



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья

УДК 57.088.3

doi: 10.17308/sorpchrom.2022.22/10890

### **Анализ аминокислотного состава и структуры изолятов белка амаранта при различных условиях его выделения**

**Ольга Леонидовна Мещерякова<sup>1</sup>,  
Людмила Ивановна Василенко<sup>1</sup>, Александр Сергеевич Губин<sup>1</sup>,  
Татьяна Васильевна Свиридова<sup>1</sup>, Ольга Сергеевна Корнеева<sup>1</sup>✉**

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия, korneeva-olgas@yandex.ru✉

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию белков амаранта (*Amaranthus hypochondriacus* L.) как перспективной культуры для получения полноценного растительного белка. Определены условия максимального выхода белка из муки семян амаранта при щелочной экстракции и осаждении при различных значениях pH. Установлены молекулярные массы, аминокислотный состав и функциональные группы изолятов белка. Содержание альбуминов, глобулинов, проламинов и глютелинов в белке составило 3.5; 3.7; 0.8 и 5.7 г на 100 г муки семян амаранта соответственно. Показано, что последовательная экстракция белка водой и 0.1 М раствором NaCl при pH экстракции 12.0 с дальнейшим его осаждением из экстракта при pH 4.0 позволяет достичь максимального выхода белка из обезжиренной муки амаранта и получить белковый изолят с массовой долей белка 90 %. Выход белка составил 53.77% и 20.52% при водной и солевой экстракции соответственно. В полученных изолятах установлено наличие белков с молекулярными массами менее 15.4 кДа, 18-20 кДа, 20-36 кДа и 36-38 кДа, 41-45 кДа и 54 кДа, характерных для альбуминов, глобулинов (7S- и 11S-глобулины) и глютелинов. Содержание проламинов в изоляте белка исключалось за счет их гидрофобности. Методом капиллярного электрофореза определено, что основными аминокислотами белка семян амаранта являются аргинин, лизин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, пролин, лейцин. В изолятах белка амаранта наблюдалось снижение количества метионина и цистеина на 95 и 86% соответственно на 100 г продукта и увеличение количества остальных аминокислот. С использованием ИК-Фурье-спектроскопии установлено, что в изолятах белка существенно выражены колебания метильных и метиленовых групп, что сопровождается уменьшением растворимости полученных образцов. Эти данные не снижают биологической ценности белка и служат основанием для дальнейшего исследования функционально-технологических свойств растительного белка с целью его практического применения.

**Ключевые слова:** амарант, изолят белка, капиллярный электрофорез, электрофорез в ПААГ, ИК-Фурье-спектроскопия.

**Благодарности:** исследования проводились при финансовой поддержке РНФ в рамках выполнения Проекта № 22-26-00277

**Для цитирования:** Мещерякова О.Л., Василенко Л.И., Губин А.С., Свиридова Т.В., Корнеева О.С. Анализ аминокислотного состава и структуры изолятов белка амаранта при различных условиях его выделения // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2022. Т. 22, № 6. С. 841-848. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/10890>

Original article

### **Analysis of an amino acid composition and the structure of amaranth protein isolates under different conditions of protein isolation**

**Olga L. Meshcheryakova<sup>1</sup>, Lyudmila I. Vasilenko<sup>1</sup>, Alexander S. Gubin<sup>1</sup>,  
Tatyana V. Sviridova<sup>1</sup>, Olga S. Korneeva<sup>1</sup>✉**

<sup>1</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, korneeva-olgas@yandex.ru✉

**Abstract.** This work is devoted to the study of amaranth proteins (*Amaranthus hypochondriacus* L.) as a promising crop for obtaining a comprehensive plant protein. It determines the conditions for the maximum protein yield from amaranth seed flour during alkaline extraction and precipitation at different pH values. The study involved determining molecular masses, amino acid composition, and functional groups of protein isolates. The albumin, globulin, prolamin, and glutelin content in the protein were 3.5, 3.7, 0.8, and 5.7 g per 100 g of amaranth seed flour, respectively. It was shown that sequential extraction of protein with water and 0.1 M NaCl solution at the extraction pH of 12.0 with its further precipitation from the extract at the pH of 4.0 allows achieving the maximum protein yield from defatted amaranth flour and obtaining a protein isolate with a protein mass fraction of 90%. The protein yields were 53.77% and 20.52% for water and salt extraction, respectively. It was established that obtained isolates had proteins with molecular masses of less than 15.4 kDa, 18-20 kDa, 20-36 kDa, and 36-38 kDa, 41-45 kDa, and 54 kDa, which are characteristic of albumins, globulins (7S- and 11S-globulin) and glutelins. The content of prolamins in the protein isolate was excluded due to their hydrophobicity. The method of capillary electrophoresis determined that the main amino acids of the amaranth seed protein were arginine, lysine, aspartic acid, glutamic acid, proline, and leucine. Amaranth protein isolates had reduced amounts of methionine and cysteine by 95 and 86%, respectively, per 100 g of product and increased amounts of the remaining amino acids. Fourier IR spectroscopy was used to find out that protein isolates had expressed fluctuations of methyl and methylene groups, which was accompanied by a decrease in the solubility of the obtained samples. These data do not reduce the biological value of the protein and can be used for the further study of the functional and technological properties of the plant protein for its practical application.

**Keywords:** amaranth, protein isolate, capillary electrophoresis, PAGE, Fourier IR spectroscopy.

**Acknowledgments:** the study was supported by the Russian Foundation for Research, project No. 22-26-00277

**For citation:** Meshcheryakova O.L., Vasilenko L.I., Gubin A.S., Sviridova T.V., Korneeva O.S. Analysis of an amino acid composition and the structure of amaranth protein isolates under different conditions of protein isolation. *Sorbtionnye i khromatograficheskie protsessy*. 2022. 22(6): 841-848. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/10890>

## Введение

В современном мире постоянно растет потребность в белках и продуктах на их основе. Учитывая особую роль белка в питании человека, наличие его дефицита и высокие цены на белки животного происхождения, особую значимость приобретают вопросы обеспечения населения дешевыми, более доступными растительными белками [1]. Кроме того, растительное сырье для производства белков требует меньших затрат для хранения и транспортировки [2]. В настоящее время объем мирового рынка растительных белков ежегодно растет в среднем на 10.1% в год, в связи с чем поиск новых альтернативных источников белка и разработка эффективных технологий их получения является актуальной задачей. Качество пищевого белка характеризуется, прежде всего, его биологической ценностью, аминокислотным составом, коэффициентом переваримости. Большинство растительных белков лимитированы по одной или нескольким незаменимым аминокислотам. Белки злаковых культур

лимитированы по лизину и треонину, бобовых культур – по метионину и цистеину [3-5].

В качестве альтернативного источника высококачественного белка может выступать растение амарант (*Amaranthus*). Растущий в настоящее время научно-практический интерес к амаранту обусловлен тем, что амарант – источник сбалансированного по количеству незаменимых аминокислот, таких как лизин и серосодержащие аминокислоты, которые, не содержащиеся в традиционных злаковых и бобовых культурах [6]. Зерно амаранта обладает прекрасным химическим составом с высокой концентрацией белка (13-19%), что выше, чем в зерновых [7-8].

Современные технологии получения белковых продуктов из растительного сырья базируются на глубоком фракционировании макронутриентов сырья с максимальным выходом белков, их очистке, концентрировании и, при необходимости, модификации функциональных и медико-биологических характеристик. При обогащении пищевых продуктов белком



в промышленных масштабах в большинстве случаев применяют изоляты белка. Щелочная экстракция с последующим осаждением белков в изоэлектрической точке является традиционным и наиболее часто используемым методом для извлечения белков из семян амаранта. В результате белки могут быть подвержены существенным структурным изменениям, что влияет на функциональные свойства (эмульгирование, вспенивание, гелеобразование, растворимость) экстрагированных белков [9-10], а также возможно изменение аминокислотного состава полученных изолятов. В связи с этим изучение условий экстрагирования и осаждения белков имеет большое значение для снижения нежелательных последствий.

Целью работы является определение оптимальных условий экстракции и осаждения белков амаранта, обеспечивающих их максимальный выход, определение фракционного состава и молекулярной массы белков, аминокислотного состава полученных изолятов белка и изучение структурных изменений белка в процессе экстракции и осаждения.

### **Экспериментальная часть**

В качестве объекта исследования использовали обезжиренную муку семян амаранта с последующим рассевом через сито № 1. Определение фракционного состава белка осуществляли последовательно экстракцией водой, раствором 0.1М NaCl, раствором 0.1М NaOH и раствором 70% этилового спирта. Все фракции собирались отдельно. Разделение белков по молекулярной массе осуществляли методом ультрафильтрации на плоских мембранных элементах марок УПМ-10, УПМ-20, УПМ-100. Осаждение белков осуществляли в изоэлектрической точке 1М раствором HCl. Массовую долю белка в полученных фракциях определяли методом Кьельдаля по ГОСТ 10846-74.

Изучение влияния pH на выход белка и молекулярную массу полученных фракций белка амаранта проводили в диапазоне pH 7.5-12.0. Для этого муку амаранта суспендировали в воде при гидромодуле 1:8 (масс/объем), отбирали надосадочную жидкость, затем к осадку добавляли 0.1М раствор NaCl при том же гидромодуле и отбирали надосадочную жидкость. Значение pH при экстракции белков корректировали добавлением 0.5М раствора NaOH. Для определения оптимального значения pH осаждения белков экстрагированные надосадочные жидкости доводили до pH 2.0; 3.0; 4.0; 5.0 и 6.0 с использованием 1М раствора HCl.

Молекулярную массу полученных фракций определяли путем электрофореза в полиакриламидном геле (ПААГ), используя следующие реактивы: 30%-ный раствор акриламида; 10%-ный раствор DS-NA; 2 М ТРИС-HCl (pH 8.8); 1 М ТРИС-HCl (pH 6.8); 1%-ный раствор персульфата аммония; 0.5%-ный раствор бромфенолового синего; 2М раствор соляной кислоты; глицин; 2-меркаптоэтанол; кумасси R-250; кумасси G-250; этиловый спирт; ледяная уксусная кислота.

Определение аминокислотного состава отдельных фракций белка амаранта и полученных изолятов осуществляли по ГОСТ 32195-2013 (ISO 13903:2005). В работе использовали бидистиллированную воду, этанол «ч.д.а», триэтиламин (AcrosOrganics, США), трифторуксусную кислоту (Sigma, США), фенилизотиоцианат (AcrosOrganics, США), а также набор аминокислот (ICN, США) и стандартную смесь 18 аминокислот. Определение аминокислот проводили в системе капиллярного электрофореза «Капель105» (Льюмэкс, Россия) с программой обработки данных «Мультихром» (Амперсенд, Россия). Рабочая длина волны детектора 270 нм или 195 нм для более чувствительного детектирования. Эффективная длина капилляра 35 см до детектора, напряженность электрического поля 580В/см. Анализируемую смесь вводили

избыточным давлением 20 мБарр в течение 10 с. Буферный раствор, содержащий 25 мМ додецилсульфата натрия, 1.8 мМ тетрабората натрия и 10.7 мМ дигидрофосфата натрия, использовали для всех электрофоретических разделений [11].

Структуру белковых изолятов изучали с использованием ИК-Фурье-спектрометрии. Для этого сравнивали ИК-Фурье спектры изолятов при водной и солевой экстракции со спектрами тех же образцов, но в присутствии 0.1 М HCl. Инфракрасные спектры поглощения определяли в диапазоне 400-4000 см<sup>-1</sup> на ИК-Фурье-спектрометре Bruker VERTEX 70 в режиме отражения.

### Обсуждение результатов

В результате последовательной экстракции различными экстрагентами общая масса полученных белков из муки семян амаранта составила 13.7%. Содержание альбуминов, глобулинов, проламинов и глютелинов составило 3.5; 3.7; 0.8 и 5.7 г на 100 г муки семян амаранта соответственно. При этом преобладающей фракцией белка была глютелиновая фракция, количество проламинов оказалось самым низким, их содержание примерно в 7 раз было ниже по сравнению с глютелинами, что свидетельствует о незначительном количестве гидрофобных белков в зерне амаранта.

Величина pH при экстракции существенно влияет на выход белка. В связи с

этим экстракцию отдельных фракций белков амаранта проводили при значениях pH от 7.5 до 12.0, используя в качестве экстрагентов воду и 0.1 М раствор NaCl (табл. 1).

Как видно из табл. 1, количество экстрагируемых белков увеличивалось с увеличением значения pH. Максимальное количество экстрагируемого белка наблюдалось при pH 12.0 как при использовании воды, так и при использовании 0.1 М NaCl в качестве экстрагента (53.7 и 20.5% соответственно). Однако в случае использования раствора воды в качестве экстрагента выход белка увеличивался в 2.6 раза.

Далее исследовали влияние pH 2.0-6.0 на выход белков при их осаждении из полученных экстрактов. Максимальный выход белков как из водного, так и из солевого экстрактов (53.77 и 20.52% соответственно) наблюдался при pH 4.0 (табл. 2). Это свидетельствует о том, что изоэлектрическая точка белков амаранта находится при pH 4.0. Вода является наиболее эффективным экстрагентом для солубилизации белка из амарантовой муки, однако для извлечения солерастворимых фракций белков необходимо проводить дополнительную экстракцию 0.1 М раствором NaCl.

С использованием электрофореза в ПААГ установлены молекулярные массы фракций белков, полученных при водной

Таблица 1. Влияние pH раствора экстрагента на содержание белка, % от общего количества белка

Table 1. Effect of the pH of the extraction solution on the protein content, % of total protein amount

Экстрагент	Количество белка, %, при значениях pH									
	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
Вода	18.6	22.7	40.6	41.1	42.5	43.1	45.4	47.5	49.6	53.7
0.1 М NaCl	8.5	10.2	13.4	15.2	14.7	13.5	13.0	12.7	16.5	20.5

Таблица 2. Влияние pH на выход белка при его осаждении из экстрактов

Table 2. Effect of the pH on the protein yield when precipitated from extracts

Экстрагент	Количество белка, %, при значениях pH				
	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Вода	40.53	49.62	53.77	50.61	43.32
0.1 М NaCl	18.66	18.66	20.52	15.02	8.31

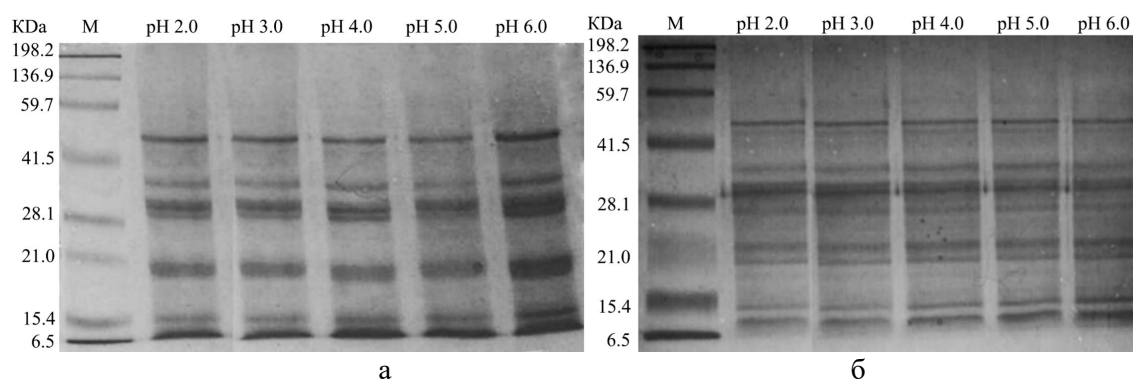


Рис. 1. Электрофорез в ПААГ изолятов белка амаранта, полученных при pH 12.0:  
 а – водная экстракция, б – солевая экстракция.

Fig. 1. PAGE of amaranth protein isolates obtained at the pH of 12.0:  
 a – aqueous extraction, b – salt extraction.

и солевой экстракции при pH 12.0 и различных pH осаждения (рис. 1).

Электрофорез в ПААГ изолятов белка амаранта, показывает сложный профиль белков, что согласуется с литературными данными [12]. Белки с молекулярной массой от 6.5 до 54 кДа были обнаружены при всех pH осаждения (рис. 1), как при водной, так и при солевой экстракции. Установлено наличие в изолятах белков с молекулярной массой 54 кДа, соответствующих глютелину, а также белков с молекулярными массами 18-20 кДа, 20-36 кДа и 36-38 кДа, соответствующих 11S-глобулинам, и 41-45 кДа, соответствующих 7S – глобулинам. Белки с молекулярной массой менее 15.4 кДа, соответствующие альбуминам, также обнаружены с высокой экспрессией при всех значениях pH осаждения.

Для определения биологической ценности изолята белка амаранта, полученного при оптимальных условиях его выделения, был определен аминокислотный состав белка. В табл. 3 представлена сравнительная характеристика аминокислотного состава изолята белка амаранта и нативного белка семян амаранта.

В результате определения аминокислотного состава установлено, что основными аминокислотами белка семян амаранта являются аргинин, лизин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота,

пролин, лейцин. Данные табл. 3 показывают снижение количества метионина и цистеина в изоляте белка амаранта по сравнению с нативным белком, в количестве остальных аминокислот не выявлено значительных различий. При этом отмечается увеличение количества всех аминокислот на 100 г изолята белка, что позволяет использовать его для обогащения продуктов питания аминокислотами.

Снижение растворимости изолята белка амаранта в воде послужило основанием для исследования изменения фракционного состава изолята белка методом ИК-Фурье-спектроскопии (рис. 2). Из рис. 2 видно, что полосы поглощения идентифицированы в коротковолновой ( $3600-2600\text{ см}^{-1}$ ) и длинноволновой ( $1800-900\text{ см}^{-1}$ ) областях спектра. Первая полоса характерна для валентных колебаний C–H метильных и метиленовых фрагментов в области  $2923-2933\text{ см}^{-1}$  и  $2855\text{ см}^{-1}$ , а также валентных колебаний O–H и N–H в области  $3280-3300\text{ см}^{-1}$ . По данным ИК-Фурье-спектроскопии в спектрах поглощения установлены колебания COOH-групп ( $1746\text{ см}^{-1}$ ), OH- и NH-групп (группа пиков около  $2800-3300\text{ см}^{-1}$ ), а также  $\text{CH}_2$  и  $\text{CH}_3$  групп ( $2855$  и  $2922\text{ см}^{-1}$ ) [13]. Необходимо отметить, что в образцах, полученных при осаждении в кислой среде, значительно сильнее выражены полосы колебаний COOH-группы, что, вероятно, связано с протонированием

Таблица 3. Аминокислотный состав белка семян амаранта и изолята белка амаранта  
 Table 3 Amino acid composition of amaranth seed protein and amaranth protein isolate

Наименование аминокислоты	Содержание аминокислот, мг			
	на 1 г белка		на 100 г	
	семян амаранта	изолята	семян амаранта	изолята
Аргинин (Arg)	10.50	11.8	94.5	1062.10
Лизин (Lys)	5.23	6.25	47.01	562.50
Тирозин (Tyr)	3.63	4.81	32.85	432.90
Фенилаланин (Phe)	3.70	3.65	33.3	328.50
Гистидин (His)	2.13	2.89	19.7	260.10
Лейцин (Leu)	5.12	6.17	46.08	555.32
Изолейцин (Ileu)	2.13	2.09	19.17	188.11
Метионин (Met)	2.24	0.11	20.16	9.91
Валин (Val)	3.44	4.66	28.26	419.43
Пролин (Pro)	4.50	5.61	40.5	504.92
Треонин (Thr)	3.66	4.12	32.94	370.80
Серин (Ser)	6.65	6.98	59.85	628.21
Аланин (Ala)	3.56	4.75	32.04	427.55
Глицин (Gly)	7.34	8.94	66.09	804.60
Цистеин (Cys)	2.70	0.29	24.3	26.10
Глутаминовая кислота (Glu)	20.59	21.66	185.31	1949.42
Аспарагиновая кислота (Asp)	14.60	15.36	131.4	1314.01

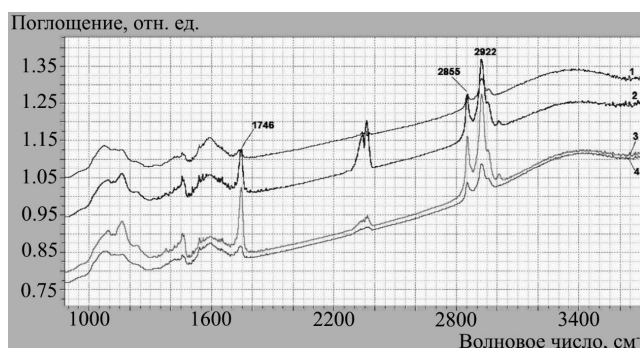


Рис. 2. ИК-Фурье спектры образцов белка амаранта, полученные при следующих условиях: 1 – щелочная экстракция (pH 12.0); 2 – щелочная экстракция и осаждение в присутствии HCl (pH 4.0); 3 – экстракция NaCl и осаждение в присутствии HCl (pH 4.0); 4 – щелочная экстракция в присутствии 0.1 M NaCl

Fig. 2. Fourier IR spectra of amaranth protein samples obtained under the following conditions: 1 – alkaline extraction (pH 12.0); 2 – alkaline extraction and precipitation in the presence of HCl (pH 4.0); 3 – NaCl extraction and precipitation in the presence of HCl (pH 4.0); 4 – alkaline extraction in the presence of 0.1M NaCl

карбоксильной группы в кислой среде. Также у данных образцов существенно сильнее выражены колебания метильных и метиленовых групп, что сопровождается уменьшением растворимости образца.

### Заключение

Определены оптимальные условия выделения белка амаранта. Последовательная экстракция белка амаранта водой и 0.1M раствором NaCl при pH экстракции 12.0 с дальнейшим его осаждением из



экстракта при pH 4.0 позволяет достичь максимального выхода белка из обезжиренной муки амаранта и получить белковый изолят с массовой долей белка 90%. В полученных изолятах установлено наличие следующих фракций белков: альбумины, глобулины (7s и 11s-глобулины) и глютенины. При этом исключалось содержание проламинов в изоляте белка за счет их гидрофобности. Методом капиллярного электрофореза определено, что основными аминокислотами белка семян амаранта являются аргинин, лизин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, пролин, лейцин.

Отмечено снижение растворимости изолята белка в воде, что может быть связано с частичной денатурацией белка в

#### Список литературы/References

1. Kudinov P.I., Shchekoldina T.V., Slizkaya A.S., Current state and structure of world resources of vegetable protein. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2012; 4: 124-130. (In Russ.)
2. Kompantsev D.V., Popov I.M., Privalov E.F., Stepanova A.V. Protein isolates from vegetable raw materials: a review of the current state and analysis of the prospects for the development of technology for obtaining protein isolates from vegetable raw materials, *Modern problems of science and education*. 2016; 1. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24132>.
3. Ferreira T.A., Gómez-Áreas J.A., Calcium bioavailability of raw and extruded amaranth grains. *Cienc. Tecnol. Aliment*. 2010; 30; 532-538. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000200037>
4. Repo-Carrasco-Valencia R., Hellstrom J.K., Pihlava J.M., Mattila P.H., Flavonoids and other phenolic compounds in andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chem*. 2010; 120 (1): 128-133.

процессе экстракции в высокощелочной среде и кислотном осаждении. Полученные данные не снижают биологическую ценность изолята белка амаранта и служат основанием для дальнейшего изучения свойств изолятов растительных белков с целью их практического применения.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет известных финансовых конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в этой статье.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>

5. Aguilar E.G., Peiretti E.G., Uñates M.A., Marchevsky E.J., Escudero N.L., Camiña J.M. Amaranth seed varieties: A chemometric approach. *Food Measure*. 2013; 7: 199-206. <https://doi.org/10.1007/s11694-013-9156-1>
6. Shmalko N.A., Roslyakov Yu.F. Amaranth in the food industry. Krasnodar: Enlightenment-South, 2011. 400 p.
7. Grobelnik-Mlakar S., Turinek M., Jakop M., Bavec M., Bavec F. Nutrition value and use of grain amaranth: potential future application in bread making. *Agricultura*. 2009; 6: 43-53.
8. Awasthi C.P., Kumar A., Singh N., Thakur R. Biochemical composition of grain amaranth genotypes of himachalpradesh. *Indian. J. Agric. Biochem*. 2011; 24: 141-144.
9. Aceituno-Medina M., Lopez-Rubio A., Mendoza S., Lagaron J.M. Development of novel ultrathin structures based in amaranth (*Amaranthushypochondriacus*) protein isolate through electrospinning. *Food Hydrocolloids*. 2013; 31(2): 289-298.
10. Lado M.B., Burini J., Rinaldi G., Añón M.C., Tironi V.A., Effects of the Dietary Addition of Amaranth (*Amaranthus-mantegazzianus*). Protein Isolate on Antiox-



idant Status, Lipid Profiles and Blood Pressure of Rats. *Plant Food Hum. Nutr.* 2015; 70 (4); 371-379.

11. Stepanov K.V., Pirogov A.V., Dikunets M.A., Shpigun O.A. Obtaining amino acid phenylthiohydantoin for quantitative analysis of the amino acid composition of proteins by capillary electrophoresis. *Mess. Moscow University. Ser. 2. Chemistry.* 2005; 46(6): 395-399. (In Russ.)

12. Srivastava R, Roy B. Proteomic analysis of different extracts from amaranth (*Amaranthus tricolor*) grains. *Asian J Pharm Clin Res.* 2013; 6: 37-39.

13. Derkanosova N.M., Stakhurlova A.A., Pshenichnaya I.A., Ponomareva I.N., Peregonchaya O.V., Sokolova S.A. Amaranth as a bread enriching ingredient. *Foods and Raw Materials.* 2020; 8(2): 223-231.

### Информация об авторах / Information about the authors

**О.Л. Мещерякова** – доцент кафедры биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

**Л.И. Василенко** – доцент кафедры биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

**А.С. Губин** – доцент кафедры технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

**Т.В. Свиридова** – доцент кафедры биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

**О.С. Корнеева** – заведующая кафедрой биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

**O.L. Meshcheryakova** – Associate Professor Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, e-mail: [gawshina@mail.ru](mailto:gawshina@mail.ru)

**L.I. Vasilenko** – Associate Professor Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, e-mail: [vli2008@ya.ru](mailto:vli2008@ya.ru)

**A.S. Gubin** – Associate Professor of the Department of Technology of Organic Compounds, Polymer Processing and Technosphere Safety, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, e-mail: [goubinne@mail.ru](mailto:goubinne@mail.ru)

**T.V. Sviridova** – Associate Professor Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, e-mail: [sviridovatv@yandex.ru](mailto:sviridovatv@yandex.ru)

**O.S. Korneeva** – Head of Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation, e-mail: [korneeva-olgas@yandex.ru](mailto:korneeva-olgas@yandex.ru)

Статья поступила в редакцию 15.09.2022; одобрена после рецензирования 17.10.2022; принята к публикации 26.10.2022.

The article was submitted 15.09.2022; approved after reviewing 17.10.2022; accepted for publication 26.10.2022.