

О. В. КОВРЕГІН ¹ (<https://orcid.org/0009-0000-5269-4073>),

І. М. ВЛАДИМИРОВА ¹ (<https://orcid.org/0000-0002-4846-8839>), д-р фарм. наук, проф.,

О. О. МИХАЙЛЕНКО ¹ (<https://orcid.org/0000-0003-3822-8409>), канд. фарм. наук,
доцент,

ІВАНАУСКАС Л. ² (<https://orcid.org/0000-0001-5390-2161>), д-р біомед. наук, проф.

¹ Національний фармацевтичний університет, м. Харків

² Литовський університет наук здоров'я, Каунас, Литва

ВИВЧЕННЯ АМІНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ТРАВИ ЗИМОЛЮБКИ ЗОНТИЧНОЇ (*CHIMÁRPHILA UMBELLÁTA* L.)

Ключові слова: зимолюбка зонтична, амінокислоти, біологічна роль,
хромато-мас-спектрометрія

АНОТАЦІЯ

Терапевтичне використання амінокислот є перспективним напрямом сучасної фармації та медицини. Амінокислоти відіграють важливу роль у комплексній фармакологічній дії лікарських засобів рослинного походження, а також поліпшують засвоєння інших біологічно активних речовин та здатні потенціювати їхню фармакологічну активність. Достатньо багатим джерелом амінокислот є лікарські рослини, що поєднують у своєму складі комплекс груп біологічно активних речовин, завдяки чому мають комбінований вплив на організм.

Метою роботи було вивчення амінокислот трави зимолюбки зонтичної з метою розширення відомостей щодо хімічного складу сировини та у перспективі розроблення фітотерапевтичного засобу з нефропротекторними та протизапальними властивостями.

Об'єктом дослідження була висушена трава зимолюбки зонтичної (постачальник «Світ трав», м. Харків). Дослідження здійснювали методом газової хромато-мас-спектрометрії з використанням хроматографічної системи SHIMADZU GC-MS-QP2010, з'єднаної з джерелом іонів електронної іонізації та одноквадрупольним MS 5975C (Shimadzu Technologies). Було використано роботизований автоматичний пробовідбірник і розділений/нерозділений ін'єкційний порт. Розділення амінокислот виконували в Rxi-5 мс (капілярна колонка Restek Corporation – довжина 30 м, зовнішній діаметр 0,25 мм і товщина рідини–стаціонарна фаза 0,25 мкм) із рідкою нерухомою фазою 5% дифенілу та 95% полісилоксану, з гелієм при чистоті 99,99% як газ-носіє за постійного потоку 1,47 мл/хв. Для аналізу використовували стандартні суміші L-амінокислот: аланін, серин, валін, треонін, лейцин, ізолейцин, пролін, аспарагінова кислота, глутамінова кислота, лізин, метіонін, фенілаланін і тирозин (Sigma-Aldrich GmbH, Steinheim, Німеччина). Амінокислоти ідентифікували шляхом порівняння мас-спектрів сполук із даними бібліотек NIST14 і WRT10, а для ідентифікації та кількісного визначення амінокислот використовували суміш стандартних зразків.

У траві зимолюбки зонтичної було ідентифіковано вміст 7 амінокислот, з яких 3 є незамінними – L-валін, ізолейцин, L-лейцин. У найбільшій кількості міститься L-глутамінова кислота (14,469 µg/g), у найменшій – L-лейцин (0,050 µg/g). Одержані результати є важливими у разі розроблення фітотерапевтичного засобу для застосування при захворюваннях нирок та сечовивідних шляхів. Визначені у досліджуваній сировині амінокислоти відіграють важливу роль, так, L-глутамінова кислота бере участь у білковому і вуглеводному обміні, стимулює окиснювальні процеси, сприяє знешкодженню та виведенню з організму аміаку, підвищує стійкість організму до гіпоксії. Аланін має здатність знижувати ризик розвитку каменів у нирках, він є основою нормального обміну речовин в організмі, сприяє боротьбі з гіпоглікемією, сприяє пом'якшенню коливань рівня глюкози в крові між прийомами їжі. Має значення також вміст аспарагінової кислоти – попередника лізину і донора аміногруп у біосинтезі замінних амінокислот.

© Колектив авторів, 2024

Досліджено кількісний вміст амінокислот у траві зимолубки зонтичної методом газової хромато-мас-спектроскопії. За результатами дослідження встановлено вміст амінокислот у такій послідовності за зменшенням: L-глутамінова кислота > L-аланін > L-аспарагінова кислота > L-валін > L-пролін > ізолейцин > L-лейцин. Результати досліджень свідчать про досить високий і різноманітний вміст амінокислот у траві зимолубки зонтичної, які можуть поліпшувати збалансованість фітозасобів та добавок дієтичних із метою застосування для профілактики дефіциту цього класу біологічно активних сполук.

O. V. KOVREGIN ¹ (<https://orcid.org/0009-0000-5269-4073>),

I. N. VLADYMYROVA ¹ (<https://orcid.org/0000-0002-4846-8839>),

O. O. MYKHAILENKO ¹ (<https://orcid.org/0000-0003-3822-8409>),

L. IVANAUSKAS ² (<https://orcid.org/0000-0001-5390-2161>)

¹ National University of Pharmacy, Kharkiv,

² Lithuanian University of Health Sciences, Lithuania

STUDY OF THE AMINO ACID COMPOSITION OF *CHIMÁPHILA UMBELLÁTA* HERB

Key words: *Chimáphila umbelláta*, amino acids, biological role, chromatography-mass spectrometry

ABSTRACT

The therapeutic use of amino acids is a promising direction of modern pharmacy and medicine. Amino acids play an important role in the complex pharmacological action of herbal medicines, and also improve the assimilation of other biologically active substances (BAS) and are able to potentiate their pharmacological activity. A sufficiently rich source of amino acids are medicinal plants that combine in their composition a complex of groups of BAS, thanks to which they have a combined effect on the body

The purpose of the work was the study the amino acids of *Chimáphila umbelláta* herb with the aim of expanding the knowledge about the chemical composition of the herbal raw material and the development of a phytotherapeutic agent with nephroprotective and anti-inflammatory properties in the future.

The object of the study was *Chimáphila umbelláta* dried herb (supplier «World of Herbs», Kharkiv). The research was performed by gas chromatography-mass spectrometry using a SHIMADZU GC-MS-QP2010 chromatographic system connected to an electron ionization ion source and a single-quadrupole MS 5975C (Shimadzu Technologies). A robotic autosampler and a split/non-split injection port were used. The separation of amino acids was carried out in an Rxi-5 ms (capillary column of Restek Corporation – length 30 m, outer diameter 0.25 mm and thickness liquid–stationary phase 0.25 µm) with a liquid stationary phase of 5% diphenyl and 95% polysiloxane, with helium at purity 99.99% as a carrier gas at a constant flow of 1.47 ml/min. Standard mixtures of L-amino acids: alanine, serine, valine, threonine, leucine, isoleucine, proline, aspartic acid, glutamic acid, lysine, methionine, phenylalanine, and tyrosine (Sigma-Aldrich GmbH, Steinheim, Germany) were used for the analysis. Amino acids were identified by comparing the mass spectra of compounds with data from the NIST14 and WRT10 libraries, and a mixture of standard samples was used to identify and quantify amino acids.

The content of 7 amino acids, of which 3 are essential amino acids (L-valine, isoleucine, L-leucine) were identified in *Chimáphila umbelláta* herb. The largest amount contains L-glutamic acid (14.469 µg/g), the smallest – L-leucine (0.050 µg/g). The obtained results are important in the development of a phytotherapeutic agent for use in diseases of the kidneys and urinary tract. The amino acids identified in the studied raw materials play an important role, so L-glutamic acid participates in protein and carbohydrate metabolism, stimulates oxidation processes, helps detoxify and remove ammonia from the body, increases the body's resistance to hypoxia. Alanine has the ability to reduce the risk of developing kidney stones, it is the basis of normal metabolism in the body, helps fight hypoglycemia; helps to moderate fluctuations in

blood glucose levels between meals. The content of aspartic acid is also important – the precursor of lysine and the donor of amino groups in the biosynthesis of substitute amino acids.

The quantitative content of amino acids in *Chimaphila umbellata* herb was studied by the method of gas chromatography-mass spectroscopy. According to the results of the study, the content of amino acids was determined in the following order: L-glutamic acid > L-alanine > L-aspartic acid > L-valine > L-proline > isoleucine > L-leucine. The results of the conducted research indicate a rather high and diverse content of amino acids in *Chimaphila umbellata* herb, which can improve the balance of phytoremedies and dietary supplements for the purpose of prevention of deficiency of this class of biologically active substances.

Вступ

Зимолюбка зонтична (*Chimaphila umbellata* L.) – багаторічна рослина родини Вересових (*Ericaceae*). Зростає в помірному кліматі, частіше в лісових зонах. Територіально зимолюбка поширена в Україні, у Західній Скандинавії, на Далекому Сході тощо. Зустріти її можна у сухих хвойних лісах, а також у лісовій зоні серед чагарників. У лікувальних цілях збирають траву зимолюбки зонтичної (стебла, листя і квітки), рідше – коріння. Траву заготовляють у період цвітіння рослини [1].

У траві зимолюбки зонтичної виявлено глікозид арбутин, дубильні речовини (до 5%), флавоноїди, таніни, гірку речовину (урсон), органічні кислоти, камеді, смоли, полісахариди тощо. А також ситостерин, хінну і галову кислоти, метиловий ефір саліцилової кислоти, вітаміни, мікроелементи та інші біологічно активні речовини. Засоби, що містять траву зимолюбки зонтичної, мають дезинфікуювальну, антисептичну, протизапальну, виражену сечогінну дію. Трава зимолюбки сприяє виведенню азотистих і хлористих солей з організму, нормалізації травлення і підвищенню апетиту, а у разі діабету – зниженню вмісту цукру в крові [2, 3].

У науковій літературі відомості щодо амінокислотного складу сировини обмежені. Хоча цей клас біологічно активних сполук має важливе значення для організму людини. Рослини є джерелом майже 30% амінокислот, які перебувають у вільному або зв'язаному стані. При цьому амінокислоти сприяють поліпшенню всмоктування, пролонгації терапевтичного ефекту та потенціюванню дії основних біологічно активних сполук рослинного походження. Лікарські препарати, що містять амінокислоти, позитивно впливають на серцево-судинну і мозкову діяльність людини, сприяють відновленню роботи печінки та нирок, є ефективним засобом парентерального харчування [1, 4].

Саме тому використання амінокислот у структурі профілактики і лікування багатьох захворювань набуває дедалі більшого значення, а дослідження в цьому напрямі виявляють нові функції амінокислот та їх специфічний вплив на організм людини [5, 6].

Всесвітня продовольча організація (FAO) та Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визначили добову потребу людського організму в амінокислотах, яка забезпечує їх збалансованість (12% загальної енергетичної потреби організму, або 90–100 г на добу) [6]. Однією з найважливіших вимог до аміно-

кислотних препаратів є наявність в їхньому складі незамінних амінокислот. На відміну від тварин, рослини здатні синтезувати всі амінокислоти, необхідні для побудови білкових молекул.

Тому **завданням** нашої роботи було вивчення амінокислот трави зимоліюбки зонтичної з метою розширення відомостей щодо хімічного складу сировини та у перспективі розроблення фітотерапевтичного засобу з нефропротекторними та протизапальними властивостями.

Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження була висушена трава зимоліюбки зонтичної (постачальник «Світ трав», м. Харків).

Приготування розчинів для аналізу амінокислот у сировині – 0,2 г відважували в мірну колбу та екстрагували метанолом (10 мл) в УЗ-бані за кімнатної температури (20 ± 2 °C) упродовж 15 хв. Одержаний розчин центрифугували 10 хв при 5 000 об/хв за температури 25 °C. Кількість 500 мкл супернатанта випарювали під газоподібним азотом до сухого залишку. Одержаний осад розчиняли у 100 мкл ацетонітрилу та 100 мкл MTBSTFA. Цей розчин нагрівали за 100 °C упродовж 2,5 год на гліцериновій бані. Потім 1 мкл досліджуваного розчину вводили в газовий хроматограф.

Приготування стандартних розчинів амінокислот – 100 мкл стандартної суміші L-амінокислот (Sigma-Aldrich, Литва) відбирали та сушили під газоподібним азотом до сухого залишку, потім додавали 100 мкл ацетонітрилу та 100 мкл MTBSTFA. Одержаний розчин нагрівали за температури 100 °C упродовж 2,5 год на гліцериновій бані.

Для аналізу використовували стандартні суміші L-амінокислот: аланін, серин, валін, треонін, лейцин, ізолейцин, пролін, аспарагінова кислота, глутамінова кислота, лізин, метіонін, фенілаланін і тирозин (Sigma-Aldrich GmbH, Steinheim, Німеччина).

Для ГХ-МС аналізу використовували такі реагенти: ацетонітрил (Sigma-Aldrich GmbH, Карлсруе, Німеччина), N-трет-бутилдиметилсиліл-N-метилтрифторацетамід з 1% трет-бутилдиметилхлорсилану (MTBSTFA) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO), метанол (34860, Sigma-Aldrich, Німеччина), очищена вода (Millipore, Bedford, MA). Усі реактиви були класу «хімічно чистий» і «хімічно чистий для аналізу».

Умови ГХ-МС аналізу амінокислот – температуру колонки становила 75 °C і її підтримували протягом 5 хв, а потім підвищували на 10 °C/хв до 290 °C, потім на 20 °C/хв до 320 °C і витримували за цієї температури 5 хв. Ін'єкцію здійснювали в режимі спліттер 1:20 за 260 °C з об'ємом ін'єкції 1 мкл. Швидкість потоку колонки становила 1,5 мл/хв, тиск 100 кПа, загальна швидкість потоку – 34,4 мл/хв. Загальна тривалість аналізу – 41 хв.

0,1 мл досліджуваного екстракту упарювали насухо у потоці газоподібного азоту. Висушений зразок розбавляли ацетонітрилом (0,1 мл) і агентом MTBSTFA

(0,1 мл). Розчин ретельно перемішували на вортекс-міксері упродовж 1 хв та інкубували за температури 100 °С у гліцериновій бані упродовж 2,5 год. Кожен одержаний розчин аналізували ГХ-аналізом у трьох повторах.

Для аналізу використовували хроматографічну систему SHIMADZU GC-MS-QP2010, з'єднану з джерелом іонів електронної іонізації та одноквадрупольним MS 5975C (Shimadzu Technologies). Було використано роботизований автоматичний пробовідбірник і розділений/нерозділений ін'єкційний порт. Розділення амінокислот здійснювали в Rxi-5 мс (капілярна колонка Restek Corporation – довжина 30 м, зовнішній діаметр 0,25 мм і товщина рідина-стаціонарна фаза 0,25 мкм) із рідкою нерухомою фазою 5% дифенілу та 95% полісилоксану, із гелієм при чистоті 99,99% як газ-носіє за постійного потоку 1,47 мл/хв. Температуру духовки було запрограмовано на 75 °С протягом 1 хв, потім її підвищили до 290 °С зі швидкістю 10 °С/хв та підтримували упродовж 5 хв, а потім підвищили до 320 °С зі швидкістю 20 °С/хв та підтримували упродовж 10 хв. Температуру інжектора та детектора підтримували на рівні 260 °С та 280 °С відповідно. Діапазон концентрацій стандартів був від 0,1 до 100 нг/мл. МС працювала в позитивному режимі (енергія електронів 70 еВ). Повне сканування було виконано з діапазоном визначення маси, встановленим на 35–500 m/z, щоб визначити час утримування аналітів, оптимізувати температурний градієнт печі та спостерігати характерні масові фрагменти для кожного аналіту. Збір та аналіз даних виконували G1701EA GC-MDS ChemStation (версія E.02.02.1431, Agilent Technologies).

Амінокислоти ідентифікували порівнянням мас-спектрів сполук із даними бібліотек NIST14 і WRT10, а для ідентифікації та кількісного визначення амінокислот використовували суміш стандартних зразків [7].

Результати дослідження та обговорення

Результати визначення якісного складу та кількісного вмісту амінокислот у траві зимолубки зонтичної наведено на рисунку і в таблиці. За результатами дослідження встановлено вміст амінокислот у такій послідовності за зменшенням: L-глутамінова кислота > L-аланін > L-аспарагінова кислота > L-валін > L-пролін > ізолейцин > L-лейцин.

L-глутамінова кислота значно відрізняється за вмістом у траві зимолубки зонтичної порівняно з іншими визначеними амінокислотами. Ця амінокислота бере участь у процесах переамінування амінокислот в організмі [8, 9]. Азот більшості амінокислот проходить через стадії включення в глутамінову, аспарагінову кислоти чи α -аланін. Глутамінова кислота бере участь у білковому і вуглеводному обміні, стимулює окиснювальні процеси, сприяє знешкодженню та виведенню з організму аміаку, підвищує стійкість організму до гіпоксії [10], сприяє синтезу ацетилхоліну й АТФ, перенесенню іонів калію, відіграє важливу роль у діяльності скелетних м'язів [11].

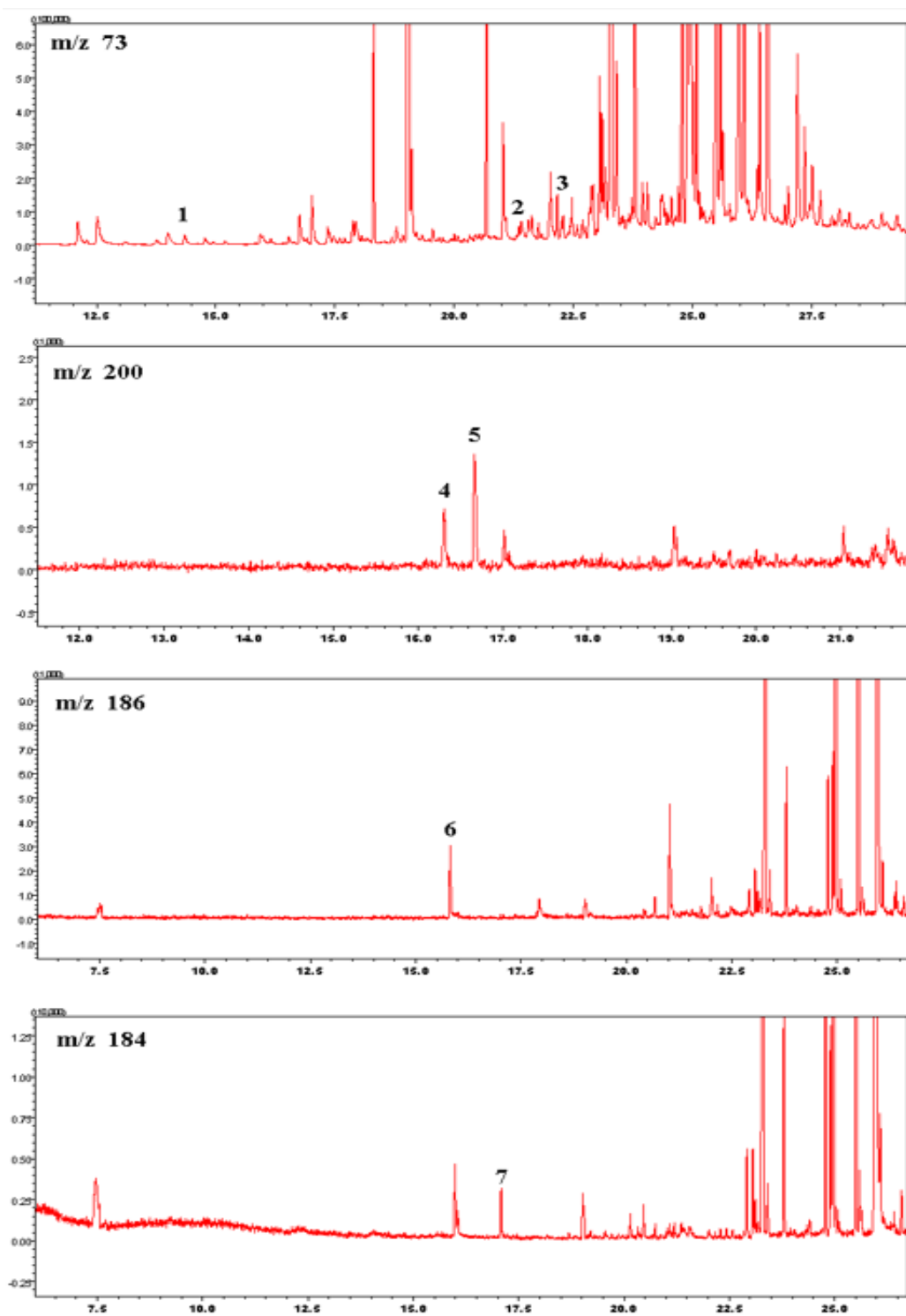


Рис. Хромотограма визначення амінокислот у траві зимолубки зонтичної методом ГХ-МС

Вміст амінокислот у траві зимолюбки зонтичної

Амінокислота	Вміст, µg/g	Амінокислота	Вміст, µg/g
L-аланін	4,030	L-пролін	0,166
L-валін	0,264	L-аспарагінова кислота	3,313
L-лейцин	0,050	L-глутамінова кислота	14,469
Ізолейцин	0,128	—	—

Примітка: $n = 3, P = 0,95$.

Аланін має здатність знижувати ризик розвитку каменів у нирках, він є основою нормального обміну речовин в організмі, сприяє боротьбі з гіпоглікемією, сприяє пом'якшенню коливань рівня глюкози в крові між прийомами їжі. Є одним із основних джерел енергії м'язів. Підвищує рівень енергетичного обміну, стимулює імунітет, регулює рівень цукру в крові. Необхідний для підтримки тону м'язів і адекватної статевої функції [12, 13].

Має значення також вміст аспарагінової кислоти – попередника лізину і донора аміногруп у біосинтезі замінних амінокислот. Амід аспарагінової кислоти аспарагін є важливим продуктом азотистого обміну у рослин, резервом азоту; знешкоджує аміак, що утворюється в процесі перетворення білків. Аспарагінова кислота стимулює синтез протеїнів, знижує рівень аміаку в крові, нормалізує роботу печінки [14, 15].

Лікарські рослини, що містять значну кількість амінокислот, є перспективними для створення нових лікарських препаратів [16].

В и с н о в к и

1. Досліджено кількісний вміст амінокислот у траві зимолюбки зонтичної методом газової хромато-мас-спектроскопії. Ідентифіковано вміст 7 амінокислот, з яких 3 є незамінними – L-валін, ізолейцин, L-лейцин. У найбільшій кількості міститься L-глутамінова кислота (14,469 µg/g), у найменшій – L-лейцин (0,050 µg/g).

2. За результатами дослідження встановлено вміст амінокислот у такій послідовності за зменшенням: L-глутамінова кислота > L-аланін > L-аспарагінова кислота > L-валін > L-пролін > ізолейцин > L-лейцин. Одержані результати є важливими у разі розроблення фітотерапевтичного засобу для застосування при захворюваннях нирок та сечовивідних шляхів.

Список використаної літератури

1. Дуденко Н. В., Павлоцька Л. Ф., Лазарева Т. А. та ін. Нутриціологія: навч. посіб. – Харків: Світ Книг, 2013. – 560 с.

2. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013. – 66 p. – URL: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>
3. Іосипенко О. О., Кисличенко В. С., Омельченко З. І. Вивчення амінокислотного складу листя кабачків // Медична та клінічна хімія. – 2020. – Т. 22, № 2. – С. 72–80.
4. Зіменковський Б. С., Музиченко В. А., Ніженковська І. В., Сирова Г. О. Біологічна і біоорганічна хімія: підручник у 2-х кн. Кн. 1 Біоорганічна хімія / За ред. Б. С. Зіменковського, І. В. Ніженковської. 3-тє вид. – К.: Медицина, 2022. – 272 с.
5. Гонський Я. І., Максимчук Т. П. Біохімія людини: підручник / За ред. Я. І. Гонського. 3-тє вид., випр. і доп. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2019. – 732 с.
6. Mykhailenko O., Ivanauskas L., Bezruk I., Lesyk R., Georgiyants V. Comparative Investigation of Amino Acids Content in the Dry Extracts of *Juno bucharica*, *Gladiolus Hybrid Zefir*, *Iris Hungarica*, *Iris Variegata* and *Crocus Sativus* Raw Materials of Ukrainian Flora // *Sci. Pharm.* – 2020. – V. 88, N 8. <https://doi.org/10.3390/scipharm88010008>
7. Глутамінова кислота. – URL: <https://mozdocs.kiev.ua/likiview.php?id=7205>
8. Головченко О. В. Алаанін // Велика українська енциклопедія. – URL: <https://vue.gov.ua/Алаанін>
9. Urooj Ali, Muhammad Mustajab Khan, Naveera Khan et al. *Chimaphila umbellata*; a biotechnological perspective on the coming-of-age prince's pine basi // *Phytochem. Rev.* – 2024. – V. 23. – P. 229–244. <https://doi.org/10.1007/s11101-023-09880-1>
10. Yue Yu, Alaa Elshafei, Xuedan Zheng et al. Chemical constituents of *Chimaphila japonica* Miq. // *Biochemical Systematics and Ecology.* – 2021. – V. 95. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104219>
11. Павлоцька Л. Ф., Дуденко Н. В., Цихановська І. В. та ін. Нутриціологія. Частина 1. Загальна нутриціологія: навч. посіб. – Харків: УІПА, 2012. – 371 с.
12. Павлоцька Л. Ф., Аксьонова О. Ф., Скуріхіна Л. А. Нутриціологія та харчова безпека: навч. посіб. – Харків: ХДУХТ, 2020. – 132 с.
13. USMLE Step 1: Biochemistry and Medical Genetics: Lecture Notes / Ed. S. Turco, R. Lane, R. M. Harden. – New York: Kaplan, 2019. – 409 p.
14. Stan D., Enciu Ana-Maria, Mateescu A. L. et al. Natural Compounds With Antimicrobial and Antiviral Effect and Nanocarriers Used for Their Transportation // *Front Pharmacol.* – 2021. – V. 12. – P. 723233. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.723233>
15. Newman D. J., Cragg G. M. Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 01/1981 to 09/2019 // *J. Nat. Prod.* – 2020. – V. 83, N 3. – P. 770–803. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01285>
16. Демидяк О. Л. Дослідження вмісту амінокислот у квітках хризантеми низькорослої *Chrysanthemum xhortorum* Bailey // *Фармац. журн.* – 2014. – № 5. – С. 77–82.

References

1. Dudenko N. V., Pavlotska L. F., Lazariyeva T. A. та ін. *Nutrytsiolohiia: navch. posib.* – Kharkiv: Svit Knyh, 2013. – 560 s.
2. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013. – 66 p. – URL: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>
3. Іосипенко О. О., Кисличенко В. С., Омельченко З. І. Вивчення амінокислотного складу листя кабачків // *Медична та клінічна хімія.* – 2020. – Т. 22, № 2. – С. 72–80.
4. Zimenkovskiy B. S., Muzychenko V. A., Nizhenkovska I. V., Syrova H. O. Біологічна і біоорганічна хімія: підручник у 2-х кн. Кн. 1 Біоорганічна хімія / За ред. Б. С. Зіменковського, І. В. Ніженковської. 3-тє вид. – К.: Медицина, 2022. – 272 с.
5. Гонський Я. І., Максимчук Т. П. Біохімія людини: підручник / За ред. Я. І. Гонського. 3-тє вид., випр. і доп. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2019. – 732 с.
6. Mykhailenko O., Ivanauskas L., Bezruk I., Lesyk R., Georgiyants V. Comparative Investigation of Amino Acids Content in the Dry Extracts of *Juno bucharica*, *Gladiolus Hybrid Zefir*, *Iris Hungarica*, *Iris Variegata* and *Crocus Sativus* Raw Materials of Ukrainian Flora // *Sci. Pharm.* – 2020. – V. 88, N 8. <https://doi.org/10.3390/scipharm88010008>
7. Глутамінова кислота. – URL: <https://mozdocs.kiev.ua/likiview.php?id=7205>

8. Holovchenko O. V. Alanin // Velyka ukrainska entsyklopediia. – URL: <https://vue.gov.ua/Аланін>
9. Urooj Ali, Muhammad Mustajab Khan, Naveera Khan et al. *Chimaphila umbellata*; a biotechnological perspective on the coming-of-age prince's pine basi // Phytochem. Rev. – 2024. – V. 23. – P. 229–244. <https://doi.org/10.1007/s11101-023-09880-1>.
10. Yue Yu, Alaa Elshafei, Xuedan Zheng et al. Chemical constituents of *Chimaphila japonica* Miq. // Biochemical Systematics and Ecology. – 2021. – V. 95. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104219>.
11. Pavlotska L. F., Dudenko N. V., Tsykhanovska I. V. ta in. Nutrytsiolohiia. Chastyna 1. Zahalna nutrytsiolohiia: navch. posib. – Kharkiv: UIPA, 2012. – 371 s.
12. Pavlotska L. F., Aksonova O. F., Skurikhina L. A. Nutrytsiolohiia ta kharchova bezpeka: navch. posib. – Kharkiv : KhDUKhT, 2020. – 132 s.
13. USMLE Step 1: Biochemistry and Medical Genetics: Lecture Notes / Ed. S. Turco, R. Lane, R. M. Harden. – New York: Kaplan, 2019. – 409 p.
14. Stan D., Enciu Ana-Maria, Mateescu A. L. et al. Natural Compounds With Antimicrobial and Antiviral Effect and Nanocarriers Used for Their Transportation // Front Pharmacol. – 2021. – V. 12. – P. 723233. <https://doi: 10.3389/fphar.2021.723233>
15. Newman D. J., Cragg G. M. Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 01/1981 to 09/2019 // J. Nat. Prod. – 2020. – V. 83, N 3. – P. 770–803. <https://doi: 10.1021/acs.jnatprod.9b01285>
16. Demydiak O. L. Doslidzhennia vmistu aminokyslot u kvitkakh khryzantemy nyzkorosloi *Chrysanthemum xhortorum* Bailey // Farmats. zhurn. – 2014. – № 5. – S. 77–82.

Надійшла до редакції 19 липня 2024 р.

Прийнято до друку 5 серпня 2024 р.

Електронна адреса для листування з авторами: i.vladimirova@niph.edu.ua
(Владимирова І. М.)