

## ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ ЖИРНИХ ТА АМІНОКИСЛОТ У ЛИСТІ ГРУШІ ЗВИЧАЙНОЇ СОРТУ ЛІСОВА КРАСУНЯ

Олена Новосел, Вікторія Кисличенко,  
Андрій Попик, Олена Іосипенко

Національний фармацевтичний університет України

**Вступ.** Однією з найпоширеніших груп біологічно активних речовин, що утворюються в рослинах, є амінокислоти, які зустрічаються в складі рослинних білків. Відомо, що вони необхідні для синтезу й метаболізму специфічних тканинних протеїнів, нуклеїнових і жовчних кислот, антигін, складних вуглеводів, ензимів, жирів, гормонів, антибіотиків, інших амінокислот, а також є необхідними для нормального функціонування органів і систем людського організму. Крім того, амінокислоти виконують унікальні функції: вони входять до складу попередників біоактивних сполук, нейромедіаторів, гормонів, є індукторами проліферативних реакцій, а також регуляторами імунної відповіді й іонної рівноваги в клітинах. Амінокислоти мають важливе значення для функціонування нервової системи, надаючи нейротрофічні та нейропротекторні ефекти. Так, гліцин, глутамінова й аспарагінова кислоти, виступаючи в ролі нейромедіаторів, діють на синаптичні рецептори, викликаючи збудження або гальмування нейронів [1, 3, 5, 7, 13, 18]. Валін, лейцин, ізолейцин і глутамін слугують джерелом енергії для клітин. Сірковмісні амінокислоти, такі як метіонін і цистеїн, є донорами сірки (SH- і SO<sub>2</sub> H-груп), достатній вміст якої в організмі сприяє повноцінному формуванню волосся, шкіри та нігтів людини. Ці амінокислоти беруть участь у формуванні вторинної структури білків за рахунок утворення дисульфідних містків [4, 7, 18]. Аланін є джерелом енергії для головного мозку та центральної нервової системи, а також бере участь у метаболізмі глюкози, регулюючи її рівень у крові. Незамінна α-амінокислота гістидин виконує ряд важливих функцій в організмі людини: входить до складу активних центрів багатьох ферментів, слугує субстратом для синтезу біологічно активних речовин, гормонів і деяких пігментів, бере участь у синтезі білків [18, 20]. Триптофан – активний учасник багатьох біологічних процесів, метаболізм якого істотно впливає на здоров'я людини [18]. Зміни концентрації триптофану в організмі пов'язані з онкологічними захворюваннями, інфекціями, стресом і депресією. Незамінна амінокислота фенілаланін за одним зі своїх основних шляхів метаболізму утворює тирозин, який, у свою чергу, використовується організмом для синтезу катехоламінів (дофамін, норадреналін, адреналін), йодтиронинів (тироксин, трийодтиронін) і пігменту меланіну. Умовно незамінна амінокислота таурин має антиоксидантну, прогизапальну та цитопротекторну дію. Нові дослідження свідчать про те, що таурин модулює та впливає на ріст і прогресування пухлини за допомогою різних механізмів, зокрема регуляції імунних реакцій, окисно-відновного гомеостазу та клітинного метаболізму [4, 16, 18].

Амінокислоти, їхні амідні та аміні мають не тільки важливе фізіологічне значення, а також унікальні фармакологічні властивості. У медицині їх широко застосовують для парентерального живлення (особливо в період реанімації), лікування захворювань органів травлення, анемії, опіків, виразки шлунку, нервово-психічних і епілептичних нападів, для фармакотерапевтичної корекції порушень органів гепатобіліарної системи та раку. Лікарські препарати, що містять амінокислоти, застосовують при передчасному старінні, уроджених і набутих порушеннях обміну речовин, негативному впливі на організм іонізуючого випромінювання, а також при гострому та хронічному отруєнні різними речовинами. Вони позитивно впливають на серцево-судинну та мозкову діяльність людини, сприяють відновленню роботи печінки й нирок, поліпшенню всмоктування, пролонгації терапевтичного ефекту та потенціюванню дії основних біологічно активних сполук рослинного походження [2, 5, 7, 8, 15, 18].

Таким чином, поширеність амінокислот у рослинах та їхня висока біологічна активність сприяють ефективній дії на організм людини як лікарської сировини, так і препаратів на її основі. Саме рослини є найбільшим джерелом амінокислот (майже 30 %), які перебувають у вільному або зв'язаному стані. Тому використання амінокислот у структурі профілактики та лікування багатьох захворювань набуває дедалі більшого значення в багатьох країнах, а дослідження в цьому напрямі виявляють нові функції амінокислот та їхній специфічний вплив на організм людини.

Не менш важливе значення для здоров'я людини мають есенціальні поліненасичені жирні кислоти, зокрема ω-6 і ω-3 [5, 6, 17]. Вони впливають на обмін речовин, роботу нервової системи, беруть участь в обміні жирів, сприяють зниженню рівня холестерину, запобігаючи розвитку атеросклерозу, знижують артеріальний тиск, покращують кровообіг, зменшують ризик розвитку анемії, перешкоджають розвитку запальних процесів. Ба більше, ці сполуки покращують трофіку клітин і тканин в організмі, стимулюють імунну систему, є попередниками простагландинів, позитивно впливають на ріст і нормальний розвиток дитячого організму [6]. Відомо, що ω-3 поліненасичені жирні кислоти збільшують плинність клітинних мембран, сприяють підвищенню кількості рецепторів та спорідненості інсуліну до них, збільшують кількість транспортерів глюкози, що може стати перспективним напрямком у лікуванні цукрового діабету.

Тому пошук перспективних рослинних джерел поліненасичених жирних кислот та амінокислот є актуальним напрямком фармацевтичної науки з метою створення ефективних вітчизняних лікарських засобів і дієтичних добавок на їх основі.

**Мета дослідження** – вивчити якісний склад та кількісний вміст аміно- та жирних кислот у листі груші звичайної сорту Лісова красуня, що широко культивується на території України.

**Матеріали та методи.** Як об'єкт дослідження нами були обрані листя груші звичайної сорту Лісова красуня, заготовлені в червні 2025 року на території Харківської області. Зібрану сировину висушували повітряно-тіньовим способом.

Дослідження жирнокислотного складу здійснювали хромато-мас-спектрометричним методом на газовому хроматографі Agilent Technologies 7890B з мас-спектрометричним детектором 5977В. Для одержання метилових естерів жирних кислот 500 мг подрібненого до порошкоподібного стану листа поміщали в скляну віалу та додавали реакційну суміш метанол–толуол–сульфатна кислота у співвідношенні (44:20:2) у кількості 3,3 мл на пробу та 1,7 мл розчину внутрішнього стандарту в гексані. Одержану пробу витримували за температури 80 °С протягом 2 год, охолоджували до кімнатної температури та центрифугували 10 хв при 5000 об/хв. Відбирали 0,5 мл верхнього гексанового шару, що містив метилові естери жирних кислот.

Хроматографування здійснювали за таких умов: капілярна колонка DB-5ms з довжиною 30 м × 250 мкм × 0,25 мкм, газ-носії – гелій; швидкість газу-носія – 1,0 мл/хв; об'єм проби – 0,5 мкл; поділ потоку – 1:5; температура блоку введення проб – 250 °С; температура нагрівача введення проби – 250 °С; температура термостату – від 50 до 320 °С зі швидкістю збільшення 4 град/хв; тип іонізації – електронний удар при енергії електронів 70 eV; діапазон масових чисел – 30–700 m/z. Ідентифікацію жирних кислот проводили шляхом порівняння з бібліотекою мас-спектрів у поєднанні з програмою NIST14. Відсотковий вміст ідентифікованих компонентів розраховували від їх загальної суми. Як внутрішній стандарт було використано розчин кислоти деканової [10, 11, 14].

Дослідження амінокислотного складу проводили методом іонообмінної рідинноколонної хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот ААА Т–339М виробництва «Мікротехн» (Чехія), обладнаному реєструючим фотоелементом. Для визначення суми амінокислот близько 100 мг подрібненої на порошок сировини поміщали на дно пробірки з вогнетривкого скла, додавали по 0,5 мл води очищеної та кислоти хлористоводневої концентрованої та охолоджували пробірку в суміші сухого льоду з диметилкетонем. Для запобігання окисненню амінокислот з пробірки за допомогою вакуумного насоса відкачували повітря. Гідроліз білків проводили кислотою хлористоводневою в термостаті за постійної температури +106 °С протягом 24 год. Після закінчення гідролізу пробірку охолоджували до кімнатної температури, розкривали, вміст кількісно переносили у скляний бюкс, який розміщали у вакуум-ексикаторі над гранульованим гідроксидом натрію, після чого з нього видаляли повітря за допомогою вакуумного насоса. Після висушування у бюкси додавали 3–4 мл деіонізованої води та повторювали процедуру висушування. Підготовлені зразки розчиняли у 0,3 N літій цитратному буфері рН 2,2 і наносили на іонообмінну колонку аналізатора амінокислот, заповнену катіонітом марки Ostion LGANB. Реєстрацію амінокислот у елюатах проводили методом детекції нінгідрином, який утворює з аміногрупою амінокислоти забарвлену сполуку гідриндантин з максимумом поглинання 560 нм (окрім сполук з проліном і оксипроліном, у яких максимум поглинання спостерігається при 440 нм).

Кількість мікромолей амінокислоти у досліджуваному зразку знаходили за відношенням площі піка амінокислоти в досліджуваному зразку до площі піка цієї ж самої амінокислоти в розчині стандартної суміші амінокислот, що відповідає одному мікромолю кількості кожної амінокислоти. Кількісний вміст амінокислоти в міліграмах розраховували, помноживши кількість мікромолей на молекулярну масу амінокислоти [9, 12, 19, 21].

**Результати та обговорення.** Результати визначення жирнокислотного складу листя груші звичайної сорту «Лісова красуня» наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1.** Якісний склад та кількісний вміст жирних кислот у листі груші звичайної сорту Лісова красуня

Назва жирної кислоти	Загальна формула	Кількісний вміст метилових естерів жирних кислот, % від загального вмісту
Пальмітинова кислота	C16:0	8,76 ± 0,23
Пальмітолеїнова кислота	C16:1	0,23 ± 0,06
Стеаринова кислота	C18:0	0,19 ± 0,05
Лінолева кислота	C18:2	42,38 ± 0,37
α-Ліноленова кислота	C18:3	46,51 ± 0,42
Арахідонова кислота	C20:0	1,32 ± 0,15
Генейкозанова кислота	C21:0	0,61 ± 0,09
Сума насичених жирних кислот		10,88
Сума ненасичених жирних кислот		89,12

Як видно з даних, наведених у таблиці 1, у листі груші звичайної сорту Лісова красуня виявлено 7 жирних кислот – 4 насичені та 3 ненасичені. З поміж ідентифікованих насичених кислот значний вміст встановлено для пальмітинової кислоти –  $8,76 \pm 0,23$  %. Домінантною ненасиченою жирною кислотою виявилася  $\alpha$ -ліноленова кислота, вміст якої у досліджуваній сировині склав  $46,51 \pm 0,42$  %. Незначно за вмістом  $\alpha$ -ліноленовій кислоті поступалася ліолева кислота, кількість якої у сировині становила  $42,38 \pm 0,37$  %. Найнижчий вміст з поміж насичених кислот мала стеаринова кислота ( $0,19 \pm 0,05$  %), а зпоміж ненасичених – пальмітолеїнова ( $0,23 \pm 0,06$  %). Слід зазначити, що за сумарним вмістом у листі груші звичайної сорту Лісова красуня значно переважали ненасичені жирні кислоти – 89,12 %.

Результати вивчення амінокислотного складу листя груші звичайної сорту Лісова красуня наведені в таблиці 2.

**Таблиця 2. Якісний склад і кількісний вміст амінокислот у листі груші звичайної сорту Лісова красуня**

Назва амінокислоти	Вміст, мг/100 г
Лейцин*	$4,98 \pm 0,10$
Ізолейцин*	$3,18 \pm 0,06$
Метіонін*	$0,72 \pm 0,01$
Фенілаланін*	$3,13 \pm 0,06$
Лізин*	$3,28 \pm 0,07$
Треонін*	$2,12 \pm 0,04$
Валін*	$3,02 \pm 0,06$
Тирозин**	$0,34 \pm 0,01$
Аспарагінова кислота	$5,79 \pm 0,12$
Глутамінова кислота	$6,58 \pm 0,13$
Серин**	$1,77 \pm 0,04$
Гліцин**	$2,81 \pm 0,06$
Аланін	$2,71 \pm 0,05$
Гістидин**	$2,87 \pm 0,06$
Аргінін	$3,09 \pm 0,06$
Цистеїн**	$0,56 \pm 0,01$

Примітки: \* – незамінні амінокислоти, \*\* - умовно незамінні амінокислоти

Як видно з даних, наведених у таблиці 2, у листі груші звичайної сорту Лісова красуня виявлено 16 амінокислот: 7 незамінних, 5 умовно незамінних та 4 замінних.

Встановлено, що у досліджуваній сировині у значній кількості містилися глутамінова ( $6,58 \pm 0,13$  %) та аспарагінова кислоти ( $5,79 \pm 0,12$  %), лейцин ( $4,98 \pm 0,10$  %), дещо менше – лізин ( $3,28 \pm 0,07$  %), ізолейцин ( $3,18 \pm 0,06$  %), фенілаланін ( $3,13 \pm 0,06$  %), аргінін ( $3,09 \pm 0,06$  %) та валін ( $3,02 \pm 0,06$  %). Цистеїн та тирозин ідентифіковано у мінорних кількостях ( $0,56 \pm 0,01$  % та  $0,34 \pm 0,01$  % відповідно). Слід зазначити, що за сумарним вмістом у листі груші звичайної сорту Лісова красуня незначно переважали замінні амінокислоти – 56,49 %.

З поміж незамінних амінокислот, які представляють найбільший інтерес для організму людини, за вмістом переважали лейцин ( $4,98 \pm 0,10$  %), лізин ( $3,28 \pm 0,07$  %) та фенілаланін ( $3,13 \pm 0,06$  %). На їх частку припадало близько 25 % загального вмісту амінокислот.

Слід зазначити, що вміст деяких незамінних амінокислот (лейцину, ізолейцину, лізину, фенілаланіну + тирозину, треоніну, валіну та гістидину) дещо перевищує рівень FAO/BOO3 (для дорослих) [12].

**Висновки.** Хромато-маса-спектрометричним методом досліджено жирнокислотний склад листя груші звичайної сорту «Лісова красуня». Ідентифіковано 7 жирних кислот, з яких виявлено 4 насичені (пальмітинова, стеаринова, арахідонова та генейкозанова кислоти) та 3 ненасичені ( $\alpha$ -ліноленова, ліолева, пальмітолеїнова кислоти). З поміж ненасичених жирних кислот домінувала  $\alpha$ -ліноленова кислота, а з поміж насичених – пальмітинова.

Методом іонообмінної рідинно-колонної хроматографії досліджено амінокислотний склад листя груші звичайної сорту «Лісова красуня». Ідентифіковано 16 амінокислот, з поміж яких домінували глутамінова, аспарагінова кислоти та лейцин.

Проведені дослідження підтверджують перспективність подальшого фітохімічного дослідження листя груші звичайної сорту «Лісова красуня» та можливість використання сировини рослини як джерела аміно- та жирних кислот.

**Фінансування проведених досліджень:** за рахунок фізичних осіб.

**Конфлікт інтересів:** Вікторія Кисличенко є членом редакційної колегії цього журналу.

## Study of the composition of fatty and amino acids in the Common Pear leaves of Lisova Krasunya variety Olena Novosel, Viktoriia Kyslychenko, Andrii Popyk, Olena Iosypenko

**Introduction.** One of the most common groups of biologically active substances formed in plants is amino acids, which are found in plant proteins. They are known to be necessary for the synthesis and metabolism of specific tissue proteins, nucleic acids, bile acids, antibodies, complex carbohydrates, enzymes, fats, hormones, antibiotics, and other amino acids, and for the normal functioning of organs and systems of the human body. In medicine, they are widely used for parenteral nutrition (especially during resuscitation), treatment of diseases of the digestive system, anemia, burns, stomach ulcers, neuropsychiatric and epileptic seizures, for pharmacotherapeutic correction of disorders of the hepatobiliary system, and cancer. Medicines containing amino acids are used for premature aging, congenital and acquired metabolic disorders, the negative effects of ionizing radiation on the body, and acute and chronic poisoning with various substances. They have a positive effect on human cardiovascular and brain activity, promote the restoration of liver and kidney function, improve absorption, prolong the therapeutic effect, and potentiate the action of the main biologically active compounds of plant origin. Plants are the largest source of amino acids (almost 30%), which are found in a free or bound state. Therefore, the use of amino acids in the prevention and treatment of many diseases is becoming increasingly important in many countries, and research in this area is revealing new functions of amino acids and their specific effects on the human body. Essential polyunsaturated fatty acids, in particular  $\omega$ -6 and  $\omega$ -3, are no less important for human health. They affect metabolism and nervous system function, participate in fat metabolism, help lower cholesterol levels, prevent the development of atherosclerosis, lower blood pressure, improve blood circulation, reduce the risk of anemia, and prevent inflammation. Moreover, these compounds improve cellular and tissue trophism, stimulate the immune system, serve as precursors of prostaglandins, and positively affect the growth and normal development of the child's body. It is known that omega-3 polyunsaturated fatty acids increase the fluidity of cell membranes, increase the number of receptors and the affinity of insulin for them, and increase the number of glucose transporters, which may represent a promising direction in the treatment of diabetes mellitus. Therefore, the search for promising plant sources of polyunsaturated fatty acids and amino acids is a relevant direction in pharmaceutical science, aimed at developing effective domestic medicines and dietary supplements based on them. The **aim** of the study was to investigate the qualitative composition and quantitative content of amino and fatty acids in the leaves of the common pear variety Lisova Krasunya, which is widely cultivated in Ukraine. **Materials and methods.** We selected leaves of the common pear variety Lisova Krasunya, harvested in June 2025 in the Kharkiv region, as the object of our study. The fatty acid composition was studied using a gas chromatograph (Agilent Technologies 7890B) with a mass spectrometric detector (5977 B). The amino acid composition was studied using ion-exchange liquid column chromatography on an AAA T-339M automatic amino acid analyzer manufactured by Microtechn (Czech Republic) and equipped with a recording photocell. **Results and discussion.** Seven fatty acids were found in the leaves of the common pear variety Lisova Krasunya: four saturated and three unsaturated. Among the identified saturated acids, a significant content was found for palmitic acid –  $8.76 \pm 0.23\%$ . The predominant unsaturated fatty acids were  $\alpha$ -linolenic ( $46.51 \pm 0.42\%$ ) and linoleic ( $42.38 \pm 0.37\%$ ). The lowest content among saturated acids was stearic acid ( $0.19 \pm 0.05\%$ ), and among unsaturated acids – palmitoleic acid ( $0.23 \pm 0.06\%$ ). It should be noted that unsaturated fatty acids significantly prevailed in the total content of the leaves of the common pear variety Lisova Krasunya –  $89.12\%$ . Sixteen amino acids were found in the leaves of the common pear variety Lisova Krasunya: 7 essential, 5 conditionally essential, and 4 replaceable. The raw material studied contained significant amounts of glutamic and aspartic acids, leucine, and slightly lower levels of lysine, isoleucine, phenylalanine, arginine, and valine. Cysteine and tyrosine were identified in minor amounts. It should be noted that, in terms of total content in the leaves of the common pear variety Lisova Krasunya, replaceable amino acids slightly prevailed –  $56.49\%$ . Among the essential amino acids, which are of greatest interest to the human body, leucine ( $4.98 \pm 0.10\%$ ), lysine ( $3.28 \pm 0.07\%$ ), and phenylalanine ( $3.13 \pm 0.06\%$ ) predominated in terms of content. They accounted for about 25% of the total amino acid content. It should be noted that the content of some essential amino acids (leucine, isoleucine, lysine, phenylalanine + tyrosine, threonine, valine, and histidine) slightly exceeds the FAO/WHO level (for adults). **Conclusions.** The fatty acid composition of leaves of the common pear variety Lisova Krasunya was studied using chromatography-mass spectrometry. Seven fatty acids were identified, of which four were saturated (palmitic, stearic, arachidonic, and heneicosanoic acids) and three were unsaturated ( $\alpha$ -linolenic, linoleic, and palmitoleic acids). Among the unsaturated fatty acids,  $\alpha$ -linolenic acid dominated, and among the saturated fatty acids, palmitic acid dominated. The amino acid composition of the leaves of the common pear variety Lisova Krasunya was studied using ion-exchange liquid chromatography. Sixteen amino acids were identified, among which glutamic, aspartic acids, and leucine dominated. The studies confirm the promise of further phytochemical research on the leaves of the common pear variety Lisova Krasunya and the possibility of using the plant's raw materials as a source of amino and fatty acids.

**Keywords:** common pear, Lisova Krasunya variety, leaves, fatty acids, amino acids.

### References:

1. Adebayo A, Varzideh F, Wilson S et al. L-Arginine and COVID-19: An Update. *Nutrients*. 2021. 13(11). 1-9. <https://doi.org/10.3390/nu13113951>

2. Amin A, Frampton J, Liu Z et al. Differential effects of L- and D-phenylalanine on pancreatic and gastrointestinal hormone release in humans: A randomized crossover study / Anjali Amin *Diabetes, Obesity and Metabolism*. 2021. 23(1). 147–157. <https://doi.org/10.1111/dom.14204>
3. Ayon N. Features, roles and chiral analyses of proteinogenic amino acids. *AIMS Molecular Science*. 2020. 7(3). 229-268. <https://doi.org/10.3934/molsci.2020011>
4. Bo T, Fujii J. Primary roles of branched chain amino acids (BCAAs) and their metabolism in physiology and metabolic disorders. *Molecules*. 2024. 30(1). 56. <https://doi.org/10.3390/molecules30010056>
5. Cazarin CBB, Bicas JL, Pastore GM, Marostica MRJ. Bioactive food components activity in mechanistic approach. London: Academic Press. 2021. 555. <https://doi.org/10.1016/C2019-0-05482-9>
6. De Cillis F, Begni V, Genini P et al. Restoring balance: the role of omega-3 polyunsaturated fatty acids on the gut-brain axis and other interconnected biological pathways to improve depression. *Nutrients*. 2025. 17(21). 125-138. <https://doi.org/10.3390/nu17213426>
7. Du S, Wey M, Armstrong DW. D-amino acids in biological systems. *Chirality*. 2023. 35(9). 508-534. <https://doi.org/10.1002/chir.23562>
8. Fayom SI, Erukainure OL, Msom NZ. The essentiality of amino acids in healthiness and disease state: type ii diabetes as a case study. *Food science & nutrition*. 2025. 13(6). e70346(1-19). <https://doi.org/10.1002/fsn3.70346>
9. Fedosov A. I. Study of the amino acid composition of artichoke inflorescences. *Pharmaceutical Journal*. 2017. 3. 25–30. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2017.3.8123>
10. Fedosov AI, Kyslychenko VS, Novosel OM. Determination of fatty acid composition of garlic leaves and bulbs. *Medical and Clinical Chemistry*. 2017. 19(4). 5–9. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2017.v0.i4.8334>
11. Iosypenko O, Kyslychenko V, Omelchenko Z, Burlaka I. Fatty acid composition of vegetable marrows and zucchini leaves. *Pharmacia*. 2019. 66(4). 201-207. <https://doi.org/10.3897/pharmacia.66.e37893>
12. Iosypenko OO, Kyslychenko VS, Omelchenko ZI. Study of the amino acid composition of zucchini leaves. *Medical and Clinical Chemistry*. 2020. 2. 72-80. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2020.v.i2.11363>
13. Kim HS, Hassan AHE, Moon K, Sim J. Natural products targeting the metabolism of amino acids: from discovery to synthetic development. *Natural Product Reports*. 2025. 42(9). 1575–1621. <https://doi.org/10.1039/D5NP00039D>
14. Kyslychenko OA., Protska VV, Zhuravel IO. The studies of fatty acids of the thalloms of *Parmelia perlata*. *Phytotherapy*. 2017. 4. 40-43. <https://www.phytotherapy.vernadskyjournals.in.ua/journal/2017/4/10.pdf>
15. Lee SG, Yim YS, Lee YH et al. Fasting serum amino acids concentration is associated with insulin resistance and pro-inflammatory cytokines / Sang-Guk Lee *Diabetes Res Clin Pract*. 2018 140. P. 107-117. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.03.028>
16. Liu R, Li X, Hua Z et al. Taurine and cancer: biological properties and multifaceted roles in cancer progression. *Biochimica et biophysica acta. Reviews on Cancer*. 2025. 1880(5). 189403. <https://doi.org/10.1016/j.bbcan.2025.189403>
17. Mocking RJ, Harmsen I, Assies J et al. Meta-analysis and meta-regression of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for major depressive disorder. *Translational Psychiatry*. 2016. 6(3). e756(1–6). <https://doi.org/10.1038/tp.2016.29>
18. Petkova D, Stoyanova S, Dinkov G et al. Beyond protein building blocks: a review of biological roles and therapeutic potential of free amino acids. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. 26(23) 11-38. <https://doi.org/10.3390/ijms262311264>
19. Pinkevych VO, Zhuravel IO, Burda NYe. Research of amino acid composition of *Matthiola bicornis* (Sibth. & Sm.) DC. Queen of the night cultivar raw materials. *Medical and Clinical Chemistry*. 2020. 22(3). 48-53. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2020.v.i3.11533>
20. Sarab MA, Wafaa FR, Fatin FA, Baqer KhH. Histidine and humans disease. *Diyala Journal of Medicine*. 2022. 22. 12-23. <https://doi:10.26505/DJM.22016150715>
21. Sorochan OO, Shtemenko NI. Methods of amino acid analysis: teaching and methodological manual. Dnipro: RVV DNU. 2005. 60. <https://www.biochemistry-dnu.dp.ua/wp-content/downloads/metodichki/dyomshina-aminoacid-analys-metod2005.pdf>