Їх використання пов'язане не тільки з фарбувальними властивостями, а насамперед, із безпечністю і фармакологічною дією, яку вони проявляють [29]. Антоціани мають антиканцерогенні властивості, запобігають серцево-судинним та ішемічним захворюванням [5, 20, 27], мають позитивний вплив на функціонування кровоносної системи, знижують артеріальний тиск, вміст загального холестерину і ліпопротеїнів низької щільності [10]. Флавоноли знижують ризики онкологічних та коронарних захворювань, мають антитромботичну дію, сприяють покращенню секреції інсуліну, виявляють потенціал як альтернатива антибіотикам [7, 9].

Використання рослинної сировини, збагаченої флавоноїдними сполуками, набуло на тепер певного тренду у житті людини. Це створює запит не тільки на відомі, але й нові, малопоширені види рослин, які збагачені флавоноїдами і придатні до використання.

Об'єкт дослідження – вміст антоціанів і флавонолів в інтродукованих рослинах колекції нетрадиційних ефіроносних рослин, представників родин Asteraceae Bercht. & J. Presl, Lamiaceae Martinov, Rutaceae Juss.

Предмет дослідження – методи і засоби встановлення біохімічного складу сировини інтродукованих рослин, що дасть змогу визначити вміст груп органічних сполук, які корисні для людини.

Мета роботи – виявити та визначити кількісний вміст антоціанів і флавонолів у сировині ефіроносних видів рослин та здійснити їх порівняльне оцінювання, що дасть можливість надалі вирощувати рослини як си-

ровину для отримання цих сполук, планувати її обсяги та розробляти технології вирощування.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- узагальнити інформацію про колекційні ефіроолійні рослини, що дасть змогу виділити перспективні таксони для їх дослідження;
- визначити вміст антоціанів і флавонолів у сировині інтродуцентів, щоб оцінити здатність інтродукованих видів рослин до синтезу та накопичення сполук флавоноїдної групи;
- провести порівняльну характеристику показників вмісту біохімічних речовин у рослинній сировині, що уможливить встановлення ступеня перспективності інтродуцентів як джерела біологічно активних сполук.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Обраний напрям досліджень є поширеним у світі. Так, у монографії [16], що містить результати дослідження напівсинтезу біоактивних сполук та їхньої біологічної активності, в одному із розділів наведено дані про напівсинтез антоціанів. Отже, дослідженню цієї групи сполук приділяють значну увагу спеціалісти з біохімії на світовому рівні.

Важливі дослідження здійснено в роботі, що описує поліфеноли: їх хімію, біодоступність, біоактивність, харчові особливості та переваги для здоров'я людини. Цей огляд відображає значення досліджуваних сполук у профілактиці та боротьбі із онкологічними захворюваннями та загалом для здоров'я людини [8].

Деякі роботи, серед яких дослідження [3] присвячені джерелам отримання сполук, зокрема валоризації відходів лушпиння цибулі, що, завдяки поширеності цієї культури, робить цю сировину із відходів цінним джерелом отримання поліфенолів. Водночас, це дасть змогу вирішити проблему утилізації сировини.

Важливість вмісту фенолів у харчових продуктах спонукає до проведення досліджень зі збільшення їх вмісту. До прикладу, дослідження зі збагачення паростків крес-салату цинком стимулює збільшення вмісту поживних речовин і антиоксидантів, зокрема і флавоноїдів [19].

Останніми роками також досліджено вплив застосування монокремнієвої кислоти для виноградної лози на хімічний склад молодих червоних вин. Це, водночас, збільшувало вміст у винах корисних для людини біосполук, зокрема фенолів, антоціанів [14].

Загалом, у наукових роботах, наприклад, праця [6], відзначено важливість досліджуваних хімічних сполук для харчування (органолептики), здоров'я та економіки. Досліджено у рослинній сировині взаємодію між поліфенолами та іншими харчовими сполуками, а саме – вплив на біодоступність, антиоксидантну здатність та інші фізико-хімічні та поживні параметри.

Тривають дослідження хімікопрофілактичних ефектів антоціанів на колоректальний рак і рак молочної залози, що висвітлено в оглядовій роботі [4].

Щодо досліджень флавонолів, що містять сушені вичавки малини, чорної смородини, чорноплідної горобини, то існують експериментальні роботи, зокрема дослідження [25], в яких визначено вплив сировини на харчування сільськогосподарських тварин та відповідно якість продукції, яку отримує людина. Так, згодовування сировини впливало на продуктивність курей-несучок, якість їхніх яєць, лейкоцити та лімфатичні органи.

Отже, дослідження проблеми відбору надземної частини інтродукованих рослин родин Asteraceae, Lami-

асеае та Rutaceae на вміст антоціанів і флавонолів містить різнопланові роботи, зокрема й оглядові, що стосуються харчової, медичної, економічної галузей.

Матеріали та методи дослідження. Роботу виконано на базі Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (НБС). Підготовку проб рослинної сировини здійснювали відповідно до вимог Державної фармакопеї [26]. Кількісний вміст антоціанів і флавонолів визначали спектрофотометричним методом у 3-разовій повторності. Точність методу становила 3-7 % [21]. Під час визначення флавонолів контролем слугувала суміш розчинів алюміній хлориду та оцтової кислоти [9].

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

У НБС зібрано генофонд нетрадиційних ефіроносних рослин, які презентують значну частину регіонів світу. Для досліджень з первинної інтродукції біохімічний скринінг їх сировини є обов'язковою ланкою. Наші біохімічні дослідження дали змогу виявити якісний і кількісний вміст хімічних сполук – антоціанів і флавонолів, які беруть участь у формуванні фармакологічних властивостей рослин. В експерименті розрахунок вмісту антоціанів (у перерахунку на ціанідин-3-глюкозид) виконували за такою формулою:

$$C_{ant} = \frac{D \cdot V \cdot R \cdot K}{l \cdot m},$$

де: *D* – оптична густина розчину; *V* – об'єм екстракту, мл; *R* – коефіцієнт розведення розчину 3,5 % соляної кислоти в етанолі; *l* – робоча довжина кювети, см; *m* – наважка, г; *K* – коефіцієнт перерахунку, базується на каліброваному графіку для ціанідинових глікозидів у підкисленому етанолі *K* = 5.

Під час визначення флавонолів контролем слугувала суміш розчинів алюміній хлориду та оцтової кислоти. Вміст флавонолів у перерахунку на рутин у повітряно-сухій сировині обраховували за такою формулою:

$$C_{flav} = \frac{R \cdot D \cdot K \cdot A}{m},$$

де: *R* – тангенс кута нахилу прямої на калібрувальному графіку залежності оптичної густини досліджуваного розчину від концентрації флавонолів (0,1062); *D* – оптична густина; *K* – коефіцієнт перерахунку на повітряно-суху вагу (у нас 1); *m* – наважка, г; *A* – аліквота.

Біохімічному скринінгу піддано сировину рослин, інтродукованих до наукової колекції Нетрадиційних ефіроносних рослин НБС упродовж 2012-2021 років. Рослини вирощували переважно із насінного матеріалу, отриманого через міжнародну систему обміну Index Seminum. Це рослини 25 таксонів, які належать до трьох родин:

- Asteraceae: *Artemisia lerchiana* Weber ex Stechm., *Bidens aurea* (Aiton) Sherff, *Tanacetum balsamita* L.;
- Lamiaceae: *Agastache rugosa* (Fisch., & C. A. Mey.) Kuntze, *Clinopodium nepeta* (L.) Kuntze cv. Marvelette White, *Nepeta argolica* Bory & Chaub., *Nepeta sibirica* L., *Pycnanthemum californicum* Torr. ex Durand, *Pycnanthemum montanum* Michx., *Pycnanthemum muticum* (Michx.) Pers., *Pycnanthemum tenuifolium* Schrad., *Pycnanthemum verticillatum* var. *pilosum* (Nutt.) Cooper., *Pycnanthemum virginianum* (L.) T. Durand & B. D. Jacks. ex B. L. Rob., & Fernald, *Salvia fruticosa* Mill., *Salvia officinalis* subsp. *lavandulifolia* (Vahl) Gams, *Teucrium scorodonia* L., *Thymus* × *citriodorus* (Pers.) Schreb., *Thymus longicaulis* C. Presl, *Thymus pulegioides* L., *Thymus sibthorpii* Benth., *Thymus tauricus* Klokov ex Des.-Shost., *Ziziphora clinopodioides* subsp. *clinopodioides*;
- Rutaceae: *Ruta chalepensis* L., *Ruta corsica* DC., *Ruta montana* (L.) L.

Заготівлю сировини, якою є надземна трав'яна частина, проводили на стадії квітання рослин, за винятком *Artemisia lerchiana*, сировину якої зібрано під час вегетативного росту, використавши молоді, ще не здерев'янілі пагони.

Досліджені види рослин є представниками флористичного різноманіття різних куточків світу. Незначна частина із них трапляється у природній флорі України, а переважна більшість – є новими об'єктами із ареалами на різних материках і континентах (табл. 1). За життєвою формою – це багаторічні полікарпічні трав'яні рослини, напівкущики та одна однорічна рослина (*Bidens ferulifolia*).

Табл. 1. Нетрадиційні ефіроносні рослини, інтродуковані у НБС (об'єкти експериментального дослідження) / Non-Traditional Essential Oil Plants introduced into collection the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine (objects of experimental research)

№ з/п	Таксономія рослини		Природний ареал	Рік інтродукції у НБС
	родина	вид / підвид (різновид)		
1	2	3	4	5
Афросвразія				
1	Asteraceae	<i>Artemisia lerchiana</i>	Південно-Східна і Східна Європа до Західного Сибіру. В Україні – півострів Крим	2017
2	Asteraceae	<i>Tanacetum balsamita</i>	Балкани, Туреччина, Кавказ, Західна Азія (Іран)	2014
3	Lamiaceae	<i>Agastache rugosa</i>	Східна Азія, Китай, Японія, Корея, Примор'я, Тайвань, В'єтнам	2014
4	Lamiaceae	<i>Clinopodium nepeta</i>	Кавказ, Північна Африка, Західна Азія – до території Ірану, південь Європи. У сучасній флорі України потребує підтвердження.	2014
5	Lamiaceae	<i>Nepeta argolica</i>	Південна Греція (ендемик)	2007
6	Lamiaceae	<i>Nepeta sibirica</i>	від Сибіру до Північного Китаю	2007
7	Lamiaceae	<i>Salvia fruticosa</i>	Центральне та Східне Середземномор'я	2017
8	Lamiaceae	<i>Salvia officinalis</i> subsp. <i>lavandulifolia</i>	Західне Середземномор'я і частково Північний Схід Африканського континенту	2013
Північна Америка				
9	Lamiaceae	<i>Pycnanthemum californicum</i>	США: ендемик Каліфорнії	2017
10	Lamiaceae	<i>Pycnanthemum montanum</i>	Схід США	2021
11	Lamiaceae	<i>Pycnanthemum muticum</i>	Схід США	2017
12	Lamiaceae	<i>Pycnanthemum tenuifolium</i>	Центральна і Східна частина США, Південно-Східна Канада (рідкісний вид)	

1	2	3	4	5
13	Lamiaceae	<i>Pycnanthemum verticillatum</i> var. <i>pilosum</i>	США: частково Північний і Південний Центр	2021
14	Lamiaceae	<i>Pycnanthemum virginianum</i>	Центральна і Східна частини США, Південно-Східна Канада	2014
15	Lamiaceae	<i>Teucrium scorodonia</i>	Західна Європа, Північне Середземномор'я	2012
16	Lamiaceae	<i>Thymus × citriodorus</i>	Південно-Західна Європа	2013
17	Lamiaceae	<i>Thymus longicaulis</i>	Південно-Центральна та Південно-Східна Європа до Туреччини	2015
18	Lamiaceae	<i>Thymus pulegioides</i>	Європа до північно-західного Китаю	2014
19	Lamiaceae	<i>Thymus sibthorpii</i>	Балканський п-в до Північно-Західної і Центральної Туреччини	2016
20	Lamiaceae	<i>Thymus tauricus</i>	Півострів Крим (Гірський Крим), Північно-Західний Кавказ	2013
21	Lamiaceae	<i>Ziziphora clinopodioides</i> subsp. <i>clinopodioides</i>	Від Лівану до Монголії	2016
22	Rutaceae	<i>Ruta montana</i>	Середземномор'я, Північ Африки	2015
23	Rutaceae	<i>Ruta chalepensis</i>	Макаронезія, Середземномор'я	2017
24	Rutaceae	<i>Ruta corsica</i>	Середземномор'я: о. Корсика, о. Сардинія	2018
Карибський Басейн				
25	Asteraceae	<i>Bidens aurea</i>	Мексика, Гватемала, південь США	2015

Переважає більшість досліджених видів рослин інтродуковані вперше в Україні, безпосередньо в НБС. Це значно підсилює отримані нами експериментальні дані, оскільки вони є одним із складників у комплексній характеристиці нових видів і засвідчують їх корисний потенціал. Результати визначення кількісного вмісту сполук із класу флавоноїдів – антоціанів і флавонолів у сировині інтродукованих видів рослин наведено у табл. 2.

Табл. 2. Вміст антоціанів і флавонолів у надземній частині інтродукованих ефіроолійних рослин / Content of anthocyanin and flavonols in the aerial parts of introduced essential oil plants

№ з/п	Таксономічна назва рослини	Вміст, мг/100 г сухої речовини	
		антоціани	флавоноли
Asteraceae			
1	<i>Artemisia lerchiana</i>	164,0 ^{±4,62}	175,23 ^{±6,13}
2	<i>Bidens aurea</i>	40,0 ^{±1,62}	175,23 ^{±6,13}
3	<i>Tanacetum balsamita</i>	208,0 ^{±5,77}	196,47 ^{±9,20}
Lamiaceae			
4	<i>Agastache rugosa</i>	248,0 ^{±6,93}	297,36 ^{±15,33}
5	<i>Clinopodium nepeta</i> , cv. Marvelette White	60,0 ^{±4,91}	148,68 ^{±12,28}
6	<i>Nepeta argolica</i>	84,0 ^{±3,46}	175,23 ^{±6,13}
7	<i>Nepeta sibirica</i>	108,0 ^{±4,62}	191,16 ^{±8,28}
8	<i>Pycnanthemum californicum</i>	81,00 ^{±2,60}	185,37 ^{±13,80}
9	<i>Pycnanthemum montanum</i>	96,43 ^{±3,61}	101,95 ^{±6,75}
10	<i>Pycnanthemum muticum</i>	91,25 ^{±2,74}	135,94 ^{±6,39}
11	<i>Pycnanthemum tenuifolium</i>	63,0 ^{±5,20}	115,86 ^{±5,13}
12	<i>Pycnanthemum verticillatum</i> var. pilosum	156,67 ^{±7,27}	151,04 ^{±7,41}
13	<i>Pycnanthemum virginianum</i>	153,0 ^{±7,79}	135,16 ^{±8,47}
14	<i>Salvia fruticosa</i>	152,0 ^{±6,76}	148,68 ^{±12,28}
15	<i>Salvia officinalis</i> subsp. <i>lavandulifolia</i>	228,0 ^{±6,93}	153,99 ^{±8,07}
16	<i>Teucrium scorodonia</i>	144,0 ^{±4,62}	185,85 ^{±10,73}
17	<i>Thymus</i> × <i>citriodorus</i>	76,0 ^{±3,46}	74,34 ^{±5,21}
18	<i>Thymus longicaulis</i>	196,0 ^{±8,08}	223,02 ^{±12,28}
19	<i>Thymus pulegioides</i>	212,0 ^{±6,93}	244,26 ^{±13,18}
20	<i>Thymus sibthorpii</i>	172,0 ^{±9,24}	169,92 ^{±7,05}
21	<i>Thymus tauricus</i>	160,8 ^{±7,51}	164,61 ^{±10,12}
22	<i>Ziziphora clinopodioides</i> subsp. <i>clinopodioides</i>	112,0 ^{±5,77}	159,30 ^{±8,32}
Rutaceae			
23	<i>Ruta chalepensis</i>	88,0 ^{±6,93}	175,23 ^{±6,13}
24	<i>Ruta corsica</i>	80,0 ^{±4,62}	223,02 ^{±12,28}
25	<i>Ruta montana</i>	72,0 ^{±5,20}	185,85 ^{±10,73}

Отримані в експериментальний спосіб дані свідчать, що вміст антоціанів у надземній частині рослин досить різний. Найнижчі кількісні показники виявлено у *Bidens aurea* (40 мг/100 г) та *Clinopodium nepeta* cv. *Mar-*

velette White (60 мг/100 г), а найвищі – у *Agastache rugosa* (248 мг/100 г), *Salvia officinalis* subsp. *lavandulifolia* (228 мг/100 г) і *Thymus pulegioides* (212 мг/100 г). Похибка дослідів не перевищувала 5 %, що свідчить про високу точність.

За результатами аналізу сировини інтродукованих рослин на вміст флавонолів з'ясовано, що загалом для досліджуваних видів характерний високий вміст цих сполук. Найвищі показники виявлено у *Agastache rugosa* – 297,36 мг/100 г, *Thymus pulegioides* – 244,26, *Thymus longicaulis*, *Ruta corsica* – 223,02, *Tanacetum balsamita* – 196,47 мг/100 г. Решта видів рослин вирізняється більш помірними, проте теж гарними, показниками.

Обговорення результатів дослідження. Порівнюючи отримані дані вмісту антоціанів з іншими сировинними видами, очевидним є те, що значну частину досліджених нами інтродукованих рослин можна вважати добрим джерелом антоціанів і використовуватися людиною як з лікувально-профілактичною метою, так і в харчуванні, зокрема, як функціональна добавка. Для порівняння використали показники вмісту антоціанів у всіх відомих ягодах і продуктах: бузина (ягідний сік) має показник 411,4 мг/100 г; аронія чорноплідна – 349,79; чорна смородина – 154,77; чорний виноград – 21,63; червоне столове вино – 23,18; малина – 40,63 мг/100 г [22].

Вміст флавонолів у досліджуваних рослинах, не враховуючи перших за значенням позицій, загалом вирізняється помірними, проте гарними, показниками. Такого висновку дійшли, порівнявши отримані результати із показниками вмісту флавонолів у відомих широкому загалу споживачів рослинах, які оприлюднені у літературних джерелах. Зокрема, цикорій містить 8,94 мг/100 г флавонолів; чорна смородина – 11,53; червона цибуля – 38,34; шавель – 102,2; сушена петрушка – 331,24 мг/100 г [22]. Цікаві показники наведено для винної продукції та чаїв: біле вино (Рейслінг, Австрія) – 1,7 мг/100 г; червоне вино – 58,4 (Каберне Совіньон, Чилі); – 30,2 (Піно Нуар, Каліфорнія); зелений чай (Японія) – 32,8; чорний чай – 39,1 мг/100 г [9].

Отримані в ході дослідження дані підтверджують результати досліджень ефіроолійних рослин *Salvia officinalis* L. та *Thymus serpyllum* L., оприлюднені в літературних джерелах. Доведено наявність широкого спектра біоактивних речовин, зокрема нелетких поліфенолів, які є важливими складниками екстрактів і ефірних олій рослин цих видів. Антиоксидантна здатність і потенційна користь для здоров'я цих біологічно активних

речовин можуть бути пов'язані з їх синергічним ефектом. Показано, що водні екстракти зазначених видів рослин та їх суміші містили високий вміст фенольних сполук у діапазоні від 0,97 до 2,79 г/л зразка, серед яких найпоширенішими були флавоноли [17].

У сучасних дослідженнях ефіроолійні рослини вивчають як інгредієнти у виготовленні функціональних напоїв, що є важливим сегментом функціональних харчових продуктів завдяки користі для здоров'я, яку вони забезпечують. Наявність у їхній сировині фенольних речовин (фенольні кислоти, флавоноїди, таніни, антоціани, лігнани та стильбени) надає їй високої біологічної активності і певних сенсорних властивостей [18].

Натепер зі всього розмаїття ефіроолійних рослин найбільш дослідженими щодо вмісту біологічно активних сполук деякі науковці вважають рід чебрець (*Thymus* L.) [1, 8, 11]. Це пов'язують як із значним ареалом представників роду, так і з широким спектром застосування їхньої сировини.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше для умов Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України оцінено вміст антоціанів і флавонолів в ефіроолійних рослинах родин *Astaceae*, *Lamiaceae*, *Rutaceae*, що, на відміну від попередніх досліджень, охоплює комплексне порівняння сировини широкого спектра ароматичних рослин із однорідної ділянки, характерних умов Лісостепу для цих цінних сполук.

Практична значущість результатів дослідження – отримані результати дослідження можна застосувати як наукове підґрунтя для розширення асортименту культивованих рослин, щоб отримати сировину, збагачену біологічно активними сполуками флавоноїдної групи, що сприятиме її практичному застосуванню у вітчизняній фармації та харчовій галузі із можливістю уникнення імпорту для виробників.

Висновки / Conclusions

Виявлено та визначено кількісний вміст антоціанів і флавонолів у сировині ефіроносних видів рослин та здійснено їх порівняльне оцінювання, що дало змогу вирощувати рослини як сировину для отримання цих сполук, планувати її обсяги та розробляти технології вирощування. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. Встановлено, що сировина інтродукованих ефіроолійних рослин збагачена сполуками флавоноїдної групи, особливо флавонолами, які дають можливість надалі вирощувати рослини як сировину для отримання цих сполук, планувати її обсяги та аналізувати технології вирощування.
2. Досліджено, що високий вміст антоціанів має сировина *Agastache rugosa* (248 мг/100 г), *Salvia officinalis* subsp. *lavandulifolia* (228 мг/100 г) і *Thymus pulegioides* (212 мг/100 г), флавонолів – *Agastache rugosa* (297,36 мг/100 г), *Thymus pulegioides* (244,26 мг/100 г), *Thymus longicaulis*, *Ruta corsica* (223,02 мг/100 г), *Tanacetum balsamita* (196,47 мг/100 г). Рослини виду *Agastache rugosa* є лідерами, оскільки і за вмістом антоціанів (248 мг/100 г), і флавонолів (297,36 мг/100 г) займають першу позицію.
3. З'ясовано, що за нових ґрунтово-кліматичних умов зростання, якими для більшості інтродуцентів є умови

Правобережного Лісостепу України, їх здатність синтезувати біологічно активні сполуки флавоноїдної групи достатньо висока, що надає перспективи для багаточислового практичного використання їхньої сировини.

References

1. Afonso, A. F., Pereira, O. R., & Cardoso, S. M. (2020). Health-Promoting Effects of *Thymus* Phenolic-Rich Extracts: Antioxidant, Anti-inflammatory and Antitumoral Properties. *Antioxidants*, 9. <https://doi.org/10.3390/antiox9090814>
2. Ali-Arab, H., Bahadori, F., Mirza, M., Badi, H. N., & Kalate-Jari, S. (2022). Variability in essential oil composition and phenolic acid profile of *Thymus daenensis* Celak. populations from Iran. *Industrial Crops and Products*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114345>
3. Bains, A., Sridhar, K., Singh, B. N., Kuhad, R. Ch., Chawla, P., & Sharma, M. (2023). Valorization of onion peel waste: From trash to treasure. *Chemosphere*, 343. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140178>
4. Bars-Cortina, D., Sakhawat, A., Piñol-Felis, C., & Motilva, M.-J. (2022). Chemopreventive effects of anthocyanins on colorectal and breast cancer: A review. *Seminars in Cancer Biology*, 81, 241–258. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2020.12.013>
5. Bridle, P., & Timberlake, C. F. (1997). Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. *Food Chemistry*, 58(1-2), 103–109. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00222-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00222-1)
6. Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Regolo, L., et al. (2022). The reciprocal interaction between polyphenols and other dietary compounds: Impact on bioavailability, antioxidant capacity and other physico-chemical and nutritional parameters. *Food Chemistry*, 375 p. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131904>
7. Crozier, A., Burns, J., Aziz, A. A., et al. (2000). Antioxidant flavonols from fruits, vegetables and beverages: measurements and bioavailability. *Biological Research*, 33(2), 79–88. <https://doi.org/10.4067/S0716-97602000000200007>
8. El-Saadony, M. T., Yang, T., Saad, A. M., et al. (2024). Polyphenols: Chemistry, bioavailability, bioactivity, nutritional aspects and human health benefits: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 277, Part 3. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134223>
9. Fuleki, T., & Francis, F. J. (1968). Quantitative Methods for Anthocyanins I. Extraction and Determination of Total Anthocyanin in Cranberry Juice. *Journal of Food Science*, 33(1), 72–77. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1968.tb00887.x>
10. Kalt, W., Blumberg, J. B., McDonald, J. E., et al. (2008). Identification of anthocyanins in the liver, eye, and brain of blueberry-fed pigs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 705–712. <https://doi.org/10.1021/jf071998l>
11. Kindl, M., Bucar, F., Jelić, D., et al. (2019). Comparative study of polyphenolic composition and anti-inflammatory activity of *Thymus* species. *European Food Research and Technology*, 245, 1951–1962. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03297-x>
12. Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., Chia, T. F., & Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923–933. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(03\)00438-2](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(03)00438-2)
13. Kozłowska, A., & Szostak-Wegierek, D. (2014). Flavonoids-food sources and health benefits. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 68(2), 79–85. PMID: 25272572. URL: https://www.researchgate.net/publication/266254930_Flavonoids--food_sources_and_health_benefits#fullTextFileContent
14. Losada, M. M., Hernández-Apaolaza, L., Morata, A., & Revilla, E. (2022). Impact of the application of monosilicic acid to grapevine (*Vitis vinifera* L.) on the chemical composition of young red Mencía wines. *Food Chemistry*, 378 p. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132140>
15. Mahmud, A. R., Ema, T. I., Siddiquee, M. F., et al. (2023). Natural flavonols: actions, mechanisms, and potential therapeutic utility for various diseases. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 12. <https://doi.org/10.1186/s43088-023-00387-4>

16. Majhi, S., & Manickam S. (2024). Chapter Seven – Semisynthesis of anthocyanins In S. Majhi, & S. Manickam (Eds.), *Semisynthesis of Bioactive Compounds and their Biological Activities*, 243–277. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15269-6.00014-6>
17. Maleš, I., Dragović-Uzelac, V., Jerković, I., et al. (2022). Non-Volatile and Volatile Bioactives of *Salvia officinalis* L., *Thymus serpyllum* L. and *Laurus nobilis* L. Extracts with Potential Use in the Development of Functional Beverages. *Antioxidants*, 11. <https://doi.org/10.3390/antiox11061140>
18. Maleš, I., Pedisić, S., Zorić, Z., et al. (2022). The medicinal and aromatic plants as ingredients in functional beverage production. *Journal of Functional Foods*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105210>
19. Mehdaoui, Y., Yeddes, W., Selmi, S., et al. (2024). Variations of nutritional and antioxidant contents of *Lepidium sativum* L. sprouts as affected by zinc biofortification. *Scientia Horticulturae*, 329 p. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112994>
20. Mytso, V. (). Cardiovascular effects of flavonols and their relevance for clinical practice: a summary review of updated data. *Medicine Review*. [In Ukrainian]. <http://www.medreview.com.ua/news/262/>
21. Nurlinda, N., Handayani, V., & Rasyid, F. A. (2021). Spectrophotometric Determination of Total Flavonoid Content in *Biancaea Sappan* (*Caesalpinia sappan* L.) Leaves. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 8(3), 1–4. <https://doi.org/10.33096/jffi.v8i3.712>
22. Ockermann, P., Headley, L., Lizio, R., & Hansmann, J. (2021). A Review of the Properties of Anthocyanins and Their Influence on Factors Affecting Cardiometabolic and Cognitive Health. *Nutrients*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/nu13082831>
23. Shipp, J., & Abdel-Aal, E. S. M. (2010). Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. *The Open Food Science Journal*, 4(1), 7–22. <https://doi.org/10.2174/1874256401004010007>
24. Skibola, C. F., & Smith, M. T. (2000). Potential health impacts of excessive flavonoid intake. *Free Radical Biology and Medicine*, 29(3–4), 375–383. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(00\)00304-X](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(00)00304-X)
25. Sosnowka-Czajka, E., & Skomorucha, I. (2021). Effect of supplementation with dried fruit pomace on the performance, egg quality, white blood cells, and lymphatic organs in laying hens. *Poultry Science*, 100(9). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101278>
26. State Pharmacopoeia of Ukraine: in 3 volumes. (2014). SE "Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products". 2nd edition Kharkiv: State Enterprise "Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products", 3. [In Ukrainian]. URL: <https://resource.odmu.edu.ua/chair/download/133395/yUzNuQD6P7GCg2Y7Tq4fOw/DFU%20ch3.pdf>
27. Wang, L. S., & Stoner, G. D. (2008). Anthocyanins and their role in cancer prevention. *Cancer Letters*, 269(2), 281–290. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2008.05.020>
28. Williams, C. A., & Grayer, R. J. (2004). Anthocyanins and other flavonoids. *Natural Product Reports*, 21(4), 539–573. <https://doi.org/10.1039/b311404j>
29. Xia, E. Q., Deng, G. F., Guo, Y. J., & Li, H. B. (2010). Biological activities of polyphenols from grapes. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(2), 622–646. <https://doi.org/10.3390/ijms11020622>

S. M. Kovtun-Vodyanytska¹, V. F. Levon¹, D. B. Rakhmetov¹, N. Ye. Horbenko²

¹ M. M. Gryshko National Botanical Garden, NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

SCREENING OF THE AERIAL PART OF INTRODUCED PLANTS OF THE ASTERACEAE, LAMIACEAE AND RUTACEAE FAMILIES FOR THE CONTENT OF ANTHOCYANS AND FLAVONOLS

The article presents the results of original studies devoted to the problem of searching for new plant species, the raw materials of which are enriched with flavonoids. Such plants are widely studied in the world today, in particular in the medical and food fields. The article presents information on botanical gardens in general and the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (NBG), in particular, which is the center of scientific collections of plants representing the worlds floristic diversity. The article considers the introduction work and the role of introduced plants, which are a powerful object for biochemical screening and selection of new promising species for practical use. It is shown that expanding the assortment of plant species that are a source of flavonoids is possible due to the involvement of new and rare introduced species. Collections of introduced species are the source material in such studies. The plants of 25 taxa of 3 families, which were introduced into the collection of Non-Traditional Essential Oil Plants of the NBG, were analyzed and studied. The quantitative content of anthocyanins and flavonols in the raw materials of fragrant plant species was revealed and determined, and a comparative assessment was given. The spectrophotometric method was used in the study. As a result of the experimental works it was established that the plants of the studied taxa sometimes differ in significantly higher quantitative content of the mentioned compounds in comparison with the plants known for consumption, such as black currant, grapes, sorrel, red onion, etc. High content of anthocyanins was found in the raw materials of *Agastache rugosa* (248 mg/100 g), *Salvia officinalis* subsp. *lavandulifolia* (228 mg/100 g) and *Thymus pulegioides* (212 mg/100 g), flavonols – *Agastache rugosa* (297.360 mg/100 g), *Thymus pulegioides* (244.26 mg/100 g), *Thymus longicaulis*, *Ruta sorsica* (223.02 mg/100 g), *Tanacetum balsamita* (196.47 mg/100 g). The obtained data are significant, considering the potential of the introduced plants in new growth conditions. This gives prospects for multi-purpose practical use of experimental plant species, in particular, as sources of flavonoids in medical practice and for food purposes.

Keywords: essential oil plants; biochemical content; spectrophotometric method; flavonoids.