



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 665.35

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.022



ИССЛЕДОВАНИЕ ВИТАМИННОГО СОСТАВА РАСТОРОПШИ ПЯТНИСТОЙ

Дарья Андреевна Кашолкина¹, Мария Анатольевна Болгова²,
Наталья Леонидовна Клейменова³, Максим Васильевич Копылов⁴,
Инэсса Николаевна Болгова⁵

1, 2, 3, 4, 5 Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

¹ dasha08082000@mail.ru

² bolgova.masha20@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7464-3883>

³ klesha78@list.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1462-4055>

⁴ kopylov-maks@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

⁵ bolgovainessa@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0915-8405>

Аннотация. Предметом исследования данной научной статьи являются семена расторопши пятнистой. Расторопша – известное лекарственное растение, богатое ценными биологически активными веществами, микро- и макроэлементами, витаминами. Расторопша относится к нутрицевтикам, исследование состава семян которых имеет практическое значение для создания продуктов функциональной направленности с целью удовлетворения физиологической потребности человека в необходимых для организма полезных веществах. Помимо этого семена расторопши могут являться биологически активной добавкой в питании. Изучение витаминного состава, содержания микро- и макроэлементов в семенах расторопши пятнистой являлось целью исследования, которое проводилось по стандартным методикам с использованием классических и спектральных методов. В ходе экспериментальных исследований в семенах расторопши пятнистой установлено присутствие β-каротина, витамина В1, витамина В2, витамина В4 и витамина Е. Самое высокое содержание имеет холин (В4). Также было установлено, что семена масличной культуры содержат железо, цинк, марганец, йод, селен, медь, хром, калий, кальций, магний, фосфор. Содержание железа, цинка преобладает среди микроэлементов, количество фосфора и кальция – среди макроэлементов. О богатстве семян расторопши ценными биосоединениями говорят полученные результаты, которые необходимы для анализа семян с целью проектирования состава пищевых продуктов с учетом рекомендаций суточного потребления витаминов и минералов. Таким образом, семена расторопши можно рекомендовать как потенциальный источник функциональных добавок при профилактическом питании и в лечебном питании в составе комплексной терапии.

Ключевые слова: расторопша пятнистая, витаминный состав, микроэлементы, макроэлементы, семена.

Благодарности: автор выражает признательность коллегам за помощь, благодарность за финансовую поддержку исследования.

Для цитирования: Исследование витаминного состава расторопши пятнистой / Д.А. Кашолкина [и др.]. // Ползуновский вестник. № 3, 2022. С. 160 – 165. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.022. EDN: <https://elibrary.ru/vqmqmp>.

Original article

STUDY OF THE VITAMIN COMPOSITION OF MILK THISTLE

Daria A. Kasholkina ¹, Maria A. Bolgova ², Natalia L. Kleymenova ³,
Maxim V. Kopylov ⁴, Inessa N. Bolgova ⁵^{1, 2, 3, 4, 5} Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia¹ dasha08082000@mail.ru² bolgova.masha20@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7464-3883>³ klesha78@list.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1462-4055>⁴ kopylov-maks@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2678-2613>⁵ bolgovainessa@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0915-8405>

Abstract. *The subject of this scientific article is the seeds of milk thistle. Milk thistle is a well-known medicinal plant rich in valuable biologically active substances, macro and microelements, and vitamins. Milk thistle belongs to nutraceuticals, the study of the composition of the seeds of the plant is of practical importance for the creation of oils of functional value to meet the physiological needs of a person in useful substances necessary for the body. In addition, milk thistle seeds can be treated as a biologically active dietary supplement. The study of the vitamin composition, the content of micro- and macroelements in the seeds of milk thistle was the purpose of the study, carried out according to standard techniques using classical and spectral methods. In the course of experimental studies, the presence of β -carotene, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B4 and vitamin E was found in the seeds of milk thistle. Choline (B4) has the highest content. The presence of α -tocopherol, or vitamin E, prevents the oxidation of body lipids, including polyunsaturated fatty acids and lipid components of cells and membrane organelles. It was also found that oilseeds contain iron, zinc, manganese, iodine, selenium, copper, chromium, potassium, calcium, magnesium, phosphorus. Obtained results which have shown that milk thistle seeds are rich in valuable biocompounds, are necessary for the analysis of seeds in order to design the composition of food products, taking into account the recommendations of the daily intake of vitamins and minerals. Thus, milk thistle seeds can be recommended as a potential source of functional supplements for preventive nutrition and therapeutic nutrition as part of complex therapy.*

Keywords: *milk thistle, vitamin composition, oil, macronutrients, trace elements, seeds.*

Acknowledgements: *the author expresses gratitude to his / her colleagues for their help, thanks for the financial support of the research.*

For citation: Kasholkina, D. A., Bolgova, M. A., Kleymenova, N. L., Kopylov, M. V. & Bolgova, I. N. (2022). Study of the vitamin composition of milk thistle. *Polzunovskiy vestnik*, 3, 160-165. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.022.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение осведомленности потребителей о здоровом питании связано с развитием науки, а также с интерпретацией науки для широкой аудитории, которые были популяризированы в журналах, телевизионных программах и в Интернете. В дополнение к сенсорным свойствам потребители ожидают, что пища положительно повлияет на их здоровье, благополучие и качество жизни.

Расторопша пятнистая в изобилии растет около дорог в России и давно признана средством от заболеваний печени и желчевыводящих путей. Она классифицируется как лекарственное растение. Также является уникальным растением, которое содержит

ряд необходимых для организма человека полезных и незаменимых веществ [1].

Расторопша пятнистая включает в себя комплекс биологически активных веществ, более значимые из них: силикристин, силидианин, силибин (флаволигнаны) [2]. Данные соединения определяют важные фармакологические свойства растения – гепатопротекторное, антиоксидатное и антитоксическое. Противовоспалительные и антиканцерогенные свойства данного растения определяют содержащиеся в семенах полифенолы [3].

На основе этой масличной культуры изготавливаются такие гепатопротекторные лекарственные средства, как легалон, карсил, силимар, силибор [4].

Растение богато витаминами группы В и Е, β-каротином, микро- и макроэлементами.

Расторопша относится к нутрицевтикам, которые используются для лечебно-профилактического питания в виде биологически активных добавок – флаволигнанов. Растение богато пищевыми волокнами, растительными компонентами [5]. Семена расторопши являются идеальным ингредиентом как для фармацевтического, так и для косметического применения [6, 7]. Кроме того, семена могут быть использованы в качестве подходящего пищевого ингредиента в продуктах с низким содержанием клетчатки.

Следует отметить тот факт, что, несмотря на достаточно хорошо изученный состав плодов, в литературных источниках практически отсутствует комплексная информация о химическом составе.

В научной литературе ограничены сведения о витаминном составе семян расторопши пятнистой и практически не встречаются данные о содержании микро- и макроэлементов. В связи с этим целью данной работы является определение химического состава в числовых показателях.

В работе [8] продемонстрировано, что погодные условия в большей степени влияют на химический состав плодов расторопши, чем агротехнические условия. Содержание макроэлементов в г/кгдм было следующим: фосфор – 6,1, калий – 4,95; кальций – 7,6; магний – 2,6. Было обнаружено высокое содержание железа – 82,3 мг/ кгдм.

Авторы Apostol L., Iorga C.S., Moşoiu C.E., Mustăţea G., & Cucu Ş.E. обнаружили, что семена расторопши отличаются высоким содержанием минералов (мг/100 г): кальция (912), магния (433), железа (80,5), цинка (7,38) и меди (2,69). Из проведенных анализов содержания минералов можно отметить, что семена расторопши пятнистой представляют собой материал с важным содержанием минералов, 100 г которого обеспечивают суточное потребление некоторых из этих элементов в соответствии с рекомендуемыми нормами потребления макро- и микронутриентов [9].

Актуальность изучения этого растения является важной стратегической задачей для расширения разнообразия доступных комплексных биологически активных добавок в функциональных продуктах питания, которые в настоящее время находятся в центре повышенного внимания.

Приобретение все большей популярности функциональных пищевых продуктов, обогащенных витаминами, минеральными

веществами связано с тем, что потребление продуктов, содержащих природные биологически активные вещества, не удовлетворяет потребности организма и недостаточно для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний.

Цель исследования – изучение витаминного состава, содержания микро- и макроэлементов в семенах расторопши пятнистой.

МЕТОДЫ

Объектом исследования были выбраны семена расторопши пятнистой. Проведены исследования витаминного состава семян расторопши в соответствии с нормативными документами [10-14].

Проведено исследование минеральных элементов семян расторопши пятнистой методами по ГОСТ 26573.2-2014, НСАМ № 512-МС [15,16].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследований витаминного состава семян расторопши пятнистой представлены на рисунке 1.

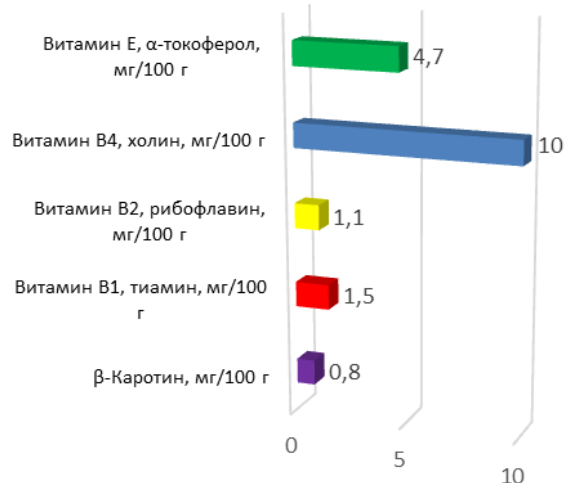


Рисунок 1 – Витаминный состав семян расторопши пятнистой

Figure 1 – Vitamin composition of milk thistle seeds

На рисунках 2 а, б и 3 представлено установленное в семенах содержание микро- и макроэлементов, соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования семян расторопши обнаружены: β-каротин (0,8 мг/100 г), витамин В1 (1,5 мг/100 г), витамин В2 (1,1 мг/100 г), витамин В4 (10 мг/100 г) и витамин Е (4,7 мг/100 г). Результаты полученных исследований позволяют рекомендовать для принятия в пищу семена расторопши, так как они способны удовлетворить физиологическую потребность в исследуемых веществах различных категорий населения.

Анализ данных показал, что самое высокое содержание имеет холин (В4), который играет важную роль в функционировании нервной системы, снижает уровень холестерина в крови, участвует в углеводном обмене, липидном обмене в печени, способствует снижению веса и уменьшает риск диабетов [18]. Ранее авторами было проведено исследование жирно-кислотного и химического состава коричневых и белых семян льна [17]. При сравнении результатов по двум масличным культурам выявили, что качественный состав витаминов более широко представлен в семенах льна, в количественном составе также имеются отличия. Эти данные впоследствии можно использовать при проектировании многокомпонентных комплексных сбалансированных биологически активных добавок.

Семена расторопши пятнистой содержат минеральные элементы, которые необходимы для питания человека. При исследовании образцов были обнаружены микроэлементы: марганец (12 мг/100 г), йод (11 мкг/100 г), селен (220 мкг/100 г), хром (21 мкг/100 г). Также установили содержание макроэлементов в семенах растения: калий (920 мг/100 г), кальций (1660 мг/100 г), магний (420 мг/100 г), фосфор (9600 мг/100 г).

Семена характеризуются большим содержанием микро- и макроэлементов.

Сравнительный анализ полученных результатов проводили с не подвергавшимися переработке семенами. В ходе сравнения выявлено, что в исследуемых семенах содержание микроэлементов больше: железа – в 1,8 раз, цинка – в 9,5 раз, меди – незначительно, а содержание макроэлементов: кальция – в 1,8 раз, магния – практически такое же [9]. Имеются небольшие отличия и в качественном составе.

Различия в определенной степени объясняются различиями районов произрастания расторопши пятнистой, климатическими условиями и в составе почвы.

Преимущества полученных сведений перед представленными в литературных источ-

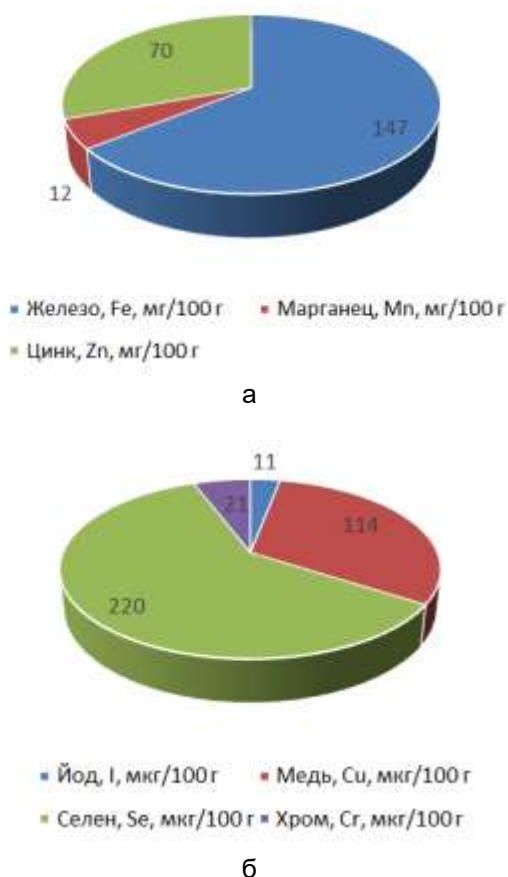


Рисунок 2 – Содержание микроэлементов в семенах расторопши пятнистой (а, б)

Figure 2 – Microelements content in milk thistle seeds (а, б)

Образцы исследовали на содержание макроэлементов, которые представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Содержание макроэлементов в семенах расторопши пятнистой

Figure 3 –The content of macronutrients in the seeds of milk thistle

никах в том, что они представляют собой комплексные данные о витаминном составе и о содержании микро- и макроэлементов вместе.

Полученные комплексные результаты необходимы при проектировании состава новых многоцелевых пищевых продуктов функционального назначения не только с учетом жирнокислотного состава, но и с учетом рекомендаций суточного потребления витаминов и минералов. Эти же сведения можно использовать в косметическом и фармацевтическом направлениях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принимая во внимание, что потребители все больше и больше становятся осведомлены о качестве продуктов питания, особенно с точки зрения питания, необходимо найти новые пищевые ресурсы, богатые биологически активными соединениями. В этом отношении семена расторопши отвечают ожиданиям потребителей для получения продуктов питания, богатых ценными биосоединениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рамазанов А.Ш., Балаева Ш.А., Шахбанов К.Ш. Химический состав плодов и масла расторопши пятнистой, произрастающей на территории Республики Дагестан // *Химия растительного сырья*. 2019. №2. С. 113-118. doi:10.14258/jcprm.2019024441.
2. Смирнов С.О., Фазуллина О.Ф. Плоды расторопши пятнистой как перспективное сырье растительного происхождения в технологии производства биологически активных добавок к пище // *Пищевая промышленность*. 2018. №9. С. 8-12.
3. Milk thistle (*Silybum marianum*): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases / L. Abenavoli, et al. // *Phytotherapy Research*. 2018. vol. 32. P. 2202-2213. doi:10.1002 / ptr.6171.
4. Кароматов И.Д., Асланова Д.К. Противоопухолевые свойства расторопши пятнистой // *Биология и интегративная медицина*. 2018. №10. С 56-63.
5. Nukabadi F.A., Hojjatoleslamy M., Abbasi H. Optimization of fortified sponge cake by nettle leaves and milk thistle seed powder using mixture design approach // *Food Science & Nutrition*. 2017. vol. 9. P. 757-771. doi:10.1007 / s10068-010-0087- x.
6. Копылов М.В., Болгова И.Н., Клейменова Н.Л., Терехина А.В., Желтоухова Е. Ю. Разработка ресурсосберегающей технологии комплексной переработки масличных культур на сырьевые компоненты // *Ползуновский вестник*. 2019. № 2. С. 7-11. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.02.002.
7. Клейменова Н.Л. Жирнокислотный состав масла семян расторопши пятнистой, полученного методом холодного прессования // *Вестник воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2020. Т. 82. № 4 (86). С. 102-106. doi:10.20914/2310-1202-2020-4-102-106.
8. Sadowska K., Jadwiga A., Woropaj-Janczak M. Effect of weather and agrotechnical conditions on the content of nutrients in the fruits of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.) // *Hortorum Cultus*. vol. 10(3). 2011. P. 197-207.
9. Apostol L., Iorga C.S., Moşoiu C.E., Mustăţea G., & Cucu Ş.E. Nutrient composition of partially defatted milk

thistle seeds. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*. vol. XXI. 2017. P. 165-169.

10. ГОСТ Р 58040-2017 Комплексы витаминно-минеральные: введ. 2018-09-01. Доступ из справ. – правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения: 04.05.2022).

11. ГОСТ 31483-2012 Премиксы. Определение содержания витаминов: В1 (тиаминхлорида), В2 (рибофлавина), В3 (пантотеновой кислоты), В5 (никотиновой кислоты и никотинамида), В6 (пиридоксина), В_с (фолиевой кислоты), С (аскорбиновой кислоты) методом капиллярного электрофореза: введ. 2013-07-01. Доступ из справ. – правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения: 04.05.2022).

12. ГОСТ 32042-2012 Премиксы. Методы определения витаминов группы В: введ. 2014-07-01. Доступ из справ. – правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения: 04.05.2022).

13. ГОСТ EN 12823-2-2014 Продукты пищевые. Определение содержания витамина А методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Часть 2. Измерение содержания бета-каротина: введ. 2017-07-01. Доступ из справ. – правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения: 04.05.2022).

14. ГОСТ EN 12822-2014 Продукты пищевые. Определение содержания витамина Е (альфа-, бета-, гамма- и дельта-токоферолов) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (Переиздание): введ. 2016-01-01. Доступ из справ. – правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения: 04.05.2022).

15. ГОСТ 26573.2-2014 Премиксы. Методы определения марганца, меди, железа, цинка, кобальта: введ. 2016-01-01. Доступ из справ. – правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения: 04.05.2022).

16. НСАМ № 512-МС. Определение элементного состава образцов растительного происхождения (травы, листья) атомно-эмиссионным и масс-спектральным методами анализа – Москва. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/437145203> (дата обращения: 04.05.2022).

17. Болгова М.А., Клейменова Н.Л., Болгова И.Н., Копылов М.В. Исследование питательных веществ коричневых и белых семян льна // *Ползуновский вестник*. 2021. №3. С. 13-20. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.002.

18. Пилипович А.А. Применение витаминов группы В в практике врача-невролога // *Consilium Medicum*. 2020. № 9. С 82-86. doi: 10.26442/20751753.2020.9.200438.

Информация об авторах

Д. А. Кашолкина – студент кафедры УК и ТВБ ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

М. А. Болгова – студент кафедры ТЖ, ПАХПП ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

Н. Л. Клейменова – кандидат технических наук, доцент кафедры УК и ТВБ ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

М. В. Копылов – кандидат технических наук, доцент кафедры ТЖ, ПАХПП ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

И. Н. Болгова – кандидат технических наук, доцент кафедры ТЖ, ПАХПП ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

REFERENCES

1. Ramazanov, A.Sh., Balaeva, Sh.A. & Shaxbanov, K.Sh. (2019). Chemical composition of fruit and oil silybum marianum, growing in the territory of the republic of Dagestan. *Chemistry of plant raw materials*, (2), 113-118. (In Russ.). DOI:10.14258/jcprm.2019024441.

2. Smirnov, S.O. & Fazullina, O.F. (2018). Holy thistle seeds as a promising vegetable raw material in the technology of production of biologically active food additive. *Food industry*, (9), 8-12. (In Russ.).
3. Abenavoli, L. & Izza, A.A. & Milic, N., Cicala, C. & Santini, A. & Capasso, R. (2018). Milk thistle (*Silybum marianum*): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases. *Phytotherapy Research*. 32. 2202-2213. DOI:10.1002 / ptr.6171.
4. Karomatov, I.D. & Aslanova, D.K. (2018). Antineoplastic properties of the milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.) *Biology and Integrative Medicine*, (10), 56-63. (In Russ.).
5. Nukabadi, F.A., Hojjatoleslami, M. & Abbasi H.r (2017). Optimization of fortified sponge cake by nettle leaves and milk thistle seed powder using mixture design approach *Food Science & Nutrition*, (9), 757-771. DOI:10.1007 / s10068-010-0087- x.
6. Kopylov, M.V., & Bolgova, I.N., Klejmenova, N.L., Teryohina, A.V. & ZHeltouhova, E.Yu. (2019). Razrabotka resursosberegayushchej tekhnologii kompleksnoj pererabotki maslichnyh kul'tur na syr'evye komponenty *Polzunovskij vestnik*, (2), 7-11. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.02.002.
7. Klejmenova, N.L. (2020). ZHirnikislotnyj sostav masla semyan rastoropshi pyatnistoj, poluchennogo metodom holodnogo pressovaniya // *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij*, 4 (86), 102-106. (In Russ.). DOI.org/10.20914/2310-1202-2020-4-102-106.
8. Sadowska, K., Jadwiga, A. & Woropaj-Janczak, M. (2011). Effect of weather and agrotechnical conditions on the content of nutrients in the fruits of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.) *Hortorum Cultus*, 10(3), 197-207.
9. Apostol, L., Iorga, C.S., Moşoiu, C.E., Mustăţea, G. & Cucu, Ş.E. (2017). Nutrient composition of partially defatted milk thistle seeds. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, (XXI), 165-169.
10. Vitamin-mineral complexes: (2017). HOST R 58040-2017. from 1 September 2018. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).
11. Premixes. Determination of vitamins: B1 (thiaminchloride), B2 (riboflavin), B3 (pantothenic acid), B5 (nicotinic acid and nicotinamide), B6 (pyridoxine), B_c (folic acid), C (ascorbic acid) content by method of capillary electrophoresis: (2012). HOST 31483-2012. from 1 July 2013. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).
12. Premixes. Methods for determination of vitamin B complex: (2012). HOST 32042-2012. from 1 July 2014. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).
13. Foodstuffs. Determination of vitamin A by high performance liquid chromatography. Part 2. Measurement of β-carotene: (2014). HOST EN 12823-2-2014. from 1 July 2017. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).
14. Foodstuffs. Determination of vitamin E (α-, β-, γ- и δ-tocopherols) content by high performance liquid chromatography: (2014). HOST EN 12822-2014. from 1 January 2016. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).
15. Premixes. Methods for determination of manganese, copper, iron, zinc, cobalt: (2014). HOST 26573.2-2014. from 1 January 2016. Moscow: Standarts Publishing House. (In Russ.).
16. Opređenje elementnogo sostava obrazcov rastitel'nogo proiskhozhdeniya (travy, list'ya) atomno-emissionnym i mass-spektral'nym metodami analiza (2011). (NSAM No. 512-MS). Retrieved from – <https://docs.cntd.ru/document/437145203>.
17. Bolgova, M.A., Klejmenova, N.L., Bolgova, I.N. & Kopylov M.V. (2021). Issledovanie pitatel'nyh veshchestv korichnevyyh i belyh semyan l'na *Polzunovskij vestnik*, (3), 13-20. (In Russ.). Doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.002.
18. Pilipovich, A.A. (2020). The use of B-vitamin group in the practice of a neurologist *Consilium Medicum*, (9), 82-86. (In Russ.). DOI: 10.26442/20751753.2020.9.200438.

Information about the authors

D. A. Kasholkina – Student of the Department of «Quality management and technology of aquatic bioresources department» of the FSBEI HE "VSUET".

M. A. Bolgova – Student of the Department of «Fat, processes and devices of chemical and food industries department» of the FSBEI HE "VSUET".

N. L. Klejmenova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Quality management and technology of aquatic bioresources department» of the FSBEI HE "VSUET".

M. V. Kopylov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of « Fat, processes and devices of chemical and food industries department » of the FSBEI HE "VSUET".

I. N. Bolgova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of « Fat, processes and devices of chemical and food industries department » of the FSBEI HE "VSUET".

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 14.06.2022; одобрена после рецензирования 25.07.2022; принята к публикации 15.08.2022.

The article was received by the editorial board on 14 June 2022 approved after editing on 25 July 2022; accepted for publication on 15 Aug 2022.