

Ирина Юрьевна Резниченко<sup>1✉</sup>, Татьяна Александровна Мирошина<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова, Кемерово, Россия

<sup>1</sup>irina.reznichenko@gmail.com

<sup>2</sup>intermir42@mail.ru

## АМАРАНТ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

*Цель исследований – обобщение и систематизация данных об амаранте как потенциальной культуре со значительным содержанием биологически ценных нутриентов. Задачи: проанализировать наиболее важную биологическую активность амаранта, его химический состав, статус пищевого ингредиента и эффективность его добавок в продукты питания. При выполнении работы применяли методы систематизации, анализа и обобщения. Для основного поиска научных источников использовали наукометрические библиографические базы данных: eLIBRARY, Scopus и Web of Science, КиберЛенинка, поисковую систему Google Scholar. Глубина поиска составила 10 лет. Приведена характеристика основных пищевых веществ амаранта и продуктов его переработки: белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ. Показаны отличительные особенности основных пищевых веществ амаранта по сравнению с известными злаковыми культурами. Выделены достоинства амаранта и продуктов его переработки в технологии пищевых продуктов с точки зрения функциональной и специализированной направленности. Пищевая приемлемость амаранта зависит не только от органолептических, но и от полезных для здоровья свойств, которыми он обладает. Опубликованная к настоящему времени литература дает достаточное представление о композиционных и других функциональных свойствах амаранта, его применении и продуктов его переработки, однако необходимы дальнейшие исследования для разработки более эффективных приемов обработки амаранта и понимания взаимосвязи между различными технологиями переработки и качественными параметрами готового продукта. Благоприятные биологические свойства амаранта, обсуждаемые в этой работе, могут служить катализатором для дополнительных глубоких научных исследований в этой области, а также для продвижения новых технологий использования амаранта и продуктов его переработки в пищевой отрасли.*

**Ключевые слова:** амарант, пищевой ингредиент, белки, аминокислотный состав, углеводы, липиды, витамины, минеральные вещества

**Для цитирования:** Резниченко И.Ю., Мирошина Т.А. Амарант как перспективное растительное сырье для применения в пищевых системах // Вестник КрасГАУ. 2024. № 12. С. 135–141. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-135-141.

Irina Yuryevna Reznichenko<sup>1</sup>, Tatyana Aleksandrovna Miroshina<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia

<sup>1</sup>irina.reznichenko@gmail.com

<sup>2</sup>intermir42@mail.ru

## AMARANTH AS A PROMISING PLANT RAW MATERIAL FOR USE IN FOOD SYSTEMS

*The aim of research is to generalize and systematize data on amaranth as a potential crop with a significant content of biologically valuable nutrients. Objectives: to analyze the most important biological activity of amaranth, its chemical composition, status of a food ingredient and the effectiveness of its additives to food products. The methods of systematization, analysis and generalization were used in the work. For*

the main search of scientific sources, scientometric bibliographic databases were used: eLIBRARY, Scopus and Web of Science, CyberLeninka, the Google Scholar search engine. The search depth was 10 years. The characteristics of the main nutrients of amaranth and its processed products are given: proteins, fats, carbohydrates, vitamins and minerals. Distinctive features of the main nutrients of amaranth are shown in comparison with known cereal crops. The advantages of amaranth and its processed products in food technology are highlighted from the point of view of functional and specialized focus. The food acceptability of amaranth depends not only on its organoleptic properties but also on its health benefits. The literature published to date provides a sufficient understanding of the compositional and other functional properties of amaranth, its use and its processed products, but further research is needed to develop more effective methods for processing amaranth and to understand the relationship between different processing technologies and the quality parameters of the finished product. The favorable biological properties of amaranth discussed in this paper can serve as a catalyst for additional in-depth scientific research in this area, as well as for the promotion of new technologies for the use of amaranth and its processed products in the food industry.

**Keywords:** amaranth, food ingredient, proteins, amino acid composition, carbohydrates, lipids, vitamins, minerals

**For citation:** Reznichenko I.Yu., Miroshina T.A. Amaranth as a promising plant raw material for use in food systems // Bulliten KrasSAU. 2024;(12): 136–141 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-136-141.

**Введение.** В последние годы потребители пищевых продуктов стали свидетелями значительного роста популярности растительных диет. Это не просто модная тенденция, стремление общества к устойчивому развитию, осознанности в вопросах здоровья и этичному выбору продуктов питания. Ключевую роль в этой трансформации играют новые пищевые технологии, которые становятся основой для создания продуктов из сырья растительного происхождения. Эти инновации крайне важны для удовлетворения растущего спроса на растительные продукты, открывая многообещающие возможности для решения глобальных вопросов, связанных с продовольственной безопасностью и здоровьем населения. Отмеченные в докладе ВОЗ проблемы нехватки продовольствия и высокий уровень различных форм неполноценного питания, необходимость активизировать действия по укреплению устойчивости и адаптационного потенциала продовольственных систем к 2030 г. диктуют необходимость поиска альтернативного животному сырью растительного сырья, богатого белком и другими биологически ценными нутриентами [1].

Уровни производства основных продовольственных культур недостаточны для удовлетворения прогнозируемых мировых потребностей в продовольствии. При этом более 75 % общего производства зерна приходится на пшеницу, кукурузу и рис. Соответственно, существует острая необходимость в изучении альтернативных культур, таких как амарант, которые потенциально могут сыграть решающую роль в сель-

ском хозяйстве и производстве продуктов питания. Амарант (*Amaranthus spp.*) – одна из старейших пищевых культур в мире, показавшая свои преимущества при возделывании и переработке [2]. Другими достоинствами культуры являются ее биологическая ценность и высокий пищевой потенциал.

В связи с полезными биологическими свойствами, разнообразной нутрицевтической активностью и фитоконпонентами амарант в настоящее время вызывает все больший научный и коммерческий интерес [3]. Не менее важным фактором является растущий спрос на продукты здорового и специализированного питания, который также стимулирует проведение исследований альтернативных источников питания помимо традиционных. По этой причине в настоящем исследовании рассматривается амарант, который является растением с высоким пищевым потенциалом.

**Цель исследований** – обобщение и систематизация данных об амаранте как потенциальной культуре со значительным содержанием биологически ценных нутриентов.

**Задачи:** проанализировать наиболее важную биологическую активность амаранта, его химический состав, статус пищевого ингредиента и эффективность его добавок в продукты питания.

Благоприятные биологические свойства амаранта, обсуждаемые в этой работе, могут служить катализатором для дополнительных глубоких научных исследований в этой области, а также для продвижения новых технологий ис-

пользования амаранта и продуктов его переработки в пищевой отрасли.

**Материалы и методы.** Для основного поиска научных источников использовали наукометрические библиографические базы данных: eLIBRARY, Scopus и Web of Science, КиберЛенинка, поисковую систему Google Scholar. Глубина поиска составила 10 лет.

### Результаты и их обсуждение

*Белки и аминокислотный состав амаранта.* Тенденция к замене продуктов животного происхождения на продукты растительного происхождения стимулирует исследования альтернативных растительных белков и их аминокислотного состава. Белки играют важную роль в технологических процессах производства пищевых продуктов, обуславливая необходимую структуру и реологические характеристики, а также физико-химические свойства пищевых систем и их функциональную направленность. Содержание белка в зернах амаранта составляет по разным источникам от 12,62 до 15,7 % [4–7].

Зерна амаранта являются источником таких белков, как альбумины и глобулины, с хорошо сбалансированным аминокислотным составом, поскольку они богаты лизином и метионином, которых мало в других злаках. Протеины амаранта также обладают высокой биодоступностью, что способствует их высокому качеству и, следовательно, они могут стать потенциальной заменой продуктам животного происхождения. Отличительной чертой белков амаранта является отсутствие белка глютена, что дает возможность применения продуктов переработки амаранта в технологиях аглютеновых продуктов питания.

По сравнению с зернами гречихи, киноа, кукурузы, пшеницы, ржи содержание белка в амаранте значительно выше.

Проведенные клинические исследования по влиянию частичной замены белков животного происхождения на растительные в трех группах (женщины, мужчины) с различным суточным рационом (соотношение белка животного к растительному составляло 70 : 30; 50 : 50; 30 : 70) показали увеличение потребления клетчатки, улучшение качества пищевых жиров, профиля липопротеинов в крови. Полученные результаты позволили рекомендовать диеты как альтернативные рациону с преимуществом животных белков [8–10].

Показано ингибирование роста раковых клеток у животных, получавших экстракт амаранта, причем экстракт из семян обладал более выраженными свойствами, чем экстракт из стеблей [5]. Также установлено положительное действие экстракта на снижение уровня сахара в крови крыс со стрептозотоциновым диабетом [4, 6]. Показан потенциал амаранта для снижения уровня холестерина благодаря наличию фитостеринов, растворимой и нерастворимой клетчатки. Амарант содержит флавоноиды (рутин, кверцетин, кемферол), обладающие антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами, что позволяет отнести его к перспективному сырью для производства функциональных продуктов питания [11–13].

Отечественными учеными разработан концентрат белка амаранта, обогащенный белком куриного яйца. Исследование *in vivo* истинной усвояемости белковой композиции свидетельствует об отсутствии лимитирования относительно аминокислотной шкалы «идеального» белка и высокой усвояемости. Биологическая ценность белкового модуля подтверждает перспективы его включения в составы специализированной пищевой продукции [14].

Показана возможность получения концентратов белка амаранта, в котором идентифицировано 14 уникальных белков. Полученные результаты можно применять для получения концентратов с заданным белковым составом для использования в технологиях пищевых продуктов [15].

*Углеводы и липиды амаранта.* Углеводы амаранта играют не менее важную роль в технологических процессах производства продуктов питания. Зерна амаранта содержат от 65 до 75 % крахмала, от 4 до 5 % пищевых волокон. Сахароза является основным сахаром амаранта, также присутствует в небольших количествах рафиноза, инозитол, стахиоза и мальтоза. Крахмал, плотно упакованный в зернистую структуру, состоит преимущественно из амилопектина (97,9 %) [16]. Содержание амилозы в амарантовой муке и крахмале составляет 5,9 и 6,9 % соответственно [17]. Низкое содержание амилозы является решающим фактором, влияющим на его текстурные, клейкие и термические свойства [18–20].

Содержание жиров в зернах амаранта составляет около 7 %, из них на долю ненасыщенных приходится около 70 % [21]. Зерна амаран-

та богаты пальмитиновой кислотой. Однако они бедны олеиновой и линоленовой кислотами по сравнению с зерновыми и масличными семенами. Масло амаранта богато скваленом (5662 мг/100 г) и фитостеролами. Содержание сквалена в масле находится в пределах 55–90 % в зависимости от вида амаранта [22, 23]. Наличие сквалена, фитостеролов и токоферола позволяет говорить о высокой антиоксидантной ценности масла амаранта и потенциале его применения в пищевой индустрии.

**Витамины и минеральные вещества амаранта.** Зерна амаранта содержат значительное количество макро- и микроэлементов, таких как Mg (848 мкг/г), Ca (519,3 мкг/г), P (330 мкг/г) и Fe (65 мкг/г) [24]. Zn и Fe в амаранте стабилизируют иммунитет и облегчают анемические состояния. Mg и Mn важны для роста и формирования организма ребенка. Листья и стебли являются хорошим источником железа, кальция, витамина А и аскорбиновой кислоты [25]. Сообщается, что в зернах амаранта содержится 0,12; 0,20; 0,92 и 4,20 мг/100 г витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub> и С соответственно [26]. В 100 г амарантовой муки содержится 53 % рекомендуемой диетической нормы витамина В<sub>6</sub>. Согласно норме физиологической потребности фолиевой кислоты (не более 1 000 мкг/сут), 35 г амаранта пропаренного, вареного или соложеного могут обеспечить до 25 % рекомендуемой нормы. Амарант является хорошим источником рутина (кверцетин-3-О-рутинозида), содержание которого составляет 0,08 г/кг [27].

Отечественными учеными изучен биохимический состав листьев интродуцированного на юге Дагестана амаранта, показана перспектива применения культуры в технологиях пищевых продуктов и кормов [28].

При использовании амаранта и продуктов его переработки важно соблюдать показатели безопасности. Высокая концентрация свинца (19–35 мг/кг) превышает предельно допустимые его концентрации (10 мг/кг), что влечет привлечение технологий переработки, предполагающих его снижение или удаление во избежание поступления в организм токсичных компонентов [29].

**Заключение.** Опубликованные научные материалы обеспечивают достаточное понимание композиционных и других функциональных свойств и применение амаранта и продуктов его переработки. Однако необходимы дальнейшие исследования для разработки более эффектив-

ных приемов обработки амаранта и понимания взаимосвязи между различными технологиями переработки и качественными параметрами готового продукта.

### Список источников

1. Глобальный голод продолжает расти, говорится в новом докладе ООН. URL: <https://who.int/ru/news/item/11-09-2018-global-hunger-continues-to-rise-new-un-report-says> (дата обращения: 20.01.2024).
2. Malik, Manisha & Sindhu, Ritu & Dhull, Sanju & Bou Mitri, Christelle & Singh, Yudhbir & Panwar, Shreya & Khatkar, Bhupendar. (2023). Nutritional Composition, Functionality, and Processing Technologies for Amaranth. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2023. DOI: 10.1155/2023/1753029.
3. Characterization of Nutritional Potential of Amaranthus sp. Grain Production / A. Mătieș [et al.] // *Agronomy*. 2024. 14. 630. DOI: 10.3390/agronomy14030630.
4. Baraniak J., Kania-Dobrowolska M. The dual nature of amaranth – Functional food and potential medicine // *Foods*. 2022. 11. № 4. P. 618.
5. Soriano-García M., Aguirre-Díaz I.S. Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth // *Nutritional value of amaranth*. IntechOpen, 2019.
6. Characterization of phytochemicals, nutrients, and antiradical potential in slim amaranth / U. Sarker [et al.] // *Antioxidants*. 2022. 11. № 6. P. 1089.
7. Белки зерна амаранта: перспективы использования в специализированной пищевой продукции / Ю.С. Сидорова [и др.] // *Вопросы питания*. 2022. Т. 91, № 3 (541). С. 96–106.
8. Replacing animal-based proteins with plant-based proteins changes the composition of a whole Nordic diet – a randomised clinical trial in healthy Finnish adults / E. Päivärinta [et al.] // *Nutrients*. 2020. Т. 12, № 4. P. 943.
9. Partial replacement of animal proteins with plant proteins for 12 weeks accelerates bone turnover among healthy adults: a randomized clinical trial / S.T. Itkonen [et al.] // *The Journal of Nutrition*. 2021. Т. 151, № 1. P. 11–19.
10. Shodiev D., Hojjali Q. Medicinal properties of amaranth oil in the food industry // *Interdisciplinary Conference of Young Scholars in Social Sciences (USA)*. 2021. P. 205–208.

11. Amaranth: Potential source for flour enrichment / *N. Singh* [et al.] // *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. Academic Press, 2019. P. 123–135.
12. Amaranth as a source of antihypertensive peptides / *A.E. Nardo* [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. 2020. T. 11. P. 578631.
13. An overview of the nutritional and therapeutic properties of amaranth / *M. Sattar* [et al.] // *International Journal of Food Properties*. 2024. 27. 263–272. DOI: 10.1080/10942912.2024.2304266.
14. Исследование биологической ценности *in vivo* концентрата белка амаранта и его модуля с белком куриного яйца / *Ю.С. Сидорова* [и др.] // *Вопросы питания*. 2023. Т. 92, № 4 (548). С. 74–80. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-4-74-80. EDN TDDTGS.
15. Хромато-масс-спектрометрический анализ концентратов растительных белков / *О.Л. Мещерякова* [и др.] // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2023. Т. 23, № 6. С. 1017–1023. DOI: 10.17308/sorpchrom.2023.23/11862. EDN JGLLOE.
16. *Olagunju, Aderonke & Omoba, Olufunmilayo*. (2024). Amaranth starch: physicochemical, functional, and nutritional properties. DOI: 10.1016/B978-0-443-18981-4.00010-0.
17. *Bender, Denisse & Schoenlechner, Regine*. (2021). Recent developments and knowledge in pseudocereals including technological aspects. *Acta Alimentaria*. 50. DOI: 10.1556/066.2021.00136.
18. Banana starch: Properties, description, and modified variations. A review / *L. Kaur* [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. 165. P. 2096–2102.
19. Effect of  $\gamma$ -radiation on physico-chemical, morphological and thermal characteristics of lotus seed (*Nelumbo nucifera*) starch / *S. Punia* [et al.] // *International journal of biological macromolecules*. 2020. 157. P. 584–590.
20. Oat starch: Physico-chemical, morphological, rheological characteristics and its applications-A review / *S. Punia* [et al.] // *International journal of biological macromolecules*. 2020. 154. P. 493–498.
21. *Alemayehu F.R., Bendevis M.A., Jacobsen S.E.* The potential for utilizing the seed crop amaranth (*Amaranthus spp.*) in East Africa as an alternative crop to support food security and climate change mitigation // *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2015. 201. № 5. P. 321–329.
22. Morphological, proximal composition, and bioactive compounds characterization of wild and cultivated amaranth (*Amaranthus spp.*) species / *E. Bojórquez-Velázquez* [et al.] // *Journal of cereal science*. 2018. T. 83. P. 222–228.
23. Assessing the fatty acid, carotenoid, and tocopherol compositions of amaranth and quinoa seeds grown in Ontario and their overall contribution to nutritional quality / *Y. Tang* [et al.] // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2016. 64. № 5. P. 1103–1110.
24. *Bhat A., Satpathy G., Gupta R.K.* Evaluation of Nutraceutical properties of *Amaranthus hypochondriacus* L. grains and formulation of value added cookies // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2015. 3. № 5. P. 51–54.
25. *Joshi, Nidhi & Verma, Kuldip*. (2023). A review on nutrition value of Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.): The crop of future. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9. 317–319.
26. Quinoa and amaranth as functional foods: A review / *Schmidt D.* [et al.] // *Food Reviews International*. 2023. 39. № 4. P. 2277–2296.
27. Foliates in quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus sp.*) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*): Influence of cooking and malting / *C. Motta* [et al.] // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2017. 64. P. 181–187.
28. *Магомедмирзоева Р.Г., Гинс М.С., Дадашев М.Н.* Физико-химический анализ и биохимический состав амаранта, интродуцированного в Дагестане // *Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Агрономия и животноводство*. 2019. Т. 14, № 3. С. 185–195. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-3-185-195. EDN ZRNKYK.
29. Study and determination of As, Cr, and Pb in amaranth seeds / *E.G. Aguilar* [et al.] // *Journal of Chemistry*. 2013. P. 2013.

## References

1. Global'nyj golod prodolzhaet rasti, govorit'sya v novom doklade OON. URL: <https://who.int/ru/news/item/11-09-2018-global-hunger-continues-to-rise-new-un-report-says> (data obrascheniya: 20.01.2024).
2. *Malik, Manisha & Sindhu, Ritu & Dhull, Sanju & Bou Mitri, Christelle & Singh, Yudhbir & Panwar, Shreya & Khatkar, Bhupendar*. (2023). Nutritional Composition, Functionality,

- and Processing Technologies for Amaranth. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2023. DOI: 10.1155/2023/1753029.
3. Characterization of Nutritional Potential of *Amaranthus* sp. Grain Production / A. Mătieș [et al.] // *Agronomy*. 2024. 14. 630. DOI: 10.3390/agronomy14030630.
  4. Baraniak J., Kania-Dobrowolska M. The dual nature of amaranth – Functional food and potential medicine // *Foods*. 2022. 11. № 4. P. 618.
  5. Soriano-García M., Aguirre-Díaz I.S. Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth // *Nutritional value of amaranth*. IntechOpen, 2019.
  6. Characterization of phytochemicals, nutrients, and antiradical potential in slim amaranth / U. Sarker [et al.] // *Antioxidants*. 2022. 11. № 6. P. 1089.
  7. Belki zerna amaranta: perspektivy ispol'zovaniya v specializirovannoj pischevoj produkcii / Yu.S. Sidorova [i dr.] // *Voprosy pitaniya*. 2022. T. 91, № 3 (541). S. 96–106.
  8. Replacing animal-based proteins with plant-based proteins changes the composition of a whole Nordic diet – a randomised clinical trial in healthy Finnish adults / E. Päivärinta [et al.] // *Nutrients*. 2020. T. 12, № 4. P. 943.
  9. Partial replacement of animal proteins with plant proteins for 12 weeks accelerates bone turnover among healthy adults: a randomized clinical trial / S.T. Iitkonen [et al.] // *The Journal of Nutrition*. 2021. T. 151, № 1. P. 11–19.
  10. Shodiev D., Hojjali Q. Medicinal properties of amaranth oil in the food industry // *Interdisciplinary Conference of Young Scholars in Social Sciences (USA)*. 2021. P. 205–208.
  11. Amaranth: Potential source for flour enrichment / N. Singh [et al.] // *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. Academic Press, 2019. P. 123–135.
  12. Amaranth as a source of antihypertensive peptides / A.E. Nardo [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. 2020. T. 11. P. 578631.
  13. An overview of the nutritional and therapeutic properties of amaranth / M. Sattar [et al.] // *International Journal of Food Properties*. 2024. 27. 263-272. DOI: 10.1080/10942912.2024.2304266.
  14. Issledovanie biologicheskoy cennosti *in vivo* koncentrata belka amaranta i ego modulya s belkom kurinogo yajca / Yu.S. Sidorova [i dr.] // *Voprosy pitaniya*. 2023. T. 92, № 4 (548). S. 74–80. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-4-74-80. EDN TDDTGS.
  15. Hromato-mass-spektrometricheskij analiz koncentratov rastitel'nyh belkov / O.L. Mescheryakova [i dr.] // *Sorbcionnye i hromatograficheskie processy*. 2023. T. 23, № 6. S. 1017–1023. DOI: 10.17308/sorpchrom.2023.23/11862. EDN JGLLOE.
  16. Olagunju, Aderonke & Omoba, Olufunmilayo. (2024). Amaranth starch: physicochemical, functional, and nutritional properties. DOI: 10.1016/B978-0-443-18981-4.00010-0.
  17. Bender, Denisse & Schoenlechner, Regine. (2021). Recent developments and knowledge in pseudocereals including technological aspects. *Acta Alimentaria*. 50. DOI: 10.1556/066.2021.00136.
  18. Banana starch: Properties, description, and modified variations. A review / L. Kaur [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. 165. P. 2096–2102.
  19. Effect of  $\gamma$ -radiation on physico-chemical, morphological and thermal characteristics of lotus seed (*Nelumbo nucifera*) starch / S. Punia [et al.] // *International journal of biological macromolecules*. 2020. 157. P. 584–590.
  20. Oat starch: Physico-chemical, morphological, rheological characteristics and its applications- A review / S. Punia [et al.] // *International journal of biological macromolecules*. 2020. 154. P. 493–498.
  21. Alemayehu F.R., Bendevis M.A., Jacobsen S.E. The potential for utilizing the seed crop amaranth (*Amaranthus* spp.) in East Africa as an alternative crop to support food security and climate change mitigation // *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2015. 201. № 5. P. 321–329.
  22. Morphological, proximal composition, and bioactive compounds characterization of wild and cultivated amaranth (*Amaranthus* spp.) species / E. Bojórquez-Velázquez [et al.] // *Journal of cereal science*. 2018. T. 83. P. 222–228.
  23. Assessing the fatty acid, carotenoid, and tocopherol compositions of amaranth and quinoa seeds grown in Ontario and their overall contribution to nutritional quality / Y. Tang [et al.] // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2016. 64. № 5. P. 1103–1110.

24. *Bhat A., Satpathy G., Gupta R.K.* Evaluation of Nutraceutical properties of *Amaranthus hypochondriacus* L. grains and formulation of value added cookies // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2015. 3. № 5. P. 51–54.
25. *Joshi, Nidhi & Verma, Kuldip.* (2023). A review on nutrition value of Amaranth (*Amaranthus caudatus* L.): The crop of future. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9. 317-319.
26. Quinoa and amaranth as functional foods: A review / *Schmidt D.* [et al.] // *Food Reviews International*. 2023. 39. № 4. P. 2277–2296.
27. Folates in quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus sp.*) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*): Influence of cooking and malting / *C. Motta* [et al.] // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2017. 64. P. 181–187.
28. *Magomedmirzoeva R.G., Gins M.S., Dadashev M.N.* Fiziko-himicheskiy analiz i biohimicheskiy sostav amaranta, introducirovannogo v Dagestane // *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov*. Ser.: *Agronomiya i zhivotnovodstvo*. 2019. T. 14, № 3. S. 185–195. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-3-185-195. EDN ZRNKYK.
29. Study and determination of As, Cr, and Pb in amaranth seeds / *E.G. Aguilar* [et al.] // *Journal of Chemistry*. 2013. P. 2013..

Статья принята к публикации 18.11.2024 / The article accepted for publication 18.11.2024.

Информация об авторах:

**Ирина Юрьевна Резниченко**, профессор кафедры биотехнологии и производства продуктов питания, доктор технических наук

**Татьяна Александровна Мирошина**, доцент кафедры педагогических технологий, кандидат педагогических наук, доцент

Information about the authors:

**Irina Yuryevna Reznichenko**, Professor at the Department of Biotechnology and Food Production, Doctor of Technical Sciences

**Tatyana Aleksandrovna Miroshina**, Associate Professor at the Department of Pedagogical Technologies, Candidate of Pedagogical Sciences, Docent

