

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА СУБСТАНЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ ЦИСТ РАЧКА *ARTEMIA SALINA*

И. Н. Аникина, О. Г. Макарова, Г. Р. Кутателадзе

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет»

Поступила в редакцию 16.07.23 г.

Аннотация. Одним из разделов современной фармакогнозии является морская фармакогнозия, основная задача которого – поиск и изучение лекарственного сырья среди биоразнообразия водоемов. Известным представителем водной фауны является артемия салина (*Artemia salina* L.) – вид ракообразных отряда жаброногих (*Anostraca* G. O. Sars), обитающий в солёных водоемах по всему миру. Благодаря богатому химическому составу (углеводы, аминокислоты, жирные кислоты, каротиноиды, эссенциальные макро- и микроэлементы) цисты артемии нашли широкое применение в фармацевтической и пищевой промышленности как источник хитина и хитозана, в аграрной промышленности для получения органоминеральных удобрений, в животноводстве и рыбоводстве – как добавка к корму. Учитывая многогранность применения, химический состав и доступную сырьевую базу множество научно-производственных предприятий по всему миру занимаются переработкой цист рачка артемии по различным направлениям.

Цель исследования – разделение, идентификация и количественное определение аминокислот в субстанции из цист рачка *Artemia salina*.

Объект исследования – лиофилизат водного экстракта «Артемия Салина» из цист *Artemia salina*, производимый научно-производственной компанией «АК Инвест» (Республика Алтай, г. Горно-Алтайск).

Исследование проводили методом капиллярного электрофореза со спектрофотометрическим детектированием в ультрафиолетовой области спектра (КЭ-СФМ-УФ) в трех параллелях с последующей статистической обработкой результатов. Методика исследования включает в себя кислотный гидролиз проб раствором хлористоводородной кислоты с концентрацией 6 моль/дм³ при 110°C в течении 14-16 часов с переводом аминокислот в свободные формы, получение фенилтиокарбамильных производных с дальнейшим разделением и определением аминокислот в гидролизате методом капиллярного электрофореза со спектрофотометрическим детектированием при длине волны 254 нм на системе «КАПЕЛЬ® - 105М».

В лиофилизате водного экстракта определены 12 аминокислот с массовой долей 20.5%, из них 10.88% – незаменимых для человека (лизин, фенилаланин, лейцин/изолейцин, валин, треонин) и 9.62% – заменимых (аргинин, тирозин, гистидин, пролин, серин, аланин, глицин). В наибольшем количестве из всех обнаруженных аминокислот представлены лейцин/изолейцин (3.52%), аргинин (2.71%), лизин (2.34%), аланин (2.18%) и серин (2.10%).

Ключевые слова: артемия, лиофилизат, водный экстракт, аминокислоты, капиллярный электрофорез

Морская фармакогнозия – один из подразделов фармакогнозии, прикладной задачей которого является поиск, химическое изучение и стандартизация лекарственного сырья и продуктов переработки, полученных из организмов, обитающих в водной среде [1, 2].

Артемия салина (*Artemia salina* L.) – вид ракообразных отряда жаброногих (*Anostraca* G. O. Sars). Рачок обитает в солёных водоёмах по всему миру, но в больших количествах обнаружен в озерах Африки, Австралии, Северной и Южной Америки, Азии и Европы [3]. В Российской Федерации он найден в солёных озерах Западной Си-

бири, Дальнего Востока, бассейнах Каспийского, Черного и Азовского морей [4].

Цисты рачка используются в фармацевтической и пищевой промышленности как источник хитина и хитозана, в аграрной промышленности для получения органоминеральных удобрений, в животноводстве – как добавка к корму [5-6]. Кроме того, сами рачки используются как тест-системы в токсикологических исследованиях, а в измельчённом виде входят в состав ряда биологически активных добавок и грязей, применяемых в бальнеотерапии [7-9].

Химический состав цист разнообразен: углеводы (полисахарид хитин, дисахарид трегалоза), аминокислоты (цистин, аспарагиновая кислота, треонин, серин, глутаминовая кислота, пролин, глицин, аланин, изолейцин, лейцин, тирозин, гистидин, лизин, аргинин, валин, фенилаланин, таурин), жирные кислоты (ненасыщенные – пальмитиновая, стеариновая; мононенасыщенные – олеиновая, пальмитолеиновая; полиненасыщенные – эйкозапентаеновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая), каротиноиды (β -каротин, лютеин, астаксантин), эссенциальные макро- (калий, кальций, магний, фосфор, натрий) и микроэлементы (железо, селен, цинк) [10-15].

По данным Литвиненко Л. И с соавторами на территории Западной Сибири известно более 100 солёных озёр с суммарным возможным объёмом добычи цист около 4000 тонн в год [4]. Благодаря высокой репродуктивности и доступным методикам легко поддаётся воспроизведению как аквакультура [3]. Таким образом, сырьевая база цист рачка достаточно разнообразна.

Заготовка цист предусматривает сбор с поверхности рапы водоёма, солёную промывку отфильтрованной рапой среды обитания, температурную активацию 60-80 суток при температуре от -4 до -10°C, пресную промывку водой и сушку при температуре не более 35°C до влажности не более 8% [16].

Учитывая многогранность применения, химический состав и доступную сырьевую базу множество научно-производственных предприятий занимаются переработкой цист рачка артемии по различным направлениям.

Терапевтическое действие препаратов из животного сырья часто связывают с комплексом аминокислот, так как они могут обладать собственной фармакологической активностью и способностью влиять на биодоступность других биологически активных соединений. Кроме того, аминокислоты являются

основным компонентом при биосинтезе белка и некоторых гормонов в организме человека [17-18].

В связи с вышесказанным, исследование состава биологически активных соединений рачка артемии и продуктов его переработки – актуальная задача фармации.

Цель исследования – разделение, идентификация и количественное определение аминокислот в субстанции из цист рачка *Artemia salina*.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектом исследования является лиофилизат водного экстракта «Артемия Салина» из цист *Artemia salina*, производимый научно-производственной компанией «АК Инвест» (Республика Алтай, г. Горно-Алтайск).

Исследование проводили методом капиллярного электрофореза со спектрофотометрическим детектированием при 254 нм [19, 20].

Методика проведения гидролиза: навеску лиофилизата массой 100 мг помещают в виалу для гидролиза, добавляют 10 см³ раствора хлористоводородной кислоты с концентрацией 6 моль/дм³, герметично закрывают и перемешивают. Виалу помещают в сушильный шкаф и выдерживают 14-16 ч при 110 °С. Затем виалу с гидролизатом охлаждают до комнатной температуры, содержимое фильтруют через бумажный фильтр «синяя лента», отбросив первые порции и собирая основной объём фильтрата в герметично закрывающиеся ёмкости (фильтрат гидролизата) [20].

Методика получения фенилтиокарбамильных производных аминокислот: в стеклянный флакон вместимостью 10-15 см³ отбирают по 50 мкл фильтрата гидролизата. Раствор выпаривают досуха в струе теплого воздуха. К сухому остатку добавляют 150 мкл раствора карбоната натрия с концентрацией 0.1 моль/дм³ и 300 мкл изопропанольного раствора фенилизотиоцианата с концентрацией 0.01 моль/дм³. Тщательно перемешивают до растворения осадка, закрывают крышкой и оставляют на 35 мин при комнатной температуре. Далее раствор выпаривают досуха в струе тёплого воздуха. Сухие остатки растворяют в 500 мкл бидистиллированной воды (дериват гидролизата) [20].

Дериват гидролизата исследовали методом капиллярного электрофореза с применением системы «КАПЕЛЬ® - 105М» (ООО «Люмэкс-маркетинг», Россия) со спектрофотометрическим детектором (КЭ-СФМ-УФ) [19, 20].

Условия проведения анализа: капилляр – кварцевый (внутренний диаметр – 50 мкм, общая дли-

на – 75 см, эффективная длина – 65 см), температура термостатирования капилляра - 30°C, фоновый электролит - раствор, содержащий 30 ммоль/дм³ фосфат-ионов и 4 ммоль/дм³ β-циклодекстрина, объём пробы – 2 мкл, пробу вводили гидродинамическим способом при 30 мбар в течение 5 с, продолжительность анализа – 25 мин, напряжение - +25 кВ. Детектирование аминокислот проводили при длине волны 254 нм [19].

Соединения идентифицировали по временам миграции (t_m , мин) в сравнении с аналогичными показателями стандартного образца аминокислот (раствор смеси L-изомеров аминокислот в хлористоводородной кислоте, Sigma-Aldrich, США).

Сбор данных и обработку электрофореграмм проводили с помощью специализированного программного обеспечения «Эльфوران».

Массовую долю аминокислот устанавливали методом абсолютной градуировки.

Исследование проводили в трёх параллелях. Статистическую обработку (при доверительной вероятности 95%) результатов эксперимента осуществляли согласно ОФС.1.1.0013.15 «Статистическая обработка результатов химического эксперимента» Государственной фармакопеи XIV издания с использованием ПО «Microsoft Excel» [21].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На электрофореграмме (рис. 1) присутствуют пики 12 фенилтиокарбамильных производных аминокислот.

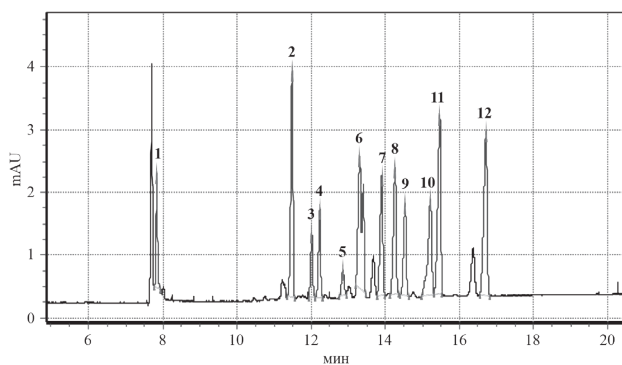


Рис. 1. Электрофореграмма гидролизата лиофилизата водного экстракта «Артемия салина»: 1 – аргинин ($t_m = 7.84$ мин), 2 – лизин ($t_m = 11.49$ мин), 3 – тирозин ($t_m = 12.02$ мин), 4 – фенилаланин ($t_m = 12.24$ мин), 5 – гистидин ($t_m = 12.86$ мин), 6 – лейцин+изолейцин ($t_m = 13.32$ мин), 7 – валин ($t_m = 13.91$ мин), 8 – пролин ($t_m = 14.27$ мин), 9 – треонин ($t_m = 14.55$ мин), 10 – серин ($t_m = 15.23$ мин), 11 – аланин ($t_m = 15.48$ мин), 12 – глицин ($t_m = 16.73$ мин)).

Пики производных лейцина и изолейцина не разделились, поэтому эти аминокислоты определены совместно.

Из двенадцати обнаруженных аминокислот пять относятся к незаменимым для человека: лизин, фенилаланин, лейцин/изолейцин, валин, треонин.

Массовая доля аминокислот составила 20.5%, из них 10.88% - незаменимых и 9.62% - заменимых (табл. 1). При этом из 12 обнаруженных аминокислот в наибольшем количестве представлены: моноаминомонокарбоновые кислоты аланин ($2.18 \pm 0.03\%$) и лейцин/изолейцин ($3.52 \pm 0.02\%$); диаминомонокарбоновые кислоты аргинин ($2.71 \pm 0.05\%$) и лизин ($2.34 \pm 0.02\%$); оксимоноаминокарбоновая кислота серин ($2.10 \pm 0.01\%$).

Таблица 1.
Состав аминокислот лиофилизата водного экстракта «Артемия салина»

Наименование аминокислоты	Метрологические характеристики (n = 3; P = 95%)		
	$x \pm \Delta x$, %	S_x	ε , %
Незаменимые аминокислоты (10.88%)			
Лизин	2.34 ± 0.02	0.03	0.85
Фенилаланин	1.57 ± 0.03	0.04	1.60
Лейцин+изолейцин	3.52 ± 0.02	0.03	0.57
Валин	1.82 ± 0.01	0.01	0.55
Треонин	1.63 ± 0.01	0.01	0.61
Заменимые аминокислоты (9.62%)			
Аргинин	2.71 ± 0.05	0.07	1.85
Тирозин	1.20 ± 0.01	0.01	0.83
Гистидин	0.61 ± 0.02	0.03	3.28
Пролин	1.62 ± 0.02	0.03	1.23
Серин	2.10 ± 0.01	0.02	0.72
Аланин	2.18 ± 0.03	0.05	1.61
Глицин	1.91 ± 0.02	0.02	0.79

При сравнении полученных результатов с литературными данными можно сделать вывод, что лиофилизат водного экстракта из цист *Artemia salina*, производимый научно-производственной компанией «АК Инвест», содержит 12 из 17 аминокислот, описанных для цист артемии [10]. Предположительно, неполный состав аминокислот в лиофилизате можно объяснить разрушением части аминокислот при технологическом процессе [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом капиллярного электрофореза фенилтиокарбамильных производных установлен состав аминокислот лиофилизата водного экстракта «Артемия салина». Обнаружено двенадцать

аминокислот (массовая доля – 20.5%), из которых пять являются незаменимыми (10.88%), семь – заменимыми (9.62%). Результаты проведенного исследования указывают на перспективность использования лиофилизата водного экстракта «Артемия салина» в качестве источника аминокислот при производстве биологически активных добавок и лекарственных препаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Costa-Neto E.M. // Anais da Academia Brasileira de Ciencias. 2005. Vol. 77, No. 1, pp. 33-43.
2. Papon N., Copp B.R., Courdavault V. // Biotechnology Advances. 2022. Vol.54, p. 510787.
3. Ковачева Н.П., Литвиненко Л.И., Саенко Е.М., Жигин А.В., Кряхова Н.В., Сёмик А.М. // Труды ВНИРО. 2019. Т. 178. С.150-171.
4. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boiko E.G., Kutsanov K.V. // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2015. Vol. 33, No. 6, pp. 1436-1450.
5. Белых О.А., Розанов С.Е. // Известия Байкальского государственного университета. 2021. Т. 31. №3. С. 400-406.
6. Хомколова Н.О., Микушина И.В. // «Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности», сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, 22-24 мая 2019 г., Бийск, 2019, С. 173-178.
7. Трохина А.С., Кобечинская В.Г., Ивашов А.В. // Экосистемы. 2015. №4. С. 20-29.
8. Rajabi S, Ramazani A, Hamidi M, Najj T. // Daru. 2015. Vol. 23. No. 1, p. 20.
9. Munteanu C., Dumitraşcu M. // Balneo Research Journal. 2011. Vol. 2. No. 4, pp. 119-122.
10. Гладкая А.Г. Патент РФ, № 2346697, 2006.
11. Минакова А.А., Базарнова Н.Г., Минаков Д.В., Микушина И.В., Дубровина А.Е. // Ползуновский вестник. 2022. Т. 1. № 4. С. 167-173.
12. Оразова С.Б., Шарапова Л.И. // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2018. Т. 154. №11. С. 21-25.
13. Leonova G., Bobrov V., Bogush A., Bychinsky V., Anoshin G. // Geochemistry International. 2007. Vol. 45. No.10, pp. 1025-1039.
14. Tizol-Correa R., Carreón-Palau L., Arredondo-Vega B. O, Murugan G., Torrentera L., Maldonado-Montiel T. D. N. J., Maeda-Martínez A. M. // Journal of Crustacean Biology. 2006. Vol. 26. No. 4, pp. 503-509.
15. Huang J., Hui B. Feed-induced Variation in the Carotenoid Composition of Brine Shrimp // eFood. 2020. Vol. 1. No. 3, pp. 247-253.
16. Маркина Н.Ю., Ткачева И.В., Подойницын Д.А., Мыщыкова Е.Р. // «Понт Эвксинский – 2021», сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции для молодых учёных, 20-24 сентября 2021 г., Севастополь, 2021, с. 54-55.
17. Кудряшева А. А., Преснякова О. П. // Пищевая промышленность. 2014. №3, С. 68-73.
18. Лысиков Ю. А. // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2012. №2, С. 88-105.
19. Методика М 04-94-2021 Пищевая продукция. Методика измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель». Режим доступа: https://www.lumex.ru/metodics/22ARU03.12.21-2_AA-food.pdf (дата обращения: 12.11.2022).
20. ГОСТ Р 55569-2013. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200105562> (дата обращения: 12.11.2022).
21. ОФС.1.1.0013.15 Статистическая обработка результатов химического эксперимента. Режим доступа: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/1/1-1/statisticheskaya-obrabotka-rezultatov-khimicheskogo-eksperimenta> (дата обращения: 29.04.2023).
22. Мартинчик А.Н., Шариков А.Ю. // Вопросы питания. 2015. №3. С. 13-21.

Алтайский государственный медицинский университет

*Аникина И. Н., кандидат химических наук, доцент кафедры фармации
e-mail: anikina_bri@mail.ru*

Altai State Medical University

*Anikina I. N., PhD., Associate Professor,
Department of Pharmacy
e-mail: anikina_bri@mail.ru*

Макарова О. Г., кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакологии имени профессора В.М. Брюханова
e-mail: olesia552@mail.ru

Makarova O. G., PhD., Associate Professor, Department of Pharmacology named after Professor V.M. Bryukhanov
e-mail: olesia552@mail.ru

*Кутателадзе Г. Р., кандидат фармацевтических наук, старший преподаватель кафедры фармации
e-mail: goha-kut@mail.ru

*Kutateladze G. R., PhD., Senior Lecturer, Department of Pharmacy
e-mail: goha-kut@mail.ru

ANALYSIS OF THE AMINO ACID COMPOSITION OF A SUBSTANCE OBTAINED FROM *ARTEMIA SALINA* CYST

I. N. Anikina, O. G. Makarova, G. R. Kutateladze

Altai State Medical University

Abstract. One of the sections of modern pharmacognosy is marine pharmacognosy, the main task of which is the search and study of medicinal raw materials among the biodiversity of water bodies. A well-known representative of the aquatic fauna is the artemia salina (*Artemia salina* L.) - a species of crustacean branchiopods (*Anostraca* G. O. Sars), that lives in saline water bodies around the world. Due to its rich chemical composition (carbohydrates, amino acids, fatty acids, carotenoids, essential macro- and microelements), Artemia cysts are widely used in the pharmaceutical and food industries as a source of chitin and chitosan, in the agricultural industry for obtaining organomineral fertilizers, in animal and fish breeding - as an additive to the feed. Given the versatility of applications, the chemical composition and the available raw material base, many research and production enterprises around the world are processing Artemia cysts in the above-mentioned directions.

The aim of the study - to separate, identify and assay amino acids in the substance from cysts of the crustacean *Artemia salina*.

The object of the study is the aqueous extract lyophilisate «Artemia Salina» from Artemia salina cysts, produced by the research and production company «AK Invest» (Altai Republic, Gorno-Altaiisk).

The study was carried out by capillary electrophoresis with spectrophotometric detection in the ultraviolet region of the spectrum (CE-SFM-UV) in three parallels, followed by statistical processing of the results. The research technique includes acid hydrolysis of samples with a solution of hydrochloric acid with a 6 mol/l hydrochloric acid solution at 110°C for 14-16 hours with the conversion of amino acids into free forms, obtaining phenylthiocarbamyl derivatives with further separation and determination of amino acids in the hydrolyzate by capillary electrophoresis with spectrophotometric detection at a wavelength of 254 nm on the KAPEL® - 105M system.

In the aqueous extract lyophilisate, 12 amino acids with a total mass fraction of 20.5% were found, of which 10.88% are essential for human (lysine, phenylalanine, leucine / isoleucine, valine, threonine) and 9.62% are non-essential (arginine, tyrosine, histidine, proline, serine, alanine, glycine). Leucine/isoleucine (3.52%), arginine (2.71%), lysine (2.34%), alanine (2.18%), and serine (2.10%) are represented in the largest amount of all the amino acids found.

Keywords: artemia, lyophilisate, aqueous extract, amino acids, capillary electrophoresis

REFERENCES

1. Costa-Neto E.M., Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 2005, Vol. 77, No. 1, pp. 33-43. DOI: 10.1590/S0001-37652005000100004 Available at: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/HCwFfs6BthD96zLjp7hfVfQ/> (accessed 20.12.2022).
2. Papon N., Copp B.R., Courdavault V., Biotechnology Advances, 2022, Vol. 54, p. 510787. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2021.107871 Available

at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975021001774?via%3Dihub> (accessed 20.12.2022).

3. Kovacheva N.P., Litvinenko L.I., Saenko E.M., Zhigin A.V., Kryakhova N.V., Semik A.M., Trudy VNIRO, 2019, Vol. 178, pp. 150-171. DOI: 10.36038/2307-3497-2019-178-150-171 Available at: <https://trudy.vniro.ru/jour/article/view/70/68> (accessed 20.12.2022).

4. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boiko E.G., Kutsanov K.V., Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2015, Vol. 33, No. 6, pp. 1436-1450. DOI: 10.1007/s00343-015-4381-6 Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00343-015-4381-6> (accessed 20.12.2022).
5. Belykh O.A., Rozanov S.E., Proceedings of the Baikal State University, 2021, Vol. 31, No. 3, pp. 400-406. DOI: 10.17150/2500-2759.2021.31(3).400-406 Available at: http://aquacultura.org/upload/files/pdf/biblio/food/%D0%91%D0%B5%D0%BB%D1%8B%D1%85_2021.pdf (accessed 20.12.2022).
6. Khomkolova N.O., Mikushina I.V., "Technologies and Equipment of the Chemical, Biotechnological and Food Industry", Proceedings of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists with International Participation, May 22-24, 2019, Biysk, 2019, pp. 173-178.
7. Trokhina A.S., Kobechinskaya V.G., Ivashov A.V., Ecosystems, 2015, No. 4, pp. 20-29. Available at: <http://ekosystems.cfuv.ru/wp-content/uploads/2016/12/003troxina.pdf> (accessed 19.03.2023).
8. Rajabi S, Ramazani A, Hamidi M, Naji T., Daru, 2015, Vol. 23, No. 1, p. 20. DOI: 10.1186/s40199-015-0105-x Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4344789> (accessed 20.12.2022).
9. Munteanu C., Dumitraşcu M., Balneo Research Journal, 2011, Vol. 2, No. 4, pp. 119-122. Available at: <http://bioclima.ro/J244.pdf> (accessed 12.04.2023)
10. Gladkaya A.G. Patent RF, No. 2346697, 2006.
11. Minakova A.A., Bazarnova N.G., Minakov D.V., Mikushina I.V., Dubrovina A.E., Polzunovsky Vestnik, 2022, Vol. 1, No. 4, pp. 167-173. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.022 Available at: <https://ojs.altstu.ru/index.php/PolzVest/article/view/285> (accessed 09.04.2023).
12. Orazova S.B., Sharapova L.I., Fish Breeding and Fisheries, 2018, Vol. 154, No. 11, pp. 21-25. Available at: <https://panor.ru/articles/biokhimicheskiy-sostav-artemii-v-zalivakh-bolshogo-aralskogo-morya/19745.html> (accessed 20.12.2022).
13. Leonova G., Bobrov V., Bogush A., Bychinsky V., Anoshin G., Geochemistry International, 2007, Vol. 45, No.10, pp. 1025-1039. DOI: 10.1134/s0016702907100060 Available at: <https://link.springer.com/article/10.1134/S0016702907100060> (accessed 20.12.2022).
14. Tizol-Correa R., Carreón-Palau L., Arredondo-Vega B. O, Murugan G., Torrentera L., Maldonado-Montiel T. D. N. J., Maeda-Martínez A. M., Journal of Crustacean Biology, 2006, Vol. 26, No. 4, pp. 503-509. DOI: 10.1651/S-2691.1 Available at: <https://academic.oup.com/jcb/article/26/4/503/2664316> (accessed 20.12.2022).
15. Huang J., Hui B., eFood, 2020, Vol. 1, No. 3, pp. 247-253. DOI: 10.2991/efood.k.200522.001 Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2991/efood.k.200522.001> (accessed 20.12.2022).
16. Markina N.Yu., Tkacheva I.V., Podoinitsyn D.A., Mytsykova E.R., "Pont Evksinsky - 2021", Proceedings of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference for Young Scientists, September 20-24, 2021, Sevastopol, 2021, pp. 54-55.
17. Kudryasheva A. A., Presnyakova O. P., Food Industry, 2014, No. 3, pp. 68-73. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mediko-biologicheskiesobennosti-naturalnyh-pischevyh-aminokislot> (accessed 20.12.2022).
18. Lysikov Yu. A., Experimental and Clinical Gastroenterology, 2012, No. 2, pp. 88-105. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/aminokisloty-v-pitanii-cheloveka> (accessed 20.12.2022).
19. Metodika M 04-94-2021 Pishchevaya produktsiya. Metodika izmerenii massovoi doli aminokislot metodom kapillyarnogo elektroforeza s ispol'zovaniem sistemy kapillyarnogo elektroforeza «Kapel». Available at: https://www.lumex.ru/metodics/22ARU03.12.21-2_AA-food.pdf (accessed 12.11.2022).
20. GOST R 55569-2013. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Opredelenie proteinogennykh aminokislot metodom kapillyarnogo jelektroforeza. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200105562> (accessed: 12.11.2022).
21. OFS.1.1.0013.15 Statisticheskaya obrabotka rezul'tatov khimicheskogo eksperimenta. Available at: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-14/1/1-1/statisticheskaya-obrabotka-rezultatov-khimicheskogo-eksperimenta> (accessed 29.04.2023).
22. Martinchik A. N., Sharikov A. Yu., Problems of nutrition, No. 3, pp. 13-21. Available at: https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/jarticles_diet/354.html?SSr=040134b2f715ffffff27c_07e709030f0423-4088 (accessed 23.08.2023).