УДК 615.322.014::547.587.5:582.652.1 DOI: 10.32352/0367-3057.4.25.06

С. М. МАРЧИШИН (https://orcid.org/0000-0001-9628-1350), д-р фарм. наук, проф.,
Є. А. ЛАСТОВИЧЕНКО (https://orcid.org/0009-0003-8564-2124),
Л. В. СЛОБОДЯНЮК (https://orcid.org/0000-0002-0400-1305), канд. фарм. наук, доцент,
І. С. ДАХИМ (https://orcid.org/0000-0003-3806-626X), канд. фарм. наук, доцент
Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОКСИКОРИЧНИХ КИСЛОТ МАГОНІЇ ПАДУБОЛИСТОЇ *(MAHONIA AQUIFOLIUM* (PURSH) NUTT.)

Ключові слова: магонія падуболиста, гідроксикоричні кислоти, листя, суцвіття, плоди, корені, високоефективна рідинна хроматографія (ВЕРХ)

АНОТАЦІЯ

Магонію падуболисту (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.) в Україні вирощують як декоративну рослину. У джерелах зарубіжної наукової літератури є інформація, що магонію падуболисту застосовують як протидіарейний, протимікробний, протипсоріазний, протизапальний, протипухлинний, гіпоглікемічний, гепатопротекторний, гіпотензивний та антиоксидантний засіб.

Хімічний склад магонії падуболистої маловивчений. Досліджено вміст алкалоїдів, амінокислот і фенольних сполук у деяких видах сировини цього виду.

Метою роботи було здійснити порівняльний аналіз вмісту гідроксикоричних кислот у листі, суцвіттях, плодах і коренях магонії падуболистої методом високоефективної рідинної хроматографії.

Матеріалом для досліджень були листя, суцвіття, корені і плоди магонії падуболистої, заготовлені на дослідних ділянках Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (м. Київ) у 2024 році. Методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) на рідинному хроматографі Agilent Technologies 1200 (Agilent Technologies, USA) встановлено якісний склад і визначено кількісний вміст індивідуальних гідроксикоричних кислот у сировині магонії падуболистої.

Результати ВЕРХ-аналізу свідчать, що домінуючою гідроксикоричною кислотою у листі й суцвіттях була хлорогенова, вміст якої становив 97 833,66 мкг/г і 34 849,95 мкг/г відповідно. У плодах і коренях рослини вміст хлорогенової кислоти був значно менший і становив 428,69 мкг/г і 397,22 мкг/г відповідно. У суцвіттях і плодах також виявлено значну кількість *p*-кумарової кислоти – 1 782,09 мкг/г і 936,78 мкг/г відповідно; у листі – кофейну (1 129,35 мкг/г); у суцвіттях – транс-цинамову (1 914,75 мкг/г); у плодах – синапову (1 682,24 мкг/г); у суцвіттях і листі – гідроксифенілацетатну (2 188,57 мкг/г і 1 648,95 мкг/г відповідно). У плодах і коренях магонії падуболистої гідроксифенілацетатну кислоту не виявлено. У коренях вміст гідроксикоричних кислот був незначний, але у найбільшій кількості містилася хлорогенова кислота, вміст якої становив 397,22 мкг/г.

Одержані результати свідчать, що магонія падуболиста є перспективною рослиною для подальших фітохімічних і фармакологічних досліджень із метою створення нових лікарських засобів на її основі.

© Колектив авторів, 2025

S. M. MARCHYSHYN (https://orcid.org/0000-0001-9628-1350),
Ye. A. LASTOVYCHENKO (https://orcid.org/0009-0003-8564-2124),
L. V. SLOBODIANIUK (https://orcid.org/0000-0002-0400-1305),
I. S. DAKHYM (https://orcid.org/0000-0003-3806-626X)
Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine

STUDY OF HYDROXYCINNAMIC ACIDS OF *MAHONIA AQUIFOLIUM* (PURSH) NUTT.

Key words: *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., hydroxycinnamic acids, leaves, inflorescences, fruits, roots, high-performance liquid chromatography (HPLC)

ABSTRACT

Mahonia aquifolium (Pursh) Nutt. is grown in Ukraine as an ornamental plant. Foreign scientific literature sources contain information that *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. is used as an antidiarrheal, antimicrobial, antipsoriatic, anti-inflammatory, antitumor, hypoglycemic, hepatoprotective, hypotensive and antioxidant agent. The chemical composition of *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. is poorly studied. The content of alkaloids, amino acids, and phenolic compounds in some types of raw materials of this species has been studied.

The aim of the work was to conduct a comparative analysis of the content of hydroxycinnamic acids in the leaves, inflorescences, fruits and roots of *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. using high-performance liquid chromatography.

The material for the research was the leaves, inflorescences, roots and fruits of *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., harvested in the experimental plots of the M. M. Hryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine (Kyiv) in 2024. The qualitative composition and quantitative content of individual hydroxycinnamic acids in the raw material of *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. were determined using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) an Agilent Technologies 1200 liquid chromatograph (Agilent Technologies, USA).

The results of HPLC analysis showed that the dominant hydroxycinnamic acid in the leaves and inflorescences was chlorogenic acid, the content of which was 97833.66 μg/g and 34849.95 μg/g, respectively. In the fruits and roots of the plant, the content of chlorogenic acid was significantly lower and was 428.69 μg/g and 397.22 μg/g, respectively. In the inflorescences and fruits, a significant amount of *p*-coumaric acid was also found – 1782.09 μg/g and 936.78 μg/g, respectively; in the leaves – caffeic acid (1129.35 μg/g); in the inflorescences – trans-cinnamic acid (1914.75 μg/g); in the fruits – sinapic acid (1682.24 μg/g); in inflorescences and leaves – hydroxyphenylacetic acid (2188.57 μg/g and 1648.95 μg/g, respectively). Hydroxyphenylacetic acid was not detected in the fruits and roots of *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. The content of hydroxycinnamic acids in the roots was insignificant, but the largest amount was chlorogenic acid, the content of which was 397.22 μg/g.

The obtained results indicate that *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. is a promising plant for further phytochemical and pharmacological research with the aim of creating new drugs.

Вступ

Використання лікарських рослин у традиційній (народній) і доказовій (офіцинальній) медицині походить із глибокої давнини. Але і сьогодні досвід лікування препаратами рослинного походження всесторонньо вивчають та використовують із метою пошуку перспективних лікарських рослин і створення на основі їхніх біологічно активних речовин нових препаратів [1–5].

Однією з таких рослин є магонія падуболиста (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.) – вид роду Магонія (*Mahonia* Nutt.) родини барбарисові (*Berberidaceae*), який в Україні вирощують як декоративну рослину. Походить магонія падуболиста зі західної частини Північної Америки. Була завезена до Європи як декоративна рослина в 1822

році [6]. Цю рослину називають ще американський барбарис чи орегонський виноград. Назва виду «aquifolium» походить від «acus», що означає голка, та «folium», що означає листя.

Магонія падуболиста – невибаглива, морозостійка рослина. В Україні росте у парках і скверах по всій території, популярна в ландшафтному дизайні. Вирощують магонію падуболисту в культурі в Україні як декоративну рослину ще з 1838 року.

У джерелах зарубіжної наукової літератури є інформація, що магонію падуболисту застосовують як протидіарейний, протимікробний, протипсоріазний, протизапальний, протипухлинний, гіпоглікемічний, гепатопротекторний, гіпотензивний та антиоксидантний засіб. Різні органи магонії мають різну біологічну активність [7–10].

Хімічний склад магонії падуболистої маловивчений. Досліджено вміст алкалоїдів, які відповідальні за більшість біологічних властивостей цього виду, амінокислот і фенольних сполук у деяких видах сировини магонії падуболистої [11–13]. Тому поглиблене фітохімічне вивчення усіх органів зазначеної рослини є актуальним.

Метою роботи було здійснити порівняльний аналіз щодо вмісту гідроксикоричних кислот у листі, суцвіттях, плодах і коренях магонії падуболистої методом високоефективної рідинної хроматографії.

Матеріали та методи дослідження

Матеріалом для досліджень були листя, суцвіття, корені і плоди магонії падуболистої, заготовлені на дослідних ділянках Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (м. Київ). Листя та суцвіття заготовляли у травні, корені – у березні, плоди – у серпні 2024 року.

Для виявлення гідроксикоричних кислот використовували етанольно-водну витяжку досліджуваної сировини магонії падуболистої.

Наявність сполук фенольної природи виявляли за реакцією з ферум (III) хлориду – до 1 мл екстракту додавали 2 краплі 1%-го розчину ферум (III) хлориду.

Виявлення гідроксикоричних кислот виконували також методом тонкошарової хроматографії (ТШХ), використовуючи хроматографічні пластини «Сорбфіл» (*Sorbfilpeates* 10×15), методом ПХ (папір Filtrak FN № 4) та фармакопейні стандартні зразки (ФСЗ) таких гідроксикоричних кислот: хлорогенової, неохлорогенової, кофейної, ферулової, розмаринової, р-кумарової та хінної. Як рухомі фази брали 2%-й розчин ацетатної кислоти та н-бутанол–ацетатна кислота–вода очищена Р (4:1:2) [14]. Хроматограми висушували у витяжній шафі й розглядали при денному та УФ-світлі до і після оброблення парами аміаку або 3%-м розчином ферум (III) хлориду. Гідроксикоричні кислоти проявлялись у вигляді зон із блакитною флуоресценцією, яка посилювалась під дією парів аміаку, що за кольором та розташуванням відповідали зонам ФЗС.

Встановлення якісного складу і визначення кількісного вмісту індивідуальних гідроксикоричних кислот у магонії падуболистої сировині виконували методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) на рідинному хроматографі Agilent Technologies 1200 (Agilent Technologies, USA). Використовували такі рухомі фази: метанол (А) та 0,1%-й розчин мурашиної кислоти в воді (В). Елюювання робили в градієнтному режимі: 0 хв – А (25%) : В (75%); 25 хв – А (75%) : В (25%); 27 хв – А (100%) : В (0%); 35 хв – А (100%) : В (0%). Розділення здійснюва-

ли на хроматографічній колонці Zorbax SB-Aq (4,6 мм ± 150 мм, 3,5 мкм) (Agilent Technologies, USA), швидкість потоку через колонку 0,5 мл/хв, температура термостату 30 °С, об'єм інжекції 4 мкл. Детекцію виконували з використанням діодно-матричного детектора з реєстрацією сигналу при 250 та 275 нм та фіксацією спектрів поглинання в діапазоні 210–700 нм [15–17].

Ідентифікацію та кількісний аналіз робили з використанням ФСЗ таких кислот: галової, гідроксифенілацетатної, хлорогенової, кофейної, сирінгової, *p*-кумарової, транс-ферулової, синапової, транс-цинамової та хінної.

Кількісний вміст індивідуальних гідроксикоричних кислот *X* (мкг/г) визначали за формулою:

$$X = c \cdot \frac{V}{m},$$

де *c* – концентрація сполуки, визначена хроматографічним методом, мкг/мл;

V – об'єм екстракту, мл;

m – маса сировини, з якої здійснювали екстракцію, г.

Результати дослідження та обговорення

Позитивна реакція з 1%-м розчином ферум (III) хлориду (поява зелено-сірого забарвлення) показала наявність у досліджуваній сировині магонії падуболистої речовин фенольної природи, зокрема гідроксикоричних кислот.

Методом ТШХ виявлено наявність хлорогенової, кофейної, *p*-кумарової, хінної кислот.

Гідроксикоричні кислоти є біологічно активними речовинами, які зумовлюють фармакологічну дію лікарської рослинної сировини, тому їх визначення є важливим параметром її стандартизації.

Якісний склад і кількісний вміст індивідуальних гідроксикоричних кислот, встановлених методом ВЕРХ, наведено у таблиці та подано на рис. 1–4.

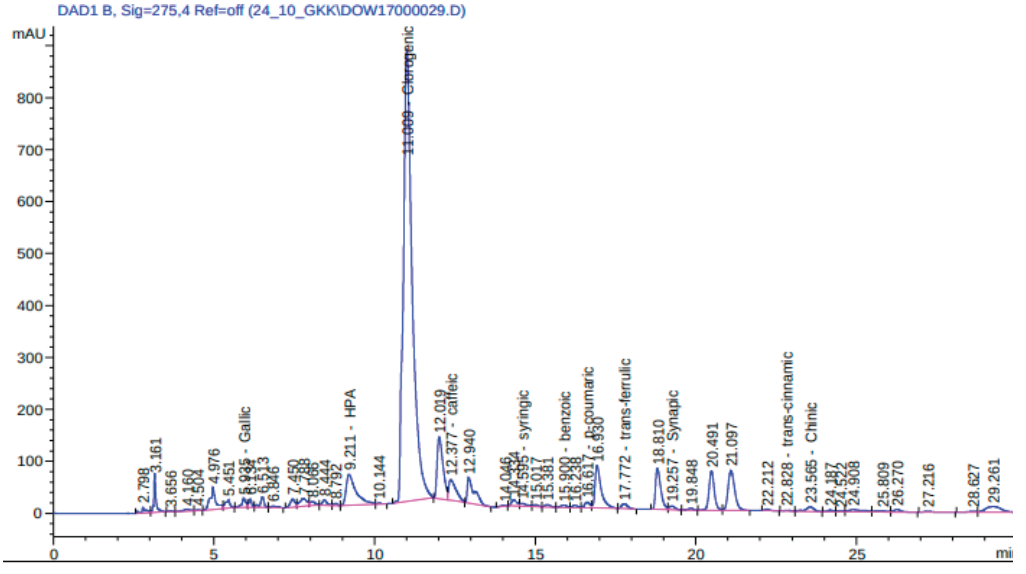


Рис. 1. **ВЕРХ-хроматограма гідроксикоричних кислот магонії падуболистої листя** (λ = 275 нм)

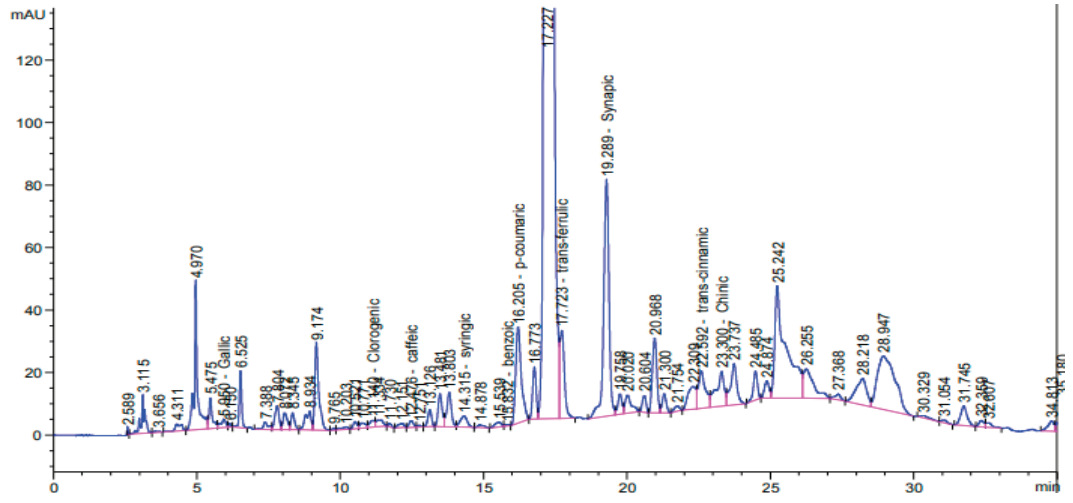


Рис. 2. **ВЕРХ-хроматограма гідроксикоричних кислот магонії падуболистої плодів** (λ = 275 нм)

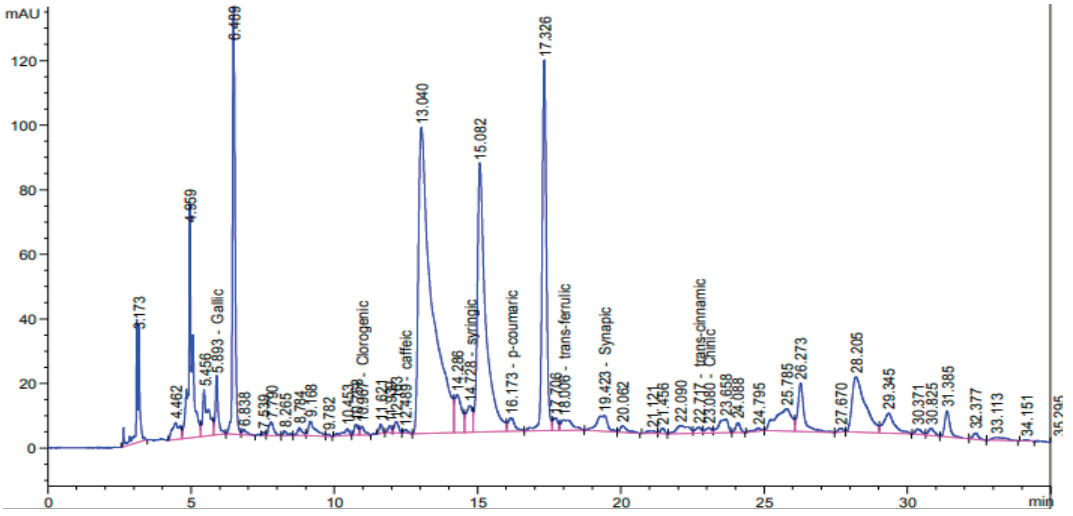


Рис. 3. **ВЕРХ-хроматограма гідроксикоричних кислот магонії падуболистої суцвіть** (λ = 275 нм)

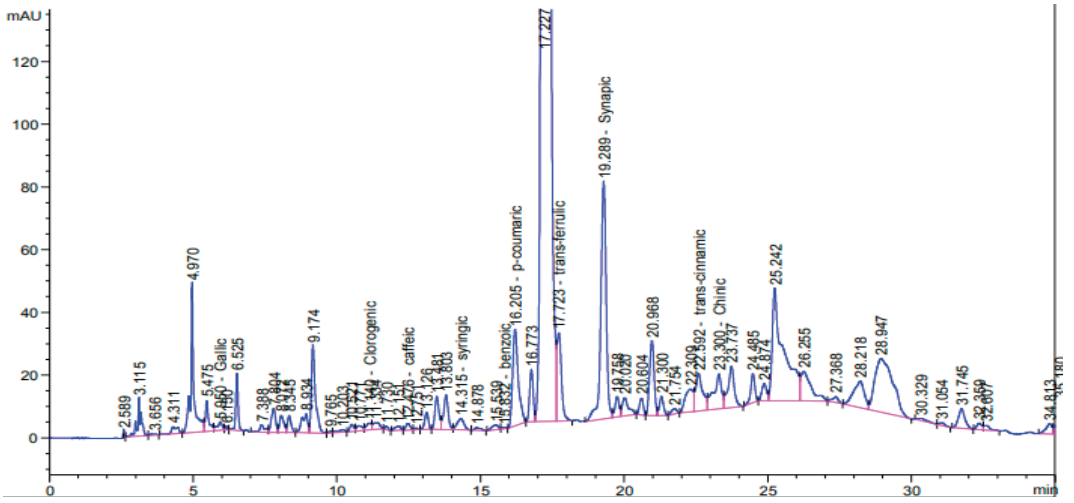


Рис. 4. **ВЕРХ-хроматограма гідроксикоричних кислот магонії падуболистої коренів** (λ = 275 нм)

Результати ВЕРХ-аналізу показали, що домінуючою гідроксикоричною кислотою у листі й суцвіттях була хлорогенова, вміст якої становив 97 833,66 мкг/г і 34 849,95 мкг/г відповідно. У плодах і коренях рослини вміст хлорогенової кислоти був значно менший і становив 428,69 мкг/г і 397,22 мкг/г відповідно (таблиця). Із джерел літератури відомо, що хлорогенова кислота має антиоксидантну, мембранопротекторну, протизапальну, протипухлинну, гепатопротекторну, противірусну, гіпоглікемічну та антибактеріальну активність [18–21].

Таблиця

Вміст індивідуальних фенольних кислот у сировині магонії падуболистої

№ з/п	Назва кислот	Вміст, мкг/г (n = 5, середнє значення ± SD, $p \leq 0,05$)			
		плоди	суцвіття	листя	корені
1	Галова кислота	92,07 ± 0,72	472,95 ± 13,11	179,12 ± 8,15	284,66 ± 5,75
2	Гідроксифенілацетатна кислота	н/в	2 188,57 ± 41,45	1 648,95 ± 15,98	н/в
3	Хлорогенова кислота	428,69 ± 6,77	34 849,95 ± 50,75	97 833,66 ± 62,22	397,22 ± 11,55
4	Кофейна кислота	96,10 ± 1,02	304,32 ± 15,16	1 129,35 ± 41,21	51,48 ± 1,52
5	Сирінгова кислота	122,68 ± 10,10	2 100,51 ± 28,10	80,91 ±10,30	230,99 ± 20,11
6	*p*-Кумарова кислота	936,78 ± 18,12	1 781,09 ± 20,45	135,68 ± 11,43	133,83 ± 9,51
7	Транс-ферулова кислота	644,37 ± 8,05	147,04 ± 2,34	131,66 ± 2,55	186,09 ± 5,36
8	Синапова кислота	1 682,24 ± 14,67	962,19 ± 12,17	76,59 ± 7,87	209,50 ± 6,98
9	Транс-цинамова кислота	164,59± 6,15	1 914,75 ± 15,85	7,49 ± 0,45	19,62 ± 0,66
10	Хінна кислота	231,55 ± 12,10	82,88 ± 1,38	137,36 ± 2,90	28,72 ± 1,16
Сумарний вміст		4 409,00	45 309,20	101 432,60	1 542,10

Примітка: н/в – не виявлено.

У суцвіттях і плодах також виявлено значну кількість р-кумарової кислоти – 1 782,09 мкг/г і 936,78 мкг/г відповідно; у листі – кофейну (1 129,35мкг/г); у суцвіттях – транс-цинамову (1 914,75мкг/г); у плодах – синапову (1 682,24 мкг/г); у суцвіттях і листі – гідроксифенілацетатну (2 188,57мкг/г і 1 648,95 мкг/г відповідно).

У плодах і коренях магонії падуболистої гідроксифенілацетатну кислоту не виявлено. У коренях вміст гідроксикоричних кислот був незначний, але у найбільшій кількості містилася хлорогенова кислота, вміст якої становив 397,22 мкг/г. Найбільший сумарний вміст гідроксикоричних кислот спостерігали у листі магонії падуболистої (101 432,60 мкг/г), найменший – у коренях (1 542,10 мкг/г). Сумарний вміст гідроксикоричних кислот у суцвіттях досліджуваного виду становив 45 309,20 мкг/г, що у 2,2 раза менше, ніж у листі (рис. 5).

Враховуючи, що магонії падуболистої листя містять високий вміст гідроксикоричних кислот, можна передбачити використання цієї лікарської рослинної сировини як засобу з вираженими антиоксидантними властивостями.

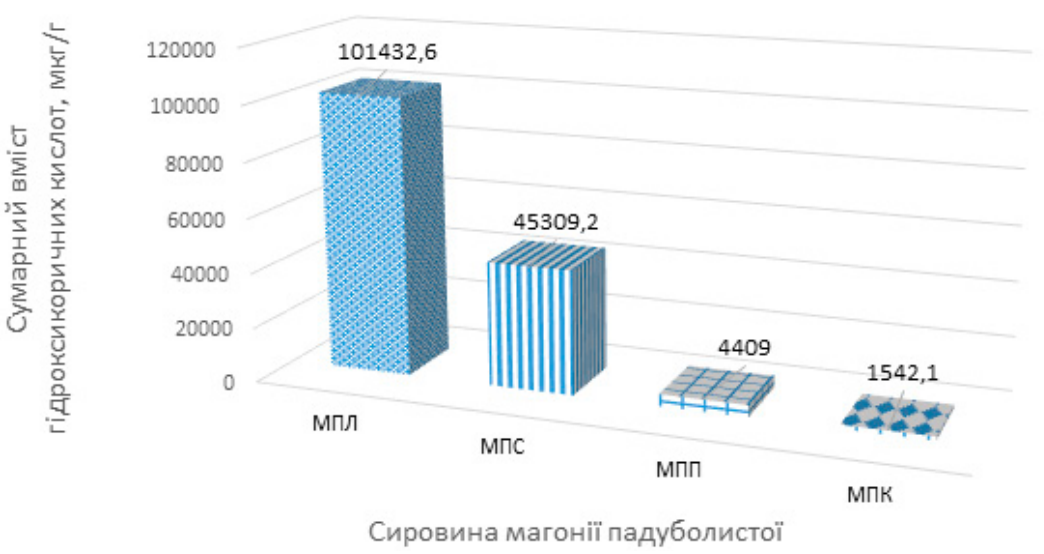


Рис. 5. **Діаграма сумарного вмісту гідроксикоричних кислот у сировині магонії падуболистої, мкг/г:**

МПЛ – листя; МПС – суцвіття; МПП – плоди; МПК – корені

Одержані результати свідчать, що магонія падуболиста є перспективною рослиною для подальших фітохімічних і фармакологічних досліджень із метою створення нових лікарських засобів на її основі. Результати досліджень будуть враховані під час розроблення проєктів методів контролю якості на нову лікарську рослинну сировину.

Висновок

Здійснений порівняльний аналіз вмісту індивідуальних гідроксикоричних кислот у листі, суцвіттях, плодах і коренях магонії падуболистої, інтродукованої в Україні, свідчить, що домінуючою кислотою у листі, суцвіттях і коренях магонії падуболистої є хлорогенова, вміст якої становив 97 833,66 мкг/г, 34 849,95 мкг/г і 397,22 мкг/г відповідно; у плодах – синапова кислота (1 682,24 мкг/г). Найбільший сумарний вміст гідроксикоричних кислот спостерігали у листі магонії падуболистої, що становило 101 432,60 мкг/г. Одержані результати свідчать, що магонія падуболиста є перспективною рослиною для створення нових лікарських препаратів на її основі.

Список використаної літератури

1. Слободянюк Л. В., Марчишин С. М., Івасюк І. М., Когут М. О. Визначення вмісту флавоноїдів у траві *Gerbera hybrida.* Здобутки клінічної і експериментальної медицини. 2025. № 1. С. 189–192. https://doi.org/10.11603/1811-2471.2025.v.i1.15262

2. Slobodianiuk L., Budniak L., Marchyshyn S., Sakhatska I., Hlushchenko O., Horlachuk N., Tverdokhlib I. Analysis of the essential oils in leaves and rhizomes with roots of Angelica archangelica growing in Ukraine. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*. 2024. N 3 (49). P. 63–69. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.307314

3. Marchyshyn S., Slobodianiuk L., Budniak L., Samohalska O., Budarna O., Potishnyi I., Banadyga A. Investigation of the anti-inflammatory effect of the extracts from the leaves and rhizomes with roots of *Angelica archangelica. Phytotherapy. Journal.* 2024. N 1. P. 116–121. https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-1-116

4. Ільїна С., Журавель І. Порівняльне дослідження хімічного складу трави та квіток ротиків садових (*Antirrhinum majus* L.). *Annals of Mechnikov Institute.* 2024. № 2. С. 59–63. https://doi.org/10.5281/zenodo.11638388

5. Bisht A., Singh S. K., Bahukhandi A., Bisht M., Bhatt I. D. *Mahonia* species (*M. jaunsarensis* Ahrendt, *M. nepalensis* DC, *M. aquifolium* Nutt, *M. acanthifolia* Don, *M. borealis* Takeda, *M. oiwakensis* Hayata and *M. leschenaultii* Takeda). *Himalayan Fruits and Berries*. 2023. P. 241–250. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85591-4.00025-8

6. Gunduz K. Morphological and phytochemical properties of *Mahonia aquifolium* from Turkey. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences.* 2013. N 50 (3). P. 439–443.

7. Zhu W., Hu J., Wang X., Tian J., Komatsu S. Organ-Specific Analysis of Mahonia Using Gel-Free/Label-Free Proteomic Technique. *J. Proteome Res*. 2015. V. 14. P. 2669–2685. https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.5b00208

8. Tuzimski T., Petruczynik A., Kapron B., Makuch-Kocka A., Szultka-Młyńska M., Misiurek J., Szymczak G., Buszewski B. Determination of Cytotoxic Activity of Selected Isoquinoline Alkaloids and Plant Extracts Obtained from Various Parts of *Mahonia aquifolium* Collected in Various Vegetation Seasons. *Molecules*. 2021. V. 26. P. 816. https://doi.org/10.3390/molecules26040816

9. Godevac D., Damjanovic A., Stanojkovic T. P., Anđelković B., Zdunić G. Identification of cytotoxic metabolites from *Mahonia aquifolium* using ^{1}H NMR-based metabolomics approach. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 2018. V. 150. P. 9–14. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.11.075

10. Andreicut A.-D., Elena Pârvu A., Cătălin Mot A., Pârvu M., Fischer Fodor E., Cătoi A. F., Feldrihan V., Cecan M., Irimie A. Phytochemical Analysis of Anti-Inflammatory and Antioxidant Effects of *Mahonia aquifolium* Flower and Fruit Extracts. *Oxid. Med. Cell. Longev*. 2018. P. 2879793. https://doi.org/10.1155/2018/2879793

11. Sedláčková V. H., Brindza J., Maliniaková P., Pancurák F., Grygorieva O. Morphological and biochemical characteristics of plant parts *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. and some physical indicators of its extracts in activated water. *Agrobiodivers. Improv. Nutr. Health Life Qual.* 2022. V. 6. P. 103–116. https://doi.org/10.15414/ainhlq.2022.0012

12. Lastovychenko Ye., Marchyshyn S., Slobodianiuk L., Budniak L., Kischuk V., Hlushchenko O., Doroshenko O. Determination of aminoacids content of the *Mahonia aquifolium* by GC/MS. *ScienceRise: Pharmaceutical Science.* 2025. V. 2 (54). P. 78–85. https://doi.org/10.15587/2519-4852.2025.327913

13. Ластовиченко Є., Джуренко Н., Слободянюк Л., Будняк Л., Кузьмак І., Марчишин С. Дослідження жирнокислотного складу магонії падуболистої. Фітотерапія. Часопис. 2025. № 2. С. 105–113. https://doi.org/10.32782/2522-9680-2025-2-117

14. Марчишин С. М., Гусак Л. В., Бердей Т. С. Дослідження кислот гідроксикоричних трави чистецю Зібольда. Медична та клінічна хімія. 2016. Т. 8. № 3. С. 13–16. https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2016.v0.i3.6935

15. Sumere B. R., de Souza M. C., Santos M. P. D., Bezerra R. M. N., da Cunha D. T., Martinez J., Rostagno M. A. Combining pressurized liquids with ultrasound to improve the extraction of phenolic compounds from pomegranate peel (*Punica granatum* L.). *Ultrasonics sonochemistry*. 2018. V. 48. P. 151–162. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.05.028

16. Demydiak D., Slobodianiuk L., Gerush, O., Budniak L., Sydor V., Skrynchuk O., Demydiak O., Panasenko N., Ratynskyi V. HPLC-DAD analysis of flavonoids and hydroxycinnamic acids in *Asternovi-belgii* L. *Pharmacia.* 2023. V. 70, Iss. 3. P. 745–750. https://doi.org/10.3897/pharmacia.70.e94344

17. Паращук Е. А., Марчишин С. М., Кирилів М. В., Бекус І. Р. Вміст кислот гідроксикоричних у траві та кореневищах і коренях бедринцю ломикаменевого (*Pimpinella saxifraga* L.). Медична та клінічна хімія. 2018. Т. 20. № 3. С. 90–95. https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2018.v0.i3.9571

18. Wang L., Pan X., Jiang L., Chu Y., Gao S., Jiang X., Zhang Y., Chen Y., Luo S., Peng C. The Biological Activity Mechanism of Chlorogenic Acid and Its Applications in Food Industry: A Review. *Front. Nutr.* 2022. V. 9. P. 943911. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.943911

19. Sun Z., Zhang X., Wu H., Wang H., Bian H., Zhu Y., Xu W., Liu F., Wang D., Fu L. Antibacterial activity and action mode of chlorogenic acid against *Salmonella enteritidis*, a foodborne pathogen in chilled fresh chicken. *World J. Microbiol. Biotechnol*. 2020. P. 36:24. https://doi.org/10.1007/s11274-020-2799-2

20. Jiang Y., Nan H., Shi N., Hao W., Dong J., Chen H. Chlorogenic acid inhibits proliferation in human hepatoma cells by suppressing noncanonical NF-kB signaling pathway and triggering mitochondrial apoptosis. *Mol. Biol. Rep*. 2021. V. 48. P. 2351–2364. https://doi.org/10.1007/s11033-021-06267-3

21. Changizi Z., Moslehi A., Rohani A. H., Eidi A. Chlorogenic acid induces 4T1 breast cancer tumor's apoptosis via p53, Bax, Bcl-2, and caspase-3 signaling pathways in BALB/c mice. *J. Biochem. Mol. Toxicol*. 2021. V. 35. P. e22642. https://doi.org/10.1002/jbt.22642

References

1. Slobodianiuk, L. V., Marchyshyn, S. M., Ivasiuk, I. M., & Kohut, M. O. (2025). Vyznachennia vmistu flavonoidiv u travi Gerbera hybrida [Determination of flavonoid content in Gerbera hybrida herb]. *Zdobutky klinichnoi i eksperymentalnoi medytsyny*, 1, 189–192. https://doi.org/10.11603/1811-2471.2025.v.i1.15262 [in Ukrainian].

2. Slobodianiuk, L., Budniak, L., Marchyshyn, S., Sakhatska, I., Hlushchenko, O., Horlachuk, N. & Tverdokhlib, I. (2024). Analysis of the essential oils in leaves and rhizomes with roots of Angelica archangelica growing in Ukraine. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 3 (49), 63–69. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.307314

3. Marchyshyn, S., Slobodianiuk, L, Budniak, L., Samohalska, O., Budarna, O., Potishnyi, I. & Banadyga, A. (2024). Investigation of the anti-inflammatory effect of the extracts from the leaves and rhizomes with roots of *Angelica archangelica. Phytotherapy. Journal*, 1, 116–121. https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-1-116

4. Ilina, S., & Zhuravel, I. (2024). Porivnialne doslidzhennia khimichnoho skladu travy ta kvitok rotykiv sadovykh (*Antirrhinum majus* L.) [Comparative study of the chemical composition of the herb and flowers of garden rhododendron (Antirrhinum majus L.)]. *Annals of Mechnikov Institute*, 2, 59–63. https://doi.org/10.5281/zenodo.11638388 [in Ukrainian].

5. Bisht, A., Singh, S. K., Bahukhandi, A., Bisht M., & Bhatt, I. D. (2023). *Mahonia* species (*M. jaunsarensis* Ahrendt, *M. nepalensis* DC, *M. aquifolium* Nutt, *M. acanthifolia* Don, *M. borealis* Takeda, *M. oiwakensis* Hayata and *M. leschenaultii* Takeda). *Himalayan Fruits and Berries*, 241–250. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85591-4.00025-8

6. Gunduz, K. (2013). Morphological and phytochemical properties of *Mahonia aquifolium* from Turkey. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 50 (3), 439–443.

7. Zhu, W., Hu, J., Wang, X., Tian, J., & Komatsu, S. (2015). Organ-Specific Analysis of Mahonia Using Gel-Free/Label-Free Proteomic Technique. *J. Proteome Res*., 14, 2669–2685. https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.5b00208

8. Tuzimski, T., Petruczynik, A., Kapron, B., Makuch-Kocka, A., Szultka-Młyńska, M., Misiurek, J., Szymczak, G., & Buszewski, B. (2021). Determination of Cytotoxic Activity of Selected Isoquinoline Alkaloids and Plant Extracts Obtained from Various Parts of *Mahonia aquifolium* Collected in Various Vegetation Seasons. *Molecules*, 26, 816. https://doi.org/10.3390/molecules26040816

9. Godevac, D., Damjanovic, A., Stanojkovic, T. P., Anđelković, B., & Zdunić, G. (2018). Identification of cytotoxic metabolites from *Mahonia aquifolium* using ^{1}H NMR-based metabolomics approach. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 150, 9–14. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.11.075

10. Andreicut, A.-D., Pârvu, E. A., Cătălin Mot, A., Pârvu, M., Fischer Fodor, E., Cătoi, A. F., Feldrihan, V., Cecan, M., & Irimie, A. (2018). Phytochemical Analysis of Anti-Inflammatory and Antioxidant Effects of *Mahonia aquifolium* Flower and Fruit Extracts. *Oxid. Med. Cell. Longev.*, 2879793. https://doi.org/10.1155/2018/2879793

11. Sedláčková, V. H., Brindza, J., Maliniaková, P., Pancurák, F., & Grygorieva, O. (2022). Morphological and biochemical characteristics of plant parts *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. and some physical indicators of its extracts in activated water. *Agrobiodivers. Improv. Nutr. Health Life Qual*, 6, 103–116. https://doi.org/10.15414/ainhlq.2022.0012

12. Lastovychenko, Ye., Marchyshyn, S., Slobodianiuk, L., Budniak, L., Kischuk, V., Hlushchenko, O., & Doroshenko, O. (2025). Determination of aminoacids content of the *Mahonia aquifolium* by GC/MS. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 2 (54), 78–85. https://doi.org/10.15587/2519-4852.2025.327913

13. Lastovychenko, Ye., Dzhurenko, N., Slobodianiuk, L., Budniak, L., Kuzmak, I., & Marchyshyn, S. (2025). Doslidzhennia zhyrnokyslotnoho skladu mahonii padubolystoi [Research on the fatty acid composition of *Mahonia Aquifolium*]. *Fitoterapiya. Chasopys*, 2, 105–113. https://doi.org/10.32782/2522-9680-2025-2-117 [in Ukrainian].

14. Marchyshyn, S. M., Husak, L. V., & Berdey, T. S. (2016). Doslidzhennia kyslot hidroksykorychnykh travy chystetsiu Zibolda [Research on hydroxycinnamic acids in Siebold's celandine herb]. *Medychna ta klinichna khimiia*, 8 (3), 13–16. https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2016.v0.i3.6935 [in Ukrainian].

15. Sumere, B. R., de Souza, M. C., Santos, M. P. D., Bezerra, R. M. N., da Cunha, D. T., Martinez, J., & Rostagno, M. A. (2018). Combining pressurized liquids with ultrasound to improve the extraction of phenolic compounds from pomegranate peel (*Punica granatum* L.). *Ultrasonics sonochemistry*, 48, 151–162. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.05.028

16. Demydiak, D., Slobodianiuk, L., Gerush, O., Budniak, L., Sydor, V., Skrynchuk, O., Demydiak, O., Panasenko, N., & Ratynskyi, V. (2023). HPLC-DAD analysis of flavonoids and hydroxycinnamic acids in *Asternovi-belgii* L. *Pharmacia*, 70 (3), 745–750. https://doi.org/10.3897/pharmacia.70.e94344

17. Parashchuk, E. A., Marchyshyn, S. M., Kyryliv, M. V., & Bekus, I. R. (2018). Vmist kyslot hidroksykorychnykh u travi ta korenevyshchakh i koreniakh bedryntsiu lomykamenevoho (*Pimpinella saxifraga* L.) [Content of hydroxycinnamic acids in herb and rhizomes and roots of saxifrage Pimpinella (*Pimpinella saxifraga* L.)]. *Medychna ta klinichna khimiya*, 20 (3), 90–95. https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2018.v0.i3.9571 [in Ukrainian].

18. Wang, L., Pan, X., Jiang, L., Chu, Y., Gao, S., Jiang, X., Zhang, Y., Chen, Y., Luo, S., & Peng, C. (2022). The Biological Activity Mechanism of Chlorogenic Acid and Its Applications in Food Industry: A Review. *Front. Nutr.*, 9, 943911. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.943911

19. Sun, Z., Zhang, X., Wu, H., Wang, H., Bian, H., Zhu, Y., Xu, W., Liu, F., Wang, D., & Fu, L. (2020). Antibacterial activity and action mode of chlorogenic acid against *Salmonella enteritidis*, a foodborne pathogen in chilled fresh chicken. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 36, 24. https://doi.org/10.1007/s11274-020-2799-2

20. Jiang, Y., Nan, H., Shi, N., Hao, W., Dong, J., Chen, H. (2021). Chlorogenic acid inhibits proliferation in human hepatoma cells by suppressing noncanonical NF-kB signaling pathway and triggering mitochondrial apoptosis. *Mol. Biol. Rep*., 48, 2351–2364. https://doi.org/10.1007/s11033-021-06267-3

21. Changizi, Z., Moslehi, A., Rohani, A. H., & Eidi, A. (2021). Chlorogenic acid induces 4T1 breast cancer tumor's apoptosis via p53, Bax, Bcl-2, and caspase-3 signaling pathways in BALB/c mice. *J. Biochem. Mol. Toxicol.*, 35, e22642. https://doi.org/10.1002/jbt.22642

Конфлікт інтересів відсутній.

Внесок авторів:

Марчишин С. М. – ідея, дизайн дослідження, корекція статті;

Ластовиченко Є. А. – збір та аналіз літератури, анотації, висновки;

Слободянюк Л. В. – участь у написанні статті, статистичне оброблення даних;

Дахим І. С. – участь у написанні статті, резюме.

Надійшла до редакції 1 липня 2025 р.

Підписано до друку 8 серпня 2025 р.

Електронна адреса для листування з авторами: marchyshyn@tdmu.edu.ua

(Марчишин С. М.)