

## ВИВЧЕННЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ ТА КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ АМІНОКИСЛОТ У СИРОВИНІ ЦЕЛОЗІЇ ГРЕБІНЧАСТОЇ

Дейнека А. С., Процька В. В., Журавель І. О.

Національний фармацевтичний університет, м.  
Харків

### Актуальність

Амінокислоти – органічні сполуки, які у своїй структурі містять карбоксильну та аміногрупу. Вони є основною складовою для синтезу білків та є важливим джерелом нітрогену для організму. Деякі амінокислоти виконують роль сигнальних молекул, які регулюють експресію генів та процес фосфорилування білкових груп [1]. Багато амінокислот мають виражену біологічну дію і використовуються у терапії багатьох захворювань [2]. Відомо, що ці сполуки мають антиоксидантну, гепатопротекторну, гіпоглікемічну, антигельмінтну, противірусну, протигрибкову дію [3-5]. Їх використовують у комплексній терапії серцевої недостатності, циститу, захворювань жовчного міхура та печінки, остеопорозу, радикуліту, артриту, анемії, герпесу, рахіту, діабету, пневмонії та неврастенії [2-6]. Такі амінокислоти як гліцин, валін, треонін та триптофан здатні підвищувати стресостійкість та опірність організму до несприятливих факторів навколишнього середовища, проявляють адаптогенні та заспокійливі властивості [2, 3]. Гістидин, валін, лейцин нормалізують обмін речовин, стимулюють еритропоєз, регулюють рівень цукру в крові [2, 6]. Треонін та глютамін сприяють зміцненню кісткової тканини, зменшують прояви розсіяного склерозу [2-4, 6].

Целозія гребінчаста (*Celosia cristata* (L.) Kuntze) є одним із 60 представників роду Целозія (*Celosia* L.), родини Амарантові (*Amaranthaceae* L.). Деякі науковці характеризують її як підвид целозії сріблястої [7, 8], інші автори виділяють цю рослину в окремий вид [9-11]. Целозія гребінчаста має унікальні, яскраві суцвіття різних відтінків жовтого, жовтогарячого та червоного кольорів, через що вона здобула особливу популярність як декоративна рослина в усьому світі [7, 12, 13]. Її природний ареал охоплює Західну Африку, Північну Америку та Південно-Східну Азію [8-10]. У цих регіонах надземні частини целозії гребінчастої використовують при лікуванні гіпертензії, дизентерії, кашлю, кон'юнктивіту, інфекцій ротової порожнини, менструальних болей, аменореї, кишкових, легневих та гемороїдальних кровотеч [8]. Численні фармакологічні дослідження свідчать, що целозія гребінчаста проявляє протидіабетичну, протизапальну, антиоксидантну, протимікробну, протидіарейну, антигельмінтну, гепатопротекторну та імуностимулювальну активність [10, 14].

Хімічний склад целозії гребінчастої, за даними літератури, представлений сапонінами, флавоноїдами, беталаїнами, амінокислотами [7, 15].

У траві целозії гребінчастої китайські вчені ідентифікували аспарагін, гіалуронову кислоту, флавоноїди кристастаїн і тлатланкуайн [16, 17]. Листя рослини у період цвітіння накопичують глікопротеїни. Із суцвіть целозії гребінчастої були виділені нітрогенвмісні пігменти бетаціаніни та бетаксантини (целосіанін I та целосіанін II) [10, 11, 15]. Відомо також, що у квітках містяться вуглеводи, амінокислоти та фенольні сполуки. [11, 18]. Із насіння цієї рослини було виділено сапоніни кристаїн, целозин А, целозин В, целозин С та целозин D, семенозид А, глікопротеїни,  $\beta$ -ситостерин та стигмастерол [10, 15]. Крім того, насіння цієї рослини містять сполуки фенольної (5,7-диметоксифлавонон, кохліофілін А, кемпферол та кверцетин) [11] та стероїдної (стигмастерол,  $\beta$ -ситостерин, целозини А, В, С, D, кристатин, семенозид А) природи [16].

Амінокислотний склад окремих органів целозії гребінчастої було досліджено південноафриканськими, індійськими та китайськими вченими [9, 10].

За даними дослідників із ПАР у листі целозії гребінчастої накопичувалося 5,17 % протеїну. Дослідження амінокислотного складу цієї сировини дозволило ідентифікувати 9 незамінних амінокислот (аргінін, гістидин, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, треонін та валін). Серед ідентифікованих амінокислот превалювали аргінін, гістидин, валін та лізин, вміст яких був майже однаковий і знаходився в межах 6,42-6,69 г/100 г [9].

Індійські вчені методом ВЕРХ у квітках целозії гребінчастої ідентифікували 12 амінокислот, серед яких 10 незамінних амінокислот (гістидин, треонін, валін, метіонін, триптофан, фенілаланін, ізолейцин, лейцин, лізин та аргінін). У цій сировині домінували триптофан (26,29 мг/100 г) та аргінін (22,43 мг/100 г). Крім того, квітки целозії гребінчастої, вирощеної в Індії, містили значну кількість треоніну (19,08 мг/100 г), лізину (17,81 мг/100 г), аланіну (16,41 мг/100 г) та валіну (14,07 мг/100 г) [10].

У зразках листя та насіння целозії сріблястої китайського походження за допомогою автоматичного аналізатора амінокислот було ідентифіковано 20 амінокислот, серед яких було 11 замінних та 9 незамінних амінокислот. Встановлено, що у листі целозії сріблястої загальний вміст амінокислот становив 131,87 мг/г, з яких 42,85 % припадало на незамінні амінокислоти. При цьому, вміст аспарагінової кислоти був близько 10,95 мг/г, вміст глютамінової кислоти коливався від 15,75 мг/г до 20,25 мг/г [18].

Численні дослідження показали, що географічні та кліматичні умови зростання рослин, зокрема, температура зовнішнього середовища, рельєф місцевості, кількість інсоляції та едафічні фактори впливають на життєві цикли рослин. Екологічна мінливість змінює перебіг біохімічних процесів у рослинних організмах, які протікають з деякими відмінностями, що в свою чергу провокує варіабельність якісного складу та кількісного вмісту первинних та вторинних метаболітів [19]. Для

поглибленого вивчення хімічного складу актуальним було проведення дослідження амінокислотного складу коренів, листя, трави, квіток та насіння целозії гребінчастої українського походження.

### Мета дослідження

Метою роботи було дослідження амінокислотного складу коренів, листя, трави, квіток та насіння целозії гребінчастої.

### Матеріали і методи

Для проведення експерименту використовували висушені та подрібнені корені, листя, траву, квітки та насіння целозії гребінчастої. Сировину заготовляли у 2019-2021 р.р. у Харківській області.

Ідентифікацію та визначення кількісного вмісту амінокислот проводили методом іонообмінної рідинно-колонкової хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т 339 в гідролізатах досліджуваних видів сировини целозії гребінчастої. До 1,0 г (точна наважка) сировини додавали 6 н розчин хлористоводневої кислоти. Одержану суміш охолоджували у потоці рідкого азоту. Після замерзання вмісту пробірки, з неї видаляли повітря під вакуумом, запаювали і витримували протягом доби в термостаті при температурі 106°C. Потім вміст пробірки охолоджували, хлористоводневу кислоту випарювали на водяній бані. До сухого залишку додавали 3-4 мл деіонізованої води та продовжували упарювання. Одержаний зразок розчиняли у 0,3 н літій-цитратному буфері з рН 2,2 і наносили на іонообмінну колонку аналізатора амінокислот, катіонообмінник якої попередньо врівноважували буферним розчином натрію цитрату або літійу цитрату. Розділення амінокислот проводили на дрібнозернистих катіонообмінниках сферичної форми, виготовлених із стиrolу і дивінілбензолу з функціональною сульфатною групою [20, 21].

Принцип роботи автоматичного аналізатора амінокислот полягає у проведенні всіх операцій в безперервному потоці елюенту. На виході з колонки за допомогою мікронасоса елюат змішувався з нінгідриним реактивом. Одержана суміш по капілярній трубці подавалась у реактор, нагрітий до 95 – 98°C. Далі вона надходила в проточну кювету для фотоколориметричного вимірювання інтенсивності одержаного забарвлення за довжини хвилі 440 або 560 нм. Сигнали фотоелемента реєструвались самописним потенціометром у вигляді хроматограм. Площа піків на хроматограмах розраховувалась і порівнювалась з площею піків амінокислот з відомою концентрацією, на основі чого обчислювалась абсолютна кількість кожної амінокислоти в аналізованому зразку [20, 21].

Вміст амінокислоти в мкМ ( $X_1$ ) розраховували за формулою:

$$X_1 = S_1 / S_0,$$

де

$S_1$  – площа піку амінокислоти в досліджуваному зразку;

$S_0$  – площа піку амінокислоти в розчині стандартних амінокислот, кількість кожної амінокислоти в якому відповідає 1 мкМ.

Для вираження вмісту у мг одержану кількість мкМ амінокислоти множили на відповідну їй молекулярну масу [20, 21].

### Результати та їх обговорення

У результаті аналізу у коренях, листі, траві, квітках та насінні целозії гребінчастої було ідентифіковано та визначено вміст 18 амінокислот. Серед ідентифікованих амінокислот 9 було віднесено до незамінних. Якісний склад та кількісний вміст амінокислот у сировині целозії гребінчастої наведено у табл. 1.

Таблиця 1 Якісний склад та кількісний вміст амінокислот у сировині целозії гребінчастої

Амінокислота	Вміст у сировині целозії гребінчастої, мг/г				
	корені	листя	трава	квітки	насіння
Замінні амінокислоти					
ГАМК	0,41 ± 0,01	1,20 ± 0,03	0,58 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,19 ± 0,01
Аспарагінова кислота	2,64 ± 0,07	9,66 ± 0,24	7,62 ± 0,19	8,05 ± 0,20	9,82 ± 0,25
Серин	0,77 ± 0,02	5,06 ± 0,13	3,78 ± 0,09	3,84 ± 0,10	5,50 ± 0,14
Глутамінова кислота	3,19 ± 0,08	13,23 ± 0,33	10,07 ± 0,25	10,39 ± 0,26	20,92 ± 0,52
Пролін	3,40 ± 0,09	4,93 ± 0,12	3,27 ± 0,08	2,77 ± 0,07	5,10 ± 0,13
Гліцин	1,18 ± 0,03	6,17 ± 0,15	4,55 ± 0,11	4,62 ± 0,12	7,81 ± 0,20
Аланін	1,52 ± 0,04	6,63 ± 0,17	4,40 ± 0,11	4,03 ± 0,10	5,29 ± 0,13
Цистеїн	0,16 ± 0,01	1,55 ± 0,04	0,81 ± 0,02	0,65 ± 0,02	1,42 ± 0,04
Тирозин	0,56 ± 0,02	2,88 ± 0,07	2,15 ± 0,05	2,28 ± 0,06	3,51 ± 0,09
Незамінні амінокислоти					
Лізін	1,47 ± 0,04	5,70 ± 0,14	4,15 ± 0,10	4,10 ± 0,10	5,17 ± 0,13
Гістидин	0,29 ± 0,01	1,90 ± 0,05	1,54 ± 0,04	1,71 ± 0,04	2,50 ± 0,06
Аргінін	1,37 ± 0,03	3,42 ± 0,09	3,53 ± 0,09	3,91 ± 0,10	9,65 ± 0,24
Треонін	0,33 ± 0,01	4,41 ± 0,11	3,03 ± 0,08	2,88 ± 0,07	3,84 ± 0,10
Валін	0,90 ± 0,02	3,26 ± 0,08	2,16 ± 0,05	2,03 ± 0,05	2,73 ± 0,07

Метіонін	0,12 ± 0,01	1,43 ± 0,04	0,95 ± 0,02	0,99 ± 0,02	2,39 ± 0,06
Ізолейцин	0,85 ± 0,02	2,57 ± 0,06	1,75 ± 0,04	1,73 ± 0,04	2,26 ± 0,06
Лейцин	1,88 ± 0,05	7,33 ± 0,18	4,64 ± 0,12	4,12 ± 0,10	5,69 ± 0,14
Фенілаланін	1,00 ± 0,03	4,28 ± 0,11	2,85 ± 0,07	2,68 ± 0,07	3,62 ± 0,09
Сума незамінних амінокислот	8,21 ± 0,21	34,30 ± 0,86	24,59 ± 0,61	24,15 ± 0,60	37,85 ± 0,95
Сума ідентифікованих амінокислот	22,04 ± 0,55	85,61 ± 2,14	61,71 ± 1,55	60,95 ± 1,52	97,40 ± 2,44

Результати експерименту показали, що у листі та насінні целозії гребінчастої накопичувалася максимальна кількість амінокислот – 85,61 ± 2,14 мг/г та 97,40 ± 2,44 відповідно. У траві (61,71 ± 1,55 мг/кг) і та квітках (60,95 ± 1,52 мг/кг) цієї рослини амінокислот накопичувалося майже у 1,5 рази менше. Найменше досліджуваних БАР містилося у коренях (22,04 ± 0,55 мг/г) целозії гребінчастої. При цьому, на вміст незамінних амінокислот в усіх досліджуваних зразках сировини припадало близько 40 %.

Вміст суми незамінних амінокислот у листі та насінні целозії гребінчастої відрізнявся не значно і становив 34,30 ± 0,86 та 37,85 ± 0,95 мг/г. У траві та квітках їх вміст був майже однаковий.

Домінуючими амінокислотами у листі, траві, квітках та насінні целозії гребінчастої були аспарагінова та глутамінова кислоти, у коренях – пролін. Вміст аспарагінової кислоти у досліджуваних зразках не перевищував 9,82 мг/г. Максимальний вміст глутамінової кислоти було зафіксовано у насінні целозії гребінчастої – 20,92 ± 0,52 мг/г. Найбільше проліну містилося у листі (4,93 ± 0,12 мг/г) та коренях (3,40 ± 0,09 мг/г) досліджуваної рослини.

Крім того, у листі, траві, квітках та насінні целозії гребінчастої у значній кількості містилися гліцин та аланін. Вміст гліцину у цих об'єктах коливався від 4,55 до 7,81 мг/г. Найвищий вміст аланіну зафіксовано у листі целозії гребінчастої – 6,63 мг/г.

Серед незамінних амінокислот у коренях, листі траві та квітках целозії гребінчастої превалював лейцин. Вміст цієї сполуки був у межах 1,88-7,33 мг/г. У насінні мажоритарною незамінною амінокислотою був аргінін, вміст якого становив 9,65 ± 0,24 мг/г. У листі, траві, квітках та насінні відмічено високий вміст лізину – від 4,10 до 5,70 мг/г. У листі виявлено 4,41 ± 0,11 мг/г треоніну.

Порівнявши одержані результати з даними літератури стосовно амінокислотного складу сировини целозії гребінчастої, суттєвих відмінностей та протиріч не виявлено.

Відмічено, що у досліджуваних південноафриканськими вченими [9] та наших зразках листя целозії гребінчастої вміст лізину, треоніну, метіоніну та фенілаланіну був майже на одному рівні. Гістидину у листі целозії гребінчастої, що досліджувалося вченими з ПАР, накопичувалося у 3,5 рази, аргініну, ізолейцину та валіну – майже вдвічі більше, ніж в об'єктах українського походження. При цьому, лейцину в досліджених

нами зразках листя целозії гребінчастої містилося майже в 1,5 рази більше, ніж у зразках, які вивчалися в ПАР [9].

У квітках целозії гребінчастої, дослідженої в Індії [10], містилася незамінна амінокислота триптофан, якої не виявлено нами в українських зразках квіток цієї рослини. Порівнюючи результати вмісту ідентифікованих амінокислот у зразках квіток целозії гребінчастої, отриманими індійськими вченими [10], з нашими результатами, відмічено, що вміст ідентифікованих амінокислот в українських зразках сировини значно перевищував їх вміст у сировині, що досліджувалась в Індії [10]. Так, домінуючих у квітках целозії гребінчастої українського походження, лізину та лейцину накопичувалося у сировині, що досліджувалась індійськими науковцями [10], у 23 та 35 разів менше відповідно. В той же час, вміст домінуючих в сировині, що досліджувалась в Індії, аргініну та треоніну у наших об'єктах містилося у 15-17 разів більше [10].

За даними досліджень китайських вчених, у листі та насінні целозії сріблястої містилися L-орнітин та сульфурвмісна амінокислота цистин [18], яких не виявлено у зразках листя та насіння целозії гребінчастої у ході наших досліджень. Загальний вміст амінокислот у листі целозії сріблястої, що вивчалася у Китаї [18], був майже вдвічі вищий, ніж у траві целозії гребінчастої, вирощеної в Україні. При чому, співвідношення між незамінними та замініними амінокислотами у обох зразках було майже однаковим. Відмічено, що у листі целозії сріблястої, дослідженої китайськими науковцями [18], вміст глутамінової та аспарагінової кислот у 1,5-2 рази перевищував вміст цих сполук у наших зразках листя целозії гребінчастої.

## Висновки

Методом іонообмінної рідинно-колонкової хроматографії в коренях, листі, траві, квітках та насінні целозії гребінчастої ідентифіковано по 18 амінокислот, з яких 9 було віднесено до незамінних. Найбільша кількість амінокислот накопичувалася у листі та насінні цієї рослини – 85,61 ± 2,14 та 97,40 ± 2,44 мг/г відповідно. Близько 40 % від загального вмісту амінокислот в усіх досліджуваних зразках сировини целозії гребінчастої припадало на незамінні амінокислоти.

Серед незамінних амінокислот у коренях, листі, траві та квітках целозії гребінчастої превалював лейцин, вміст якого коливався від 1,88 до 7,33 мг/г. У насінні целозії гребінчастої домінував аргінін (9,65 ± 0,24 мг/г).

Одержані результати аналізу не суперечать інформації, знайденої в літературі, стосовно амінокислотного складу сировини целозії гребінчастої, а уточнюють і доповнюють її. Експериментальні дані свідчать про перспективність використання сировини целозії гребінчастої як потенційного джерела лікарських рослинних засобів на основі амінокислот.

### Study of qualitative composition and quantitative content of amino acids in medicinal herbal drugs of *Celosia cristata* (L.) Kuntze

Alina Deyneka, Viktoriia Protska, Iryna Zhuravel

**Introduction.** *Celosia cristata* (L.) Kuntze is one of 60 members of the genus *Celosia* L., family *Amaranthaceae* L. It is used in traditional medicine in West Africa, North America and Southeast Asia to treat hypertension, dysentery, cough, conjunctivitis, oral infections, menstrual cramps, amenorrhea, intestinal, pulmonary and hemorrhoidal bleeding. The chemical composition of *Celosia cristata* (L.) Kuntze, according to the literature, is represented by saponins, flavonoids, betalains, amino acids. The amino acid composition of some organs of *Celosia cristata* (L.) Kuntze has been studied by Iraqi, Indian and Chinese scientists. Numerous studies have shown that climatic conditions of plant growth and edaphic factors affect the course of biochemical processes and provoke variability in the qualitative composition and quantitative content of BAC, including amino acids in medicinal herbal drugs of *Celosia cristata* (L.) Kuntze. Therefore, the study of Ukrainian samples of medicinal herbal drugs of *Celosia cristata* (L.) Kuntze is relevant. **The aim of the work** was a comparative study of the qualitative composition and determination of the quantitative content of amino acids in the roots, leaves, herb, flowers and seeds of *Celosia cristata* (L.) Kuntze. **Materials and methods.** Dried and crushed roots, leaves, herb, flowers and seeds of *Celosia cristata* (L.) Kuntze were used to study the amino acid composition. Raw materials were harvested in 2019-2021 in the Kharkiv region. Identification and quantification of amino acids was performed by ion-exchange liquid-column chromatography on an automatic amino acid analyzer T 339. **Results and discussion.** As a result of the analysis, the content of 18 amino acids in the roots, leaves, herb, flowers and seeds of *Celosia cristata* (L.) Kuntze was identified and determined, of which 9 are essential. According to the results of the experiment, it was found that the maximum amount of amino acids accumulated in the leaves ( $85.61 \pm 2.14$  mg / g) and seeds ( $97.40 \pm 2.44$  mg / g) of *Celosia cristata* (L.) Kuntze. In the herb and flowers of this plant their content was almost 1.5 times lower. It was noted that the content of essential amino acids accounted for about 40% of the total amount of identified compounds, which was characteristic of all studied samples of medicinal herbal drugs of *Celosia cristata* (L.) Kuntze. Equally high levels of essential amino acids were recorded in the leaves and seeds of *Celosia cristata* (L.) Kuntze. Essential amino acids in this raw material accumulated from 34.30 to 37.85 mg / g. In herb and flowers, their content did not

differ significantly and was almost 1.5 times lower than in the seeds of the studied plant. Glutamic and aspartic acids predominated in the leaves, herb, flowers and seeds of *Celosia cristata* (L.) Kuntze, where they accumulated up to 10 and 21 mg / g, respectively. Most of these amino acids were contained in the seeds of *Celosia cristata* (L.) Kuntze. The roots of this plant were dominated by Proline ( $3.40 \pm 0.09$  mg / g). Among the essential amino acids in the roots, leaves, herb and flowers of *Celosia cristata* (L.) Kuntze leucine prevailed. The content of this compound varied depending on the type of raw material from 1.88 mg / g in the roots to 7.33 mg / g in the leaf of *Celosia cristata* (L.) Kuntze. Arginine ( $9.65 \pm 0.24$  mg / g) was the dominant essential amino acid in the seeds. Leaves, herb, flowers and seeds have a high content of lysine – from 4.10 to 5.70 mg / g.  $4.41 \pm 0.11$  mg / g of threonine were detected in the leaf. **Conclusions.** Experimental data indicate the prospects for the use of medicinal herbal drugs of *Celosia cristata* (L.) Kuntze as a potential source of herbal medicines based on amino acids.

**Keywords:** *Celosia cristata* (L.) Kuntze, *Amaranthaceae* L., amino acids, ion-exchange liquid-column chromatography.

### References

1. Sari N., Arslan S., Loğoğlu E. & Sakiyan I. (2003). Antibacterial activities of some new amino acid-schiff bases. *G.U.-J. Sci.*, 16 (2), 283-288.
2. Nisreen H., Trak T. H. & Lata M. (2019). Amino acids as Medical food and their Therapeutic uses. *International Journal of Scientific Research and Reviews.*, 8 (2), 579-585.
3. Hou Y., Yin Y. & Wu G. (2015). Dietary essentiality of "nutritionally non-essential amino acids" for animals and humans. *Exp Biol Med* (Maywood), 240(8), 997-1007. <https://doi.org/10.1177/1535370215587913>
4. Hou Y. & Wu G. (2018). Nutritionally Essential Amino Acids. *Adv Nutr.*, 9(6), 849-851. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy054>
5. Adegbaju O. D., Otunola G. A. & Afolayan A. J. (2019). Proximate, mineral, vitamin and anti-nutrient content of *Celosia argentea* at three stages of maturity. *South African Journal of Botany*, 124, 372-379. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.036>
6. Riaz N. N., Fazal-ur-Rehman M. & Ahmad M. M. (2017). Amino Acids: Role in Human Biology and Medicinal Chemistry - A Review. *Medicinal Chemistry*, 7(10), 302-307. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0444.1000472>
7. Surse S. N., Shrivastava B., Sharma P., Sharma J. & Gide P. S. (2014). Pharmacognostic Standardisation of Whole Plant of *Celosia argentea* var. *cristata* (L.). *International Journal for Pharmaceutical Research Scholars*, 3 (3), 387-392.
8. Gaibimej P., Yousuf O., Singh A. & Devi N. M. (2018). A study on phytochemical screening of *Celosia argentea* var. *cristata* inflorescence extract. *The Pharma Innovation Journal.*, 7 (10), 284-287.
9. Adegbaju O. D., Otunola G. A. & Afolayan A. J.

- (2019). Potential of Celosia species in alleviating micronutrient deficiencies and prevention of diet-related chronic diseases: a review. *AIMS Agriculture and Food*, 4 (2), 458-484  
<https://doi.org/10.3934/agrfood.2019.2.458>.
10. Sayeed R., Thakur M. & Gani A. (2020) Celosia cristata Linn. flowers as a new source of nutraceuticals- A study on nutritional composition, chemical characterization and in-vitro antioxidant capacity. *Heliyon*, 6, 05792-05800.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05792>.
11. Sultan F. I. (2018). Chromatographic Separation and Identification of Many Fatty acids and Phenolic Compounds from Flowers of Celosia cristata L. and Its Inhibitory Effect on Some Pathogenic Bacteria. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 12 (7), 25-31.  
<https://doi.org/10.22587/ajbas.2018.12.7.4>.
12. Mastuti R., Arumingtyas E. L. & Fatinah A. A. (2015). Genetic Diversity of Celosia Variants in East Java Based on Polyphenol Oxidase-PPO Genes. *Procedia Chemistry*, 14, 361-366.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.proche.2015.03.049>.
13. Muhallilin I., Aisyah S. I. & Sukma D. (2019). The diversity of morphological characteristics and chemical content of Celosia cristata plantlets due to gamma ray irradiation. *Biodiversitas*, 20 (3), 862-866.  
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d200333>.
14. Malomo S. O., Ore A. & Yakubu M. T. (2011). In vitro and in vivo antioxidant activities of the aqueous extract of Celosia argentea leaves. *Indian Journal of Pharmacology*, 43 (3), 278-285.  
<http://dx.doi.org/10.4103/0253-7613.81519>.
15. Varadharaj V. & Muniyappan J. (2017). Phytochemical and Phytotherapeutic Properties of Celosia species - A Review. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9 (6), 820-825. <https://doi.org/10.25258/phyto.v9i6.8185>.
16. Xiang C., Meili G., Hui S. & Ya D. C. (2010). Study on chemical constituents of Celosia cristata seed. *J Jilin Agric Univ.*, 32, 657-60.
17. Ramesh B. N., Mahalakshmi A. M. & Mallappa S. (2013). Towards a better understanding of an updated ethnopharmacology of Celosia argentea L. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5 (3), 54-59.
18. Tang Y., Xin H. & Guo M. (2016). Review on research of the phytochemistry and pharmacological activities of Celosia argentea. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26 (6), 787-796.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.bjp.2016.06.001>.
19. Gairola S., Shariff N. M., Bhatt A. & Kala C. P. (2010). Influence of climate change on production of secondary chemicals in high altitude medicinal plants: Issues needs immediate attention. *Journal of Medicinal Plant Research*, 4 (18), 1825-1829.  
<http://dx.doi.org/10.5897/JMPR10.354>.
20. Kyslychenko O., Protska V. & Zhuravel I. (2019). Phytochemical research of Vagrant Parmelia thalli as a prospective source of certain nutrients. *Norwegian Journal of development of the International Science*, 30 (1), 44-49.
21. Alrikabi A. Y. H., Protska V. & Zhuravel I. (2021). The study of Reynoutria sachalinensis plant raw material amino acid composition. *Annals of Mechnikov's Institute*, 3, 35-38.