

©Ірина Дахим¹ <https://orcid.org/0000-0003-3806-626X>

©Людмила Слободянюк¹ <https://orcid.org/0000-0002-0400-1305>

©Ольга Демидяк¹ <https://orcid.org/0000-0003-0988-6058>

©Анастасія Яновська¹ <https://orcid.org/0009-0008-2831-3435>

©Наталія Сліпцова² <https://orcid.org/0000-0002-4041-5396>

¹Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України,
Тернопіль, Україна

²Донецький національний медичний університет Міністерства охорони здоров'я України,
Кропивницький, Україна

ЛЕТКІ СПОЛУКИ МАТІОЛИ СИВОЇ СЕРІЇ КЕТС

РЕЗЮМЕ. Завдяки вираженій антисептичній, протівірусній, бактерицидній і фунгіцидній активності у поєднанні зі специфічними ольфакторними властивостями, ефірні олії тривалий час становлять науково-практичний інтерес для медичної та фармацевтичної галузей. *Matthiola incana* серії Katz (матиола сива) є перспективною однорічною культурою з укороченим вегетаційним періодом, що формує прямостоячі пагони заввишки до 80 см із духмяними махровими суцвіттями та виявляє високу толерантність до підвищених температур і фітопатогенів.

Мета дослідження – якісна ідентифікація та кількісне визначення компонентного профілю летких сполук у рослинній сировині *Matthiola incana* Katz.

Матеріали та методи. Об'єктом аналізу слугували квітки *M. incana* Katz, заготовлені у фазі масового цвітіння влітку 2025 року на території Хмельницької області. Компонентний склад та кількісний вміст летких метаболітів досліджували методом газової хромато-мас-спектрометрії (ГХ/МС).

Результати. За допомогою ГХ/МС-аналізу у досліджуваній сировині ідентифіковано 23 індивідуальні леткі сполуки. Хімічний профіль квіток матіоли визначався переважанням таких компонентів як фенілетилловий спирт (696,51 мкг/г) та диметилтрисульфід (685,23 мкг/г). Крім того, зафіксовано суттєві концентрації *пара*-цимену (163,39 мкг/г), евгенолу (133,13 мкг/г) та α -фарнезену (48,26 мкг/г).

Висновки. Збалансоване поєднання біологічно активних речовин різних хімічних класів у квітках *M. incana* Katz засвідчує високий фітохімічний потенціал сировини. Даний таксон є перспективним джерелом для одержання фітосубстанцій із протизапальними, антимікробними, антиоксидантними та іншими видами фармакологічної дії.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *Matthiola incana* Katz; квітки; леткі сполуки; ГХ/МС-спектрометрія.

Вступ. У зв'язку з вираженою антисептичною, протівірусною, бактерицидною та фунгіцидною активністю, а також специфічними органолептичними властивостями, ефірні олії тривалий час є об'єктом застосування у фармації та медицині. Дані вторинні метаболіти характеризуються широким спектром терапевтичної дії. Зокрема, вони виявляють протизапальний, антибактеріальний, протівірусний, протигрибковий, антиоксидантний, імуномодулювальний, анагетичний, спазмолітичний та місцевоанестезувальний ефекти. Крім того, ці сполуки здатні чинити седативну, тонізувальну, експекторантну та антипаразитарну дію. У природних екосистемах ефірні олії є ключовим ендегенним фактором фітоімунітету, забезпечуючи захист від фітопатогенних мікроорганізмів, вірусів, грибів та комах-шкідників. Окрім пестицидної та антимікробної функцій, вони нівелюють ризики поїдання рослин фітофагами. Водночас леткі компоненти ефірних олій виконують сигнальну роль, залучаючи специфічних комах-запилювачів для забезпечення генеративного розмноження рослин [1, 3].

Рід *Matthiola*, який входить до складу родини Капустяні (Brassicaceae), налічує близько 55 видів одно-, дво- та багаторічних трав'янистих рослин, природний ареал яких охоплює території євразійського та африканського континентів. У вітчизняній флорі зафіксовано три представники цього роду: *Matthiola longipetala* (Vent) DC, *Matthiola annua* (L.) Sweet та *Matthiola incana* (L.) Ait., які широко використовуються в декоративному садівництві. Основні масиви культурних сортів виникли внаслідок гібридизації матіоли однорічної та сивої. Варто зазначити, що згідно із сучасними таксономічними ревізіями, назва *Matthiola annua* (L.) Sweet визнана синонімом виду *Matthiola incana* (L.) Ait. [23]. Морфологічною особливістю квіток представників цього роду є широка палітра колористичних відтінків, що включає білий, жовтий, червоний та фіолетовий спектри [18].

Результати комплексних фітохімічних та фармакологічних скринінгів представників роду *Matthiola* засвідчують їхній високий лікувально-профілактичний потенціал, що проявляється через антиоксидантний, протизапальний, седатив-

ний, нейропротекторний, антимікробний та емолієнтний (пом'якшувальний) ефекти [6, 13, 14].

Хімічний профіль рослин даного таксону сформований поліфенольними сполуками, флавоноїдами, антоціанами, терпеноїдами, ліпідними фракціями, стерinovими глікозидами, а також специфічними глюकोзинолатами, серед яких ідентифіковано глюкорафенін, глюкорафазатин та глюкобрасицин [9, 10, 16, 19].

Зокрема, у дослідженні Z. Yaniv et al. у насіннєвому матеріалі *M. incana* було виявлено високу концентрацію жирних олій з домінуванням у її складі омега-3-ліноленової кислоти. Це дозволяє розглядати зазначену сировину як перспективне альтернативне джерело олії для харчових добавок та промислового використання [15].

Matthiola incana серії Katz (матиола сива) є професійною однорічною культурою, призначеною для флористичного зрізу, яка характеризується скороченим вегетаційним періодом. Дана рослина формує прямостоячі пагони заввишки до 80 см із духмяними махровими суцвіттями, а також виявляє високу толерантність до підвищених температур і резистентність до фітопатогенів.

Зважаючи на полівалентну фармакологічну активність ефірних олій та їх широку розповсюдженість у представників роду *Matthiola*, науковий та практичний інтерес становить скринінг їхнього якісного і кількісного складу в нових, малодосліджених таксонах, зокрема у матіолі сивій серії Katz.

Метою нашого дослідження є ідентифікація компонентного профілю та кількісне визначення вмісту летких сполук у рослинній сировині *Matthiola incana* Katz.

Матеріали і методи дослідження. Матеріалом для дослідження слугували квітки *Matthiola incana* серії Katz, заготовлені в літній період 2025 року на території Хмельницької області у фазі масового цвітіння. Рослинну сировину піддавали висушуванню в температурному діапазоні 35–40 °C. Кількісне визначення та якісну ідентифікацію компонентів летких сполук здійснювали методом газової хромато-мас-спектрометрії (ГХ/МС).

Аналітичні дослідження проводили на газовому хроматографі Agilent Technologies 6890/5973inert (Agilent Technologies, США), оснащеному мас-селективним детектором. Розділення суміші здійснювали на капілярній колонці HP-Innowax завдовжки 30 м із внутрішнім діаметром 0,25 мм. Параметри хроматографічного розділення: швидкість потоку газу-носія (гелію) становила 1,0 мл/хв; температура інжектора – 250 °C. Температурний режим термостата колонки програмували в інтервалі від 50 до 320 °C із градієнтом підйому температури 4 °C/хв.

Ідентифікацію компонентів леткої фракції здійснювали на основі фундаментальних закономірностей фрагментації молекул органічних речовин під впливом електронного удару. Крім того, проводили компаративний аналіз отриманих мас-спектрів із референтними даними автоматизованої бази NIST 17 за допомогою відповідного програмного забезпечення NIST 17. Кількісне визначення вмісту індивідуальних сполук виконували методом внутрішнього стандарту, у якості якого використовували тридекан [7, 21, 22].

Результати. Аналіз летких сполук *Matthiola incana* серії Katz, виконаний за допомогою методу ГХ/МС, відображено на рисунку 1 та в таблиці 1.

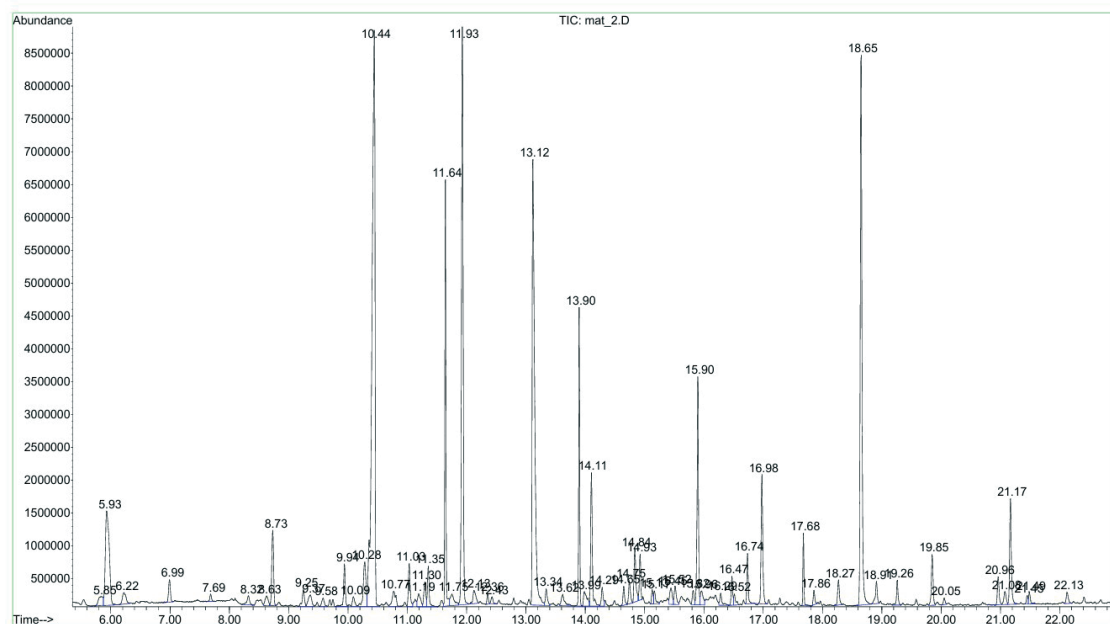


Рис. 1. Хроматограма летких сполук *Matthiola incana* Katz (ГХ/МС-метод).

Таблиця 1. Газова хромато-мас-спектрометрія компонентів летких сполук матіоли сивої квіток

№ з/п	Компоненти летких сполук	Час утримання, хв	Кількісний вміст у сировині, мкг/г
1	Гексаналь	6,22	29,75
2	Циклогексен	6,99	30,30
3	α -Фелландрен	7,69	9,05
4	D-лимонен	8,32	17,54
5	2-Пентилфуран	9,25	26,83
6	<i>пара</i> -Цимен	9,95	163,39
7	1-Пентанол	10,09	17,09
8	Метилпіразин	10,28	88,10
9	2,6-Диметилпіразин	11,3	35,37
10	Метилгептенон	11,35	50,87
11	Диметилтрисульфід	11,93	685,23
12	3-Фуральдегід	13,35	23,93
13	Бензальдегід	14,11	53,99
14	Тимолу метиловий ефір	14,92	46,53
15	Бутиролактон	15,52	29,25
16	3-Фуранметанол	15,82	18,95
17	Гермакрен D	16,28	19,79
18	α -Бергамотен	16,48	31,24
19	α -Фарнезен	16,74	48,26
20	Бензиловий спирт	18,27	32,36
21	Фенілетиловий спирт	18,65	696,51
22	Евгенол	21,17	133,13
23	Мегастигматриєнон	21,49	15,58

Аналіз мас-спектрометричних даних показав високий ступінь кореляції: рівень ідентичності (коефіцієнт подібності) мас-спектрів виявлених сполук із референтними профілями бібліотеки NIST 17 коливався в межах 80–99 %.

Обговорення. За допомогою методу ГХ/МС у квітках *Matthiola incana* Katz було ідентифіковано 23 леткі сполуки. Мажорними компонентами досліджуваної фракції виявилися фенілетиловий спирт та диметилтрисульфід, концентрація яких становила 696,51 мкг/г та 685,23 мкг/г відповідно. Крім того, зафіксовано вагомий вміст таких речовин, як *пара*-цимен (163,39 мкг/г), евгенол (133,13 мкг/г) та α -фарнезен (48,26 мкг/г).

Превалювання фенілетилового спирту та диметилтрисульфиду свідчить про те, що саме ці метаболіти є ключовими детермінантами специфічного ароматичного профілю досліджуваної рослинної сировини, а також зумовлюють її перспективні фармакологічні характеристики.

Висока концентрація фенілетилового спирту має особливе науково-практичне значення. Ця сполука поєднує в собі виражені органолептичні властивості з терапевтичною дією, завдяки чому активно застосовується у фармації як антисептик та антимікробний консервант у складі топічних лікарських форм, зокрема офтальмологічних, отоларингологічних та назальних препаратів [8].

Другим за кількісним вмістом метаболітом визначено диметилтрисульфід, який належить до класу сірковмісних сполук, що є хемотаксономічним маркером представників родини *Brassicaceae*. Отримані експериментальні дані корелюють із наявною науковою літературою стосовно високої концентрації сульфідних похідних у складі леткої фракції інших представників родів *Brassica* та *Matthiola*. Окрім специфічного різкого запаху, диметилтрисульфід виявляє низку важливих біологічних ефектів, зокрема протизапальну, анагетичну та антидотну активність, що може детермінувати терапевтичний потенціал досліджуваної сировини [5, 13, 20].

Останнім часом диметилтрисульфід розглядається як перспективний антидот нового покоління при інтоксикації ціанідами, оскільки він забезпечує біотрансформацію ціанід-іонів у менш токсичні тиоціанати *in vivo*. Крім того, у наукових джерелах описано його протизапальні та знеболювальні властивості при гострому панкреатиті та артриті, патогенетичний механізм яких часто реалізується через активацію іонних каналів TRPA1 [4, 17].

Суттєву частку серед ідентифікованих речовин мають також *n*-цимен та евгенол. *n*-Цимен, як природний монотерпен, характеризується широким спектром біологічної активності, що охоплює

антимікробні, протизапальні, антиоксидантні та нейропротекторні ефекти [11].

Евгенолу притаманні антисептична, антибактеріальна, аналгетична, протизапальна та антиоксидантна дія, а також антидіабетичні та гіполіпідемічні властивості. Його імуностимулювальний ефект пов'язаний із підвищенням активності лімфоцитів [12].

Науковий інтерес становить і наявність α -фарнезену, незважаючи на його меншу концентрацію у досліджуваному зразку. Як представник сесквітерпеноїдів, α -фарнезен виявляє виражені протизапальні, антиоксидантні, седативні та нейропротекторні властивості [2].

Сукупність виявлених летких компонентів дозволяє розглядати квітки *Matthiola incana* як перспективне джерело фітосубстанцій із комплексною, різнобічною фармакологічною дією.

Висновки. Проведено фітохімічний аналіз летких сполук квіток *M. incana* серії Katz із застосуванням методу газової хромато-мас-спектрометрії (ГХ/МС), у результаті якого ідентифіковано 23 індивідуальні сполуки. Хімічний профіль досліджуваної сировини визначається переважанням таких компонентів, як фенілетиловий спирт (696,51 мкг/г) та диметилтрисульфід

(685,23 мкг/г). Разом з тим, зафіксовано високі концентрації *пара*-цимену, евгенолу та α -фарнезену. Отримані експериментальні дані свідчать, що летка фракція квіток матіоли сивої представлена багатим комплексом біологічно активних речовин різних хімічних класів, синергічна взаємодія яких обумовлює виражені антимікробні, протизапальні, антиоксидантні та інші терапевтичні ефекти даної рослинної сировини.

Джерела фінансування. Власні кошти авторів.

Внесок авторів:

Ірина Дахим – ідея, дизайн дослідження, написання статті;

Людмила Слободянюк – ідея, коректування статті, остаточне затвердження статті;

Ольга Демидяк – участь у написанні статті, формулювання висновків;

Анастасія Яновська – участь у написанні статті, анотації;

Наталія Сліпцова – збір та аналіз літератури, участь у написанні статті.

Конфлікт інтересів Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Декларація про використання штучного інтелекту. При написанні даної роботи штучний інтелект не використовувався.

REFERENCES

1. Zehravi M, Karthika C, Azad AK. A background search on the potential role of Scutellaria and its essential oils. *BioMed Res Int.* 2022;2022:7265445. DOI: 10.1155/2022/7265445
2. Rautela A, Chatterjee R, Yadav I, Kumar S. A Comprehensive Review on Engineered Microbial Production of Farnesene for Versatile Applications. *J Environ Chem Eng.* 2024;12(3):112398. DOI: 10.1016/j.jece.2024.112398
3. Abdel J, Amadou D. The Therapeutic benefits of essential oils. In: *Nutrition, Well-Being and Health.* London: InTech; 2012. p. 236. DOI: 10.5772/25344
4. Pozsgai G, et al. Analgesic effect of dimethyl trisulfide in mice is mediated by TRPA1 and sst4 receptors. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol.* 2017;390(1):10-21. DOI: 10.1016/j.niox.2017.01.012
5. Speranza J, Taviano MF, Ragusa S, et al. Characterization of volatile components and in vitro inhibitory effect on gut microbial TMA production of the leaf hydroalcoholic extract of *Brassica incana* Ten. (Brassicaceae) growing wild in Sicily (Italy). In: 115 Congresso della Società Botanica Italiana: online, 9–11 September 2020. Online; 2020. p. 194.
6. Canli K, Bozyel ME, Benek A, et al. Chemical composition and *in vitro* antimicrobial activity of *Matthiola tricuspidata* ethanol extract. *Fresenius Environ Bull.* 2020;29(10):8863-68.
7. Marchyshyn S, Slobodianiuk L, Budniak L, et al. Comparative analysis of essential oil containing raw materials of honeyherb (*Lippia dulcis* Trevir.) under different growing conditions. *ScienceRise Pharm Sci.* 2023;6(46):41-6. DOI: 10.15587/2519-4852.2023.294908
8. Meltzer EO. Formulation considerations of intranasal corticosteroids for the treatment of allergic rhinitis. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2007; 98(1):12-21. DOI: 10.1016/S1081-1206(10)60854-X
9. Rasool N, Afzal M, Riaz M, et al. Evaluation of antioxidant activity, cytotoxic studies and GC-MS profiling of *Matthiola incana* (stock flower). *Legume Res.* 2013; 36:21–32.
10. Karaman S, Gulseven M, Comlekcioglu N, Ilcim A. Fatty acid composition of *Matthiola longipetala* ssp. *bicornis* from Turkey. *Int J Agric Biol.* 2011;13:581-5.
11. Pyo Y, Jung YJ. Microbial Fermentation and Therapeutic Potential of *p*-Cymene: Insights into Biosynthesis and Antimicrobial Bioactivity. *Fermentation.* 2024;10(9):488. DOI: 10.3390/fermentation10090488
12. Sharma S, Perera KY, Jaiswal AK, Jaiswal S. Natural antimicrobials from fruits and plant extract for food packaging and preservation. In: *Food Packaging and Preservation.* Amsterdam: Academic Press; 2024. Chapter 8; p. 133-52. DOI: 10.1016/B978-0-323-90044-7.00008-2
13. Miceli N, Cavò E, Ragusa S, et al. Phytochemical characterization and biological activities of a hydroalcoholic extract obtained from the aerial parts of *Matthiola incana* (L.) R. Br. subsp. *incana* (Brassicaceae) growing wild in Sicily (Italy). *Chem Biodivers.* 2019;16(7):e1800677. DOI: 10.1002/cbdv.201800677
14. Miceli N, Cavò E, Spadaro V, et al. Phytochemical profile and antioxidant activity of the aerial part extracts from *Matthiola incana* subsp. *rupestris* and subsp. *pulchella* (Brassicaceae) endemic to Sicily. *Chem Biodivers.* 2021; 18(8):e2100167. DOI: 10.1002/cbdv.202100167

15. Yaniv Z, Schafferman D, Zur M, Shamir I. Progress in new crops. Janick J, editor. Arlington: ASHS Press; 1996. p. 368-72.
16. Blažević I, Dulović A, Burčul F, et al. Stability and bioaccessibility during ex vivo digestion of glucoraphenin and glucoraphasatin from *Matthiola incana* (L.) R. Br. J Food Compos Anal. 2020;90:103483. DOI: 10.1016/j.jfca.2020.103483
17. Orján EM, Kormányos ES, Für GM, et al. The anti-inflammatory effect of dimethyl trisulfide in experimental acute pancreatitis. Sci Rep. 2023;13:16813. DOI: 10.1038/s41598-023-43692-9
18. Jaén-Molina R, Caujapé-Castells J, Reyes-Betancort JA, et al. The molecular phylogeny of *Matthiola* R. Br. (Brassicaceae) inferred from its sequences, with special emphasis on the Macaronesian endemics. Mol Phylogenet Evol. 2009;53(3):972-81. DOI: 10.1016/j.ympev.2009.08.031
19. Hammami S, Ciavatta ML, Ben Jannet H, et al. Three phenolic and a sterol glycosides identified for the first time in *Matthiola longipetala* growing in Tunisia. Croat Chem Acta. 2006;79:215-18.
20. Wieczorek MN, Jeleń HH. Volatile compounds of selected raw and cooked Brassica vegetables. Molecules. 2019;24(3):391. DOI: 10.3390/molecules24030391
21. Dakhym IS, Marchyshyn SM, Slobodianiuk LV, et al. [Investigation of volatile components of *Eupatorium cannabinum* L. herb]. Zdobutky klinichnoyi i eksperymentalnoyi medytsyny. 2025;(1):93-7. Ukrainian. DOI: 10.11603/1811-2471.2025.v.i1.15248
22. Dakhym I, Slobodianiuk L, Ivankevych N, Tsymbala K. [Comparative analysis of components of volatile compounds in *Scutellaria altissima* and *Scutellaria albida* herb]. Annals of Mechnikov Institute. 2026;(1):73-7. Ukrainian. DOI: 10.5281/zenodo.1888690
23. Chopyk VI, Fedoronchuk MM. [Flora of the Ukrainian Carpathians]. Ternopil: Terno-graf; 2015. 712 p. Ukrainian.

Iryna Dakhym¹, Liudmyla Slobodianiuk¹, Olha Demydyak¹,
Anastasia Yanovska¹, Nataliia Sliptsova²

¹Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine

²Donetsk National Medical University Ministry of Health of Ukraine, Kropyvnytskyi, Ukraine

VOLATILE COMPOUNDS OF *MATTHIOLA INCANA* KATZ

SUMMARY. Due to antiseptic, antiviral, bactericidal, fungicidal and other therapeutic properties, as well as their aroma, essential oils have long been used in the medical and pharmaceutical industries. *Matthiola incana* Katz is a professional annual cut series with a short growing period. The plant has erect stems up to 80 cm high with fragrant double flowers, is resistant to heat and disease.

The aim – to identify and determine the quantitative content of volatile compounds in the raw material of *Matthiola incana* Katz.

Material and Methods. Flowers of *Matthiola incana* Katz, harvested in the Khmelnytskyi region in summer of 2025 during the period of mass flowering. The quantitative content of volatile compounds was determined using the GC/MS method.

Results. When studying the volatile compounds of *Matthiola incana* Katz, 23 components were identified. Phenylethyl alcohol (696.51 µg/g) and dimethyl trisulfide (685.23 µg/g) were quantitatively predominant. A significant content of *para*-cymene, eugenol and *α*-farnesene (163.39 µg/g, 133.13 µg/g and 48.26 µg/g, respectively) were also found. Therefore, considering the significant content of volatile compounds of various chemical classes in *M. incana* flowers, this raw material can be a source of drugs with antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant, and other pharmacological effects.

KEY WORDS: *Matthiola incana* Katz. flowers; volatile compounds; GC/MS spectrometry.

Надійшла до редакції 23.02.2026
Прийнята після рецензування 28.04.2026
Подана до друку 14.05.2026

Електронна адреса для листування: dakhym@tdmu.edu.ua