

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-6-1021

EDN: DUKSQD

УДК 57.084.1:664-4



Научная статья

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В СЕМЕНАХ И ПРОРОСТКАХ БОБОВЫХ КУЛЬТУР ПОДСЕМЕЙСТВА PAPILIONOIDEAE

Т.А. Адамович, А.С. Олькова

Аннотация

Обоснование. Семена и проростки бобовых растений являются популярным растительным продуктом питания с многими полезными свойствами. Проблемы роста населения, высокой заболеваемости и одновременное уменьшение площади плодородных земель актуализируют необходимость внедрения функциональных продуктов питания в ежедневную практику.

Целью исследования было сравнение содержания биологически активных веществ в семенах и проростках сои *Glycine max*, маша *Vigna radiata*, фасоли *Phaseolus vulgaris*, люцерны *Medicago sativa*.

Методы исследования. Проростки получали методом гидропонной культуры на дистиллированной воде (7-10 дней). Семена и проростки исследовали в измельченном воздушно-сухом виде. Содержание полифенолов и флавоноидов определяли спектрофотометрически, аскорбиновой кислоты – титрованием по методу Тильманса.

Результаты. Показано, что проращивание всех семян приводит к увеличению содержания полифенолов, флавоноидов и аскорбиновой кислоты в 2-12 раз. Проростки *M. sativa* и *V. radiata* оказались наиболее ценными источниками антиоксидантных соединений полифенольной группы (21 и 20 мг/г соответственно). По содержанию аскорбиновой кислоты лидировали проростки *M. sativa* и *Ph. vulgaris* (0,11 мг/г соответственно).

Выводы. Семена *M. sativa*, не рекомендуемые для питания человека из-за высокого содержания токсичного канаванина, могут дополнять функциональное питание в виде проростков.

Ключевые слова: аскорбиновая кислота; флавоноиды; полифенолы; *Glycine max*; *Vigna radiata*; *Phaseolus vulgaris*; *Medicago sativa*

Для цитирования. Адамович Т.А., Олькова А.С. Содержание биологически активных веществ в семенах и проростках бобовых культур подсемейства papilionoideae // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, №6. С. 145-155. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-6-1021

Original article

THE CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN SEEDS AND SPROUTS OF BEANS OF THE PAPILIONOIDEAE SUBFAMILY

T.A. Adamovich, A.S. Olkova

Abstract

Background. The problems of population growth, high morbidity and simultaneous decrease in the area of fertile lands actualize the need to introduce functional food products into daily practice.

The **aim** of the study was to compare the content of biologically active substances in seeds and seedlings of soybean *Glycine max*, mung bean *Vigna radiata*, bean *Phaseolus vulgaris*, alfalfa *Medicago sativa*.

Materials and methods. The seedlings were obtained by the method of hydroponic culture in distilled water (7-10 days). Seeds and seedlings were examined in crushed air-dry form. The content of polyphenols and flavonoids was determined on a spectrophotometer, the content of ascorbic acid was determined by titration using the Tilemans method.

Results. It has been shown that germination of all seeds leads to an increase in the content of polyphenols, flavonoids and ascorbic acid by 2-12 times. *M. sativa* and *V. radiata* sprouts turned out to be the most valuable sources of antioxidant compounds of the polyphenol group (21 ± 5 and 20.0 ± 2.9 mg/g, respectively). In terms of ascorbic acid content, the leaders were the sprouts of *M. sativa* and *Ph. vulgaris* (0.11 ± 0.01 mg/g).

Conclusion. *M. sativa* seeds, which are not recommended for human nutrition due to their high content of toxic canavanine, can complement functional food in the form of sprouts.

Keywords: ascorbic acid; flavonoids; polyphenols; *Glycine max*; *Vigna radiata*; *Phaseolus vulgaris*; *Medicago sativa*

For citation. Adamovich T.A., Olkova A.S. The Content of Biologically Active Substances in Seeds and Sprouts of Beans of the Papilionoideae Subfamily. *Siberian*

Journal of Life Sciences and Agriculture, 2024, vol. 16, no. 6, pp. 145-155. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-6-1021

Введение

Некоторые функциональные продукты питания являются доступными для большинства населения. К ним можно отнести проростки семян различных растений (микрорезель). Проращивание семян – это один из биотехнологических методов, который может улучшить фитохимический профиль и функциональные качества съедобных семян [1]. Проростки можно употреблять в пищу самостоятельно, а также использовать как добавку, повышающую полезные свойства готового продукта. Так, добавление в муку проростков пшеницы улучшало профиль фенольных соединений в хлебе [4].

Первоначальный состав семян существенно изменяется во время прорастания. Питательные вещества и биологические активные соединения трансформируются: белки расщепляются на аминокислоты, жиры – на незаменимые жирные кислоты, крахмалы – на сахара, минералы переходят в хелатную форму или комбинируются с белком так, что повышается их биологическая ценность [7]. Содержание белков, витаминов, ферментов, доступных микроэлементов увеличивается от 300 до 1200 %.

Употребление проростков в пищу может иметь профилактические и лечебные эффекты. Они содержат сульфорафан, изотиоцианаты, глюкозинолаты, ферменты, антиоксиданты, витамины, которые в совокупности эффективны в профилактике многих болезней, в том числе рака [2]. Возможно, это связано с тем, что проростки имеют антигенотоксический эффект, защищая ДНК от повреждения, индуцированного перекисью водорода H_2O_2 [20]. Также съедобные семена и проростки являются хорошим источником антиоксидантов, таких как фенольные кислоты, флавоноиды, микроэлементы и витамины [13]. Известно, что получение антиоксидантов с пищей является естественной защитой от болезней сердца и многих возрастных патологических состояний [10].

В западной культуре ценные свойства проростков люди узнали на примере злаков (лат. Gramíneae). Восточная культура издавна ценила бобовые растения (лат. Fabáceae, Leguminósae), особенно фасоль, маш, чечевицу, нут, сою, арахис, которые относятся к подсемейству Papilionoideae (Faboideae). Их ценят главным образом за растительный источник белка, а также уникальный набор аминокислот, минералов и витаминов [12, 3]. Теперь эти семена завоевали весь мир. Постепенно в практику здорового питания входят также проростки семян Papilionoideae.

Целью нашей работы было сравнение содержания биологически активных веществ в семенах и проростках маша, сои, люцерны, фасоли.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования были выбраны семена (производитель – группа компаний «Гавриш», Россия), а также высушенные до постоянной массы проростки бобовых культур подсемейства Papilionoideae: сои (*Glycine max*), маша (*Vigna radiata*), фасоли (*Phaseolus vulgaris*), люцерны (*Medicago sativa*). Проращивание семян осуществлялось гидропонным методом. Семена промывались и замачивались в питьевой воде на сутки. Затем они высаживались на влажный субстрат из джутового коврика, помещенного в пластиковый контейнер. Полив – 1 раз в сутки водой питьевого качества. Проращивание семян проводили при температуре 22–24°C, естественном равномерном освещении. Проращивание заканчивали на 7-10 сутки.

В измельченной биомассе семян и проростков мы определяли содержание трёх биологически активных веществ. Содержание аскорбиновой кислоты определялось её экстрагированием раствором соляной кислоты с последующим титрованием раствором 2,6-дихлорфенолиндифенолятом натрия по методу Тильманса [23]. Метод определения полифенолов был основан на реакции их окисления в водно-спиртовом экстракте из растительного сырья реактивом Фолина-Чокальтеу [24]. Содержание флавоноидов определялось спектрофотометрически по оптической плотности комплексов, образующихся при взаимодействии флавоноидов с хлоридом алюминия [25]. В качестве стандарта служил рутин.

Определение показателей проводилось в трех повторностях. Результаты представляли в виде средних значений (М) и их стандартных отклонений (δ). Значимость различий между сравниваемыми рядами данных оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента, $p < 0,05$.

Результаты исследования

Содержание биологически активных веществ в семенах и проростках

Полифенольные соединения (включая флавоноиды) относятся к классу натуральных веществ, обладающих большой пользой для здоровья. Проращивание семян приводило к возрастанию концентрации фенольных соединений в ростках по сравнению с исходными семенами (рис. 1). Это объясняется тем, что процесс прорастания приводит к заметным изменениям фенольного состава за счет активации внутренних ферментов и метаболических процессов [18].

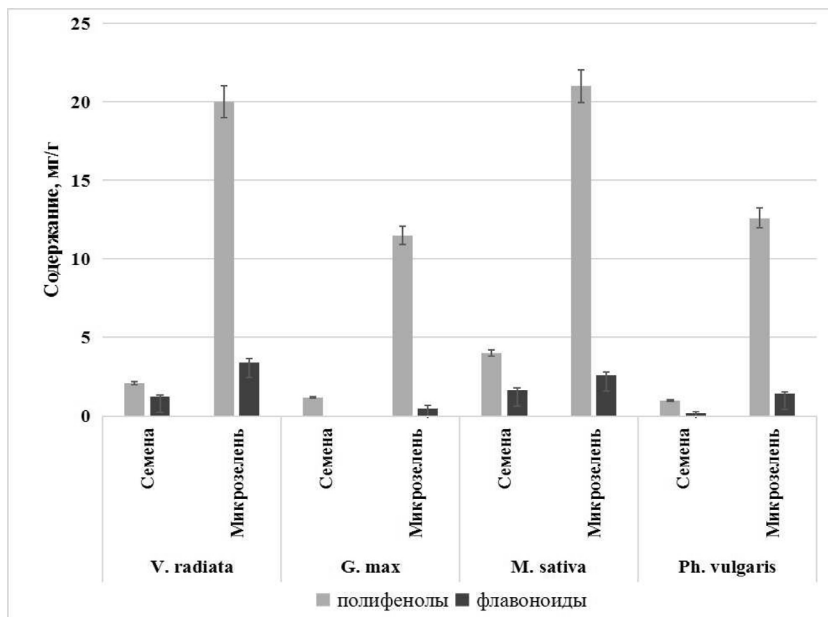


Рис. 1. Содержание фенольных соединений в семенах растений семейства Fabaceae подсемейства Papilionoideae

Мы сравнили активацию синтеза двух фенольных соединений в процессе проращивания. Оказалось, что содержание полифенолов увеличивается при проращивании значительно, чем флавоноидов: в 5,3-12,6 раз и 1,6-7,6 раз соответственно. Среди выбранных растений выгодно отличаются *M. sativa* и *V. radiata*. Сухие семена *M. sativa* лидировали по содержанию как полифенолов, так и флавоноидов: 4 и 1,6 мг/г соответственно. Проращивание *V. radiata* привело к максимальному повышению содержания флавоноидов (в 2,8 раз) по сравнению с другими семенами. Концентрация полифенолов в проростках *M. sativa* и *V. radiata* была на одном уровне: 21 ± 5 и $20,0 \pm 2,9$ мг/г соответственно ($p > 0.05$).

Содержание аскорбиновой кислоты во многих сухих семенах было значительным, а разница показателей в семенах и проростках была не так велика, как у фенольных соединений (рис. 2). По этому показателю лидировали семена *Ph. vulgaris* – 0,08 мг/г. Необходимо учитывать, что оцениваемые бобы подвергаются термической обработке, при которой большая часть аскорбиновой кислоты разрушается. Поэтому проростки

бобов, употребляемые в сыром виде, являются более надежным источником витамина.

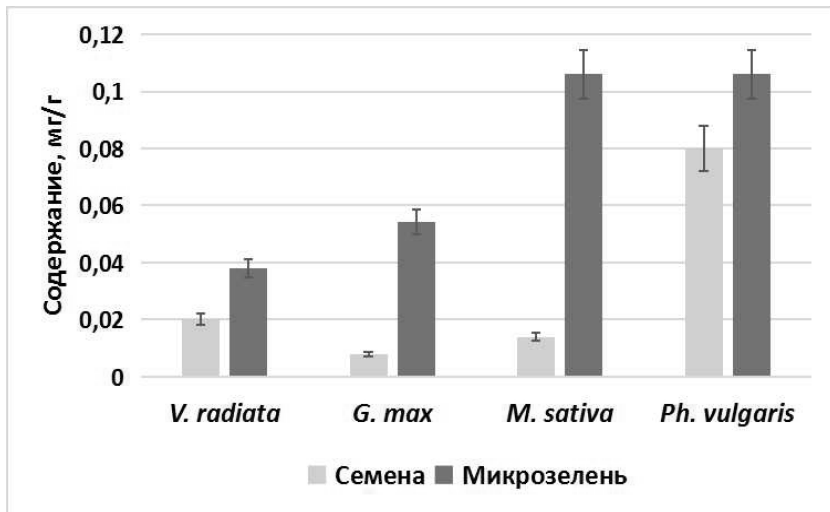


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в семенах растений семейства Fabáceae подсемейства Papilionoideae

Максимальное увеличение концентрации аскорбиновой кислоты в результате проращивания было зафиксировано для *M. sativa* (7,6 раз) и *G. max* (6,8 раз). Проростки этих бобов в итоге содержали 0,11 и 0,054 мг/г витамина С. Эти показатели на два порядка ниже содержания аскорбиновой кислоты в лимонах разных сортов (2,4-3,2 мг/г) [15], однако проростки вносят свой вклад в витаминизацию пищи.

Литературные данные подтверждают полученные нами результаты [17]. В [11] было показано, что содержание белка, золы, общего содержания фенолов и флавоноидов, а также ферментативная активность семян маша *V. radiata* возрастали с увеличением времени прорастания. Новизной представленной работы является сравнение семян *G. max*, *V. radiata*, *Ph. vulgaris*, *M. sativa* и их проростков по содержанию биологически активных веществ.

Анализ комплекса полученных результатов показывает, что люцерна *M. sativa*, слабо применяемая в западной культуре для пищевых и лекарственных целей, показала самые лучшие результаты по содержанию биологически активных веществ. *M. sativa* традиционно применяется в

медицине восточных стран. В работе [21] сделан вывод, что водно-спиртовые экстракты *M. sativa* обладают обезболивающими и противовоспалительными свойствами как отдельное сырье, так и в комбинации с другими лекарственными растениями. Также из *M. sativa* были выделены четыре новых изофлавоновых гликозида. Эти соединения проявляли мощные ней-ропротекторные эффекты [14].

Несмотря на высокое содержание биологически активных веществ как в семенах, так и проростках *M. sativa*, именно это растение употребляют преимущественно в виде проростков. Семена *M. sativa* содержат высокую концентрацию канаванина – небелковой аминокислоты, оказывающей токсичное действие. Процесс проращивания разрушает канаванин.

Перспективы биотехнологии

Проростки (микрозелень) – это форма растительного продукта, которая привлекает к себе внимание благодаря высокому содержанию биологически активных соединений. Их достоинствами являются простота выращивания, дешевизна, свежесть продукции, разнообразие, подщелачивающий эффект, высокая усвояемость, богатство растительным белком [26].

Проращивание относится к технологиям биофортификации – это процесс повышения пищевой ценности съедобных частей растения [9]. Это обеспечивает долгосрочную и устойчивую альтернативу снабжения людей пищей, богатой микроэлементами и биологически активными веществами [8]. Биофортификация включает меры по улучшению содержания питательных веществ, включая витамины, незаменимые аминокислоты, минералы и жирные кислоты, и исключение факторов, которые препятствуют биодоступности питательных веществ в сельскохозяйственных культурах.

Перспективами развития биотехнологии проращивания семян может стать инокуляция молочнокислыми бактериями и дрожжами для создания функциональной симбиотической пищи. Результаты Cheng с соавторами [6] показали, что длительное освещение семян при проращивании вплоть до тотального (24 часа) является многообещающим методом повышения питательной ценности ростков маша. Также в работе [19] показано, что модулированный световой спектр может быть использован для увеличения количества фенольных соединений в проростках, делая её экономически более ценной. Постоянное освещение усиливает антиоксидантную активность проростков *V. radiata*, что было связано с увеличением содержания кофейной кислоты, рутина и витексина [6]. Это также многообещающий метод повышения питательной ценности ростков бобов маш и других бобов Papilionoideae.

Заклучение

В процессе прорастания происходит активация метаболических процессов в бобах подсемейства Papilionoideae, за счет чего возрастает концентрация биологически активных веществ, необходимых для процесса проращивания. Биологические виды расположились по степени обогащения полифенолами в ряд (с учетом достоверности различий на уровне 0.05): *M. sativa* = *V. radiata* > *Ph. vulgaris* = *G. max*. Ряд обогащения флавоноидами отличался на одну позицию: *V. radiata* > *M. sativa* > *Ph. vulgaris* = *G. max*. Следовательно, показано, что проростки люцерны *M. sativa* и маша *V. radiata* являются ценными источниками антиоксидантных соединений полифенольной группы. Содержание аскорбиновой кислоты в проростках уменьшалось в таком ряду: *M. sativa* = *Ph. vulgaris* = *G. max* > *V. radiata*. Следовательно, проростки *M. sativa* отличались лучшими показателями содержания трех биологически активных веществ. Таким образом, семена люцерны, не подходящие для питания людей в традиционном виде, являются ценной функциональной добавкой к пище в виде проростков.

Список литературы / References

1. Aloo S. O., Barathikannan K., Ofosu F. K., Oh D.-H. Fermentation of ascorbic acid-elicited alfalfa sprouts further enhances their metabolite profile, antioxidant, and anti-obesity effects. *Food Bioscience*, 2023, vol. 54, pp. 102871. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102871>
2. Awulachew M. T. A Review to Nutritional and Health Aspect of Sprouted Food. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2021, vol. 10(7), pp. 564-568. <https://doi.org/10.19070/2326-3350-2200097>
3. Bhadkaria A., Narvekar D.T., Gupta N., Khare A., Bhagyawant S.S. Moth bean (*Vigna aconolia* (Jacq.) Marechal) seeds: A review on nutritional properties and health benefits. *Discover Food*, 2022, no. 2, p. 18. <https://doi.org/10.1007/s44187-022-00019-3>
4. Cauduro T., D'Almeida C.T.S., Bidusk, B., dos Santos A., Santos M.C.B., da S. Lima L.R., Cameron L.C., Bertolin T.E., Ferreira M.S.L. Gutkoski L.C. Whole wheat flour replaced by sprouted wheat improves phenolic compounds profile, rheological and bread-making properties. *Journal of Cereal Science*, 2023, p. 114. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103778>
5. Chávez García S.N., Rodríguez-Herrera R., Flores S.N., Sonia Yesenia Silva-Belmares S.Y., Esparza-González S.C., Ascacio-Valdés A.J., Flores-Gallegos A.C. Sprouts as probiotic carriers: A new trend to improve consumer

- nutrition. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 2023, no. 7, p. 100185. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2023.100185>
6. Cheng Y., Xiang N., Cheng X., Chen H., Guo X. Effect of photoperiod on polyphenol biosynthesis and cellular antioxidant capacity in mung bean (*Vigna radiata*) sprouts. *Food Research International*, 2022, vol. 159, p. 111626. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111626>
 7. Gan R.Y., Chan Ch.L., Yang Q.Q., L I H.B., Zhang D., Ge Y.Y., Gunaratne A., Harold Corke Ge J. Bioactive compounds and beneficial functions of sprouted grains. *AACC International Press*, 2019, pp. 191-246. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00009-9>
 8. Garg M., Sharma N., Sharma S., Kapoor P., Kumar A., Chunduri V. Biofortified crops generated by breeding, agronomy, and transgenic approaches are improving lives of millions of people around the world. *Frontiers in. Nutrition*, 2018, no. 5, p. 12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00012>
 9. Gupta A., Sharma T., Singh S. P., Bhardwaj A., Srivastava D., Kumar, R. Prospects of microgreens as budding living functional food: Breeding and biofortification through OMICS and other approaches for nutritional security. *Frontiers in Genetics*, 2023, no. 14, p. 1053810.
 10. Hano C., Tungmunnithum D. Plant polyphenols, more than just simple natural antioxidants: Oxidative stress, aging and age-related diseases. *Medicines*, 2020, no. 7(5), p. 26.
 11. Hung Ph. V., Yen N. Th. H., Phi N. Th. L., Tien N. Ph. H., Trung N. Th. Th. Nutritional composition, enzyme activities and bioactive compounds of mung bean (*Vigna radiata* L.) germinated under dark and light conditions. *LWT*, 2020, vol. 133, p. 110100. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110100>
 12. Kanishka R., C.Gayacharan C., Basavaraja T., Chandora R. Moth bean (*Vigna aconitifolia*): a minor legume with major potential to address global agricultural challenges. *Frontiers in Plant Science*, 2023, vol. 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1179547>
 13. Kapravelou G., Martínez R., Perazzoli G., González C.S., Llopis J., Cantarero S., Goua M., Bermanno G., Prados J., Melguizo C., Aranda P., López-Jurado M., Porres J.M. Germination Improves the Polyphenolic Profile and Functional Value of Mung Bean (*Vigna radiata* L.). *Antioxidants*, 2020, no. 9, p. 746. <https://doi.org/10.3390/antiox9080746>
 14. Liu X.-G., Huang M.-Y., Gao P.-Y., Liu Ch.-F., Sun Y.-Q., Lv M.-Ch., Yao G.-D., Zhang L.-X., Li D.-Q. Bioactive constituents from *Medicago sativa* L. with antioxidant, neuroprotective and acetylcholinesterase inhibitory activities. *Journal of Functional Foods*, 2018, vol. 45, pp. 371-380. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.04.025>

15. Matteo A.D., G. Simeone D.R., Cirillo A., Rao M. A., Vaio C. D. (2021). Morphological characteristics, ascorbic acid and antioxidant activity during fruit ripening of four lemon (*Citrus limon* (L.) Burm. F.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 2021, vol. 276, p. 109741. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109741>
16. Pająk P., Socha R., Gałkowska D., Rożnowski J., Fortuna T. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Food chemistry*, 2014, vol. 143, pp. 300-306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.064>
17. Pakichev A.S. Content of polyphenolic compounds in microgreens of some representatives of the fabaceae family. *Chemical problems of our time*, 2022, pp. 50-52.
18. Pérez-Balibrea S., Moreno D.A., García-Viguera C. Genotypic effects on the phytochemical quality of seeds and sprouts from commercial broccoli cultivars. *Food Chemistry*, 2011, vol. 125 (2), pp. 348-354.
19. Rizvi A., Sharma M., Saxena S. Microgreens: A Next Generation Nutraceutical for Multiple Disease Management and Health Promotion. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2023, vol. 70(2), pp. 311-332.
20. Sabahi Z., Fatemeh Soltani F., Moein M. Insight into DNA protection ability of medicinal herbs and potential mechanisms in hydrogen peroxide damages model. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2018, no 8(2), pp. 120-129. <https://doi.org/10.4103/2221-1691.225616>
21. Seddighfar M., Mirghazanfari S. M., Dadpay M. Analgesic and anti-inflammatory properties of hydroalcoholic extracts of *Malva sylvestris*, *Carum carvi* or *Medicago sativa*, and their combination in a rat model. *Journal of Integrative Medicine*, 2020, vol. 18(2), pp. 181-188. <https://doi.org/10.1016/j.joim.2020.02.003>
22. Singh, A.K., Rehal, J., Kaur, A., Jyot, G. Enhancement of attributes of cereals by germination and fermentation: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2015, vol. 55(11), pp. 1575-89. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.706661>
23. State standard 24556–89. *Processed products of fruits and vegetables. Methods for determining vitamin C*. Moscow: IPC Standards Publ., 2003. 11 p.
24. State standard P 55488–2013. Propolis. *Method for determination of polyphenols*. Moscow: Standardinform, 2014. 9 p.
25. State standard 13399–89. *Arnica flowers. Technical conditions*. Moscow: IPK Publishing House of Standards, 1995. 11 p.
26. Wang M., Li Y., Yang Y., Tao H., Mustafa G., Meng F., Wang Q. Biofortification of health-promoting glucosinolates in cruciferous sprouts along the whole agro-food chain. *Trends in Food Science & Technology*, 2023, p. 104164.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Адамович Татьяна Анатольевна, канд. геогр. наук, доцент кафедры фундаментальной химии и методики обучения химии

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет»

*ул. Московская, 36, г. Киров, 610000, Российская Федерация
tijnadamvich@rambler.ru*

Олькова Анна Сергеевна, докт. биол. наук, доцент, профессор кафедры экологии и природопользования, старший научный сотрудник Центра компетенций «Экологические технологии и системы»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет»

*ул. Московская, 36, г. Киров, 610000, Российская Федерация
usr08617@vyatsu.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Tatyana A. Adamovich, Candidate of Geographical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Fundamental Chemistry and Methods of Teaching Chemistry

Vyatka State University

36, Moskovskaya Str., Kirov, 610000, Russian Federation

tijnadamvich@rambler.ru

ResearcherID: N-3967-2016

Scopus AuthorID: 57195528912

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8684-927X>

Anna S. Olkova, Doctor of Biological Sciences, Docent, Professor of the Department of Ecology and Environmental Management, Senior Research Fellow, Competence Center “Environmental Technologies and Systems”

Vyatka State University

36, Moskovskaya Str., Kirov, 610000, Russian Federation

usr08617@vyatsu.ru

SPIN-code: 4874-9240

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5798-8211>

ResearcherID: A-4963-2017

Scopus Author ID: 57195523346

Поступила 07.04.2024

После рецензирования 15.05.2024

Принята 26.06.2024

Received 07.04.2024

Revised 15.05.2024

Accepted 26.06.2024