

Научная статья

УДК 633.521: 664.38: 66.061

DOI: 10.17586/2310-1164-2023-16-1-3-9

Влияние сортовой вариабельности на эффективность водной экстракции белка из нативных семян льна

И.Э. Миневич*, А.А. Гончарова, В.И. Ущачповский

*Федеральный научный центр лубяных культур
Россия, Тверь, *irina_minevich@mail.ru*

Аннотация. Исследовали эффективность водной экстракции семян льна разных сортов для создания продуктов здорового питания. Объектами изучения стали семена льна различных сортов, а также льняной жмых и семена льна бесслизевые. Удаление слизей из семян льна проводили водной экстракцией в дистиллированной воде при температуре 50°C в течение 60 мин. Для проведения экстракции семена льна промывали, льняной жмых увлажняли до влажности 80%. Влажное сырье измельчали, смешивали с экстрагентом (0,6% раствор NaCl) в соотношении 1:10. Процесс проводили при температуре 40°C в течение 60 мин. Определение характеристик белковых экстрактов, выделенных из различных сортов семян льна и льняного жмыха, показало, что наибольший выход белка получен из сортов льна-долгунца: 54–56%. Высокий выход белка объясняется большим содержанием белка в исследуемых семенах льна-долгунца. Более низкая эффективность экстракции из масличных семян (35–44%) может свидетельствовать о влиянии высокого содержания жира за счет образования протеино-липидных комплексов. Выход белка из льняного жмыха составил 26,42%, что объясняется низким содержанием водорастворимой фракции белков в этом сырье. Предварительное удаление полисахаридов слизи из семян льна сопровождается конкурентной экстракцией водорастворимых белков, что и снизило выход белков при последующей экстракции (15,72 и 20,34%). Показано, что водная экстракция льняного сырья является экономически доступным способом получения продуктов, содержащих фракции белка в нативном состоянии. Получаемые белковые экстракты являются перспективной основой для разработки разнообразных растительных напитков с высокой биологической ценностью, растительно-молочных продуктов и сухих белковых продуктов.

Ключевые слова: семена льна; экстракция; белок; эффективность экстракции; белковые фракции

Благодарность: Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS-2022-0007)

Original article

The influence of varietal diversity on the efficiency of protein water extraction from whole flaxseeds

Irina E. Minevich*, Agata A. Goncharova, Valentin I. Ushchapovsky

*Federal Research Center for Bast Fiber Crops
Russia, Tver, *irina_minevich@mail.ru*

Abstract. Currently, flaxseeds as a source of essential micronutrients and biologically active substances are considered as raw materials for the enrichment of food systems. The high content of protein in flaxseeds (18–25%) is the basis for the development of a variety of protein products. The aim of the work is to study the efficacy of water extraction of flaxseeds of different varieties to create healthy food products. The objects of the study were different varieties of flaxseeds, flaxseed cake, and flaxseeds without mucilage. The removal of mucilage from flaxseeds was carried out by water extraction with distilled water at T 50°C for 60 minutes. For the extraction, flaxseeds were washed and flaxseed cake was moistened up to a moisture content of 80%. The moistened raw materials were crushed and mixed with an extractant (0.6% NaCl solvent) in a ratio 1:10. The process of water extraction was carried out at T 40°C for 60 minutes. The determination of the characteristics for the protein extracts isolated from different varieties of flaxseeds and flaxseed cake showed that the highest protein yield was obtained from the varieties of fiber flaxseed: 54–56%. The high protein yield can be explained by the higher protein content in the studied flaxseeds. Lower extraction efficiency from flax oilseed flax (35–44%) may point to the influence of high fat content due to the formation of protein-lipid complexes. The protein yield from flaxseed cake was 26.42%, which is explained by the low content of the water-soluble fraction of proteins in this raw material. The pre-removal of mucilage polysaccharides from flaxseeds is followed by a competitive extraction of water-soluble proteins, which reduced the yield of proteins in the following extraction (15.72 and 20.34%). Therefore, the water extraction of flaxseed raw materials is an economically affordable method for obtaining products containing protein fractions in the native state. The obtained protein

extracts are a prospective basis for developing a variety of plant-based drinks with high biological value, plant based dairy products, and dry protein products.

Keywords: flax seeds; extraction; protein; extraction efficiency; protein fractions

Acknowledgments: The Ministry of Education and Science of Russia supported the work within the framework of the State Assignment of the Federal Scientific Center for Loving Crops (no. FGSS-2022-0007)

Введение

Для решения задачи обеспечения населения дешевым и качественным белком возрастает значение рационального использования растительного сырья и создания на его основе широкого ассортимента пищевых продуктов. Сложившаяся структура мирового хозяйства обеспечивает 50% потребляемых калорий и растительного белка за счет трех сельскохозяйственных культур – кукурузы, пшеницы и риса [1]. Остальные потребности могут обеспечить традиционные для регионов сельскохозяйственные культуры.

Семена льна сегодня являются перспективной нишевой сельскохозяйственной культурой, выращиваемой в России. Как источник эссенциальных макроэлементов и биологически активных веществ они рассматриваются в качестве сырья для обогащения пищевых систем. Расширение области использования семян льна и продуктов их переработки необходимо для реализации их биохимического потенциала. Протеины в семенах льна являются вторым компонентом после липидов по содержанию (18–25%), что позволяет считать это сырье перспективным для получения разнообразных белковых продуктов. Известно, что содержание белка в семенах льна определяется сортом, а также зависит от региона и года выращивания. При этом, как было показано в работе [2], доля влияния генотипа на проявление показателя «белковость» достигает 60,6%; условий года – 2,4%; их взаимодействия – 37%.

По растворимости белковые фракции семян льна относят к альбуминам, глобулинам и глютелинам. Проламины, спирторастворимая фракция, составляющая значительную часть белкового комплекса зерновых культур, в семенах льна отсутствует, либо находится в следовых количествах аналогично белкам масличных культур. Данные по фракционному составу протеинов семян льна широко варьируют, что связано с сортовыми особенностями, регионом выращивания, а также условиями обработки семян [3–5].

Усредненный фракционный состав белкового комплекса семян льна сортов отечественной селекции по данным ряда авторов представлен в таблице 1 [3, 6, 7]. Данные свидетельствуют о преобладании альбуминовой фракции в белковом комплексе семян льна.

Таблица 1. Фракционный состав белкового комплекса семян льна

Table 1. Fractional composition of flax seeds protein complex

Культура	Содержание фракции, извлекаемой растворителями (% от общего содержания белка)			
	H ₂ O	7% NaCl	0,1% NaOH	нерастворимый остаток
семена льна	43,6	21,4	13,7	21,3

Протеины семян льна характеризуются сбалансированным аминокислотным составом и высокой питательной ценностью [8, 9]. Белковый комплекс семян льна содержит все незаменимые для человеческого организма аминокислоты и соответствует стандарту Food and Agricultural Organisation of the United Nation (организация по питанию и сельскому хозяйству при ООН) [10]. Протеины льняного семени обладают не только высокой биологической ценностью, но и функционально-технологическими свойствами, сравнимыми с аналогичными характеристиками широко используемого соевого белка [8, 11]. Белки с высокими функциональными свойствами хорошо растворяются в воде, образуют прочные гели, стабильные эмульсии и пены. В связи с этим растет внимание исследователей и технологов к получению белковых продуктов из семян льна.

В настоящее время предложены различные способы выделения белка из семян льна. Это и традиционная экстракция в щелочной среде с осаждением в изоэлектрической точке (ИЭТ) белка, солевая экстракция [11–13], и новые технологии, включая экстракцию с использованием ультразвука, ультрафильтрацию, ограниченную ферментативную экстракцию и некоторые другие [14]. Следует отметить, что щелочная экстракция позволяет получать концентрированные белковые продукты

(концентраты, изоляты), однако при этом снижаются функциональные свойства белков. Растворы солей обеспечивают извлечение альбуминовой и глобулиновой белковых фракций. Протеины, полученные солевой экстракцией, сохраняют свою нативную структуру благодаря мягким условиям, при которых не проходят сопутствующие процессы окисления, денатурации, сопровождающие щелочную экстракцию.

Экстракты, содержащие альбумины и глобулины в нативном состоянии, представляют практический интерес для разработки растительных напитков и растительно-молочных продуктов. Продукция этого сегмента пищевой промышленности становится все более востребованной в качестве продуктов здорового питания.

Цель работы – исследование эффективности водной экстракции семян льна разных сортов для создания продуктов здорового питания.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования в данной работе являлись семена льна различных сортов и направления использования, выращенные в различных регионах (таблица 2), а также льняной жмых промышленного производства и семена льна бесслизевые.

Таблица 2. Описание семян льна
Table 2. Description of flax seeds

Сорт	Направление использования	Регион возделывания	Год
Северный	масличный	Алтай	2017
Ручеек	масличный	Торжок	2018
Исток	масличный	Пенза	2021
ЛМ-98	масличный	Торжок	2020
Томский 17	долгунец	Новосибирск	2019
Пересвет	долгунец	Псков	2020
Росинка	долгунец	Торжок	2020

Удаление слизей из семян льна проводили водной экстракцией в дистиллированной воде при температуре 50°C в течение 60 мин при постоянном перемешивании с помощью верхнеприводной мешалки. Гидромодуль (соотношение семян льна к растворителю) составлял 10. После проведения экстракции семена отделяли от экстракта через четырехслойный марлевый фильтр. Полученные бесслизевые семена льна высушивали при температуре 70°C до влажности $\leq 5\%$. Часть сухих семян дополнительно промывали дистиллированной водой комнатной температуры в четырехкратной повторности для удаления остатков слизи с поверхности оболочки. Полученные семена сушили также при температуре 70°C.

Экстракцию проводили следующим образом. Семена льна промывали дистиллированной водой для удаления механических загрязнений, льняной жмых увлажняли до влажности 80%. Влажное сырье измельчали и смешивали полученную массу с экстрагентом в соотношении 1:10 (гидромодуль). В качестве экстрагента использовали 0,6%-й раствор NaCl. Экстракцию проводили при температуре 40°C, в течение 60 мин при постоянном перемешивании с помощью верхнеприводной мешалки. Готовый экстракт, содержащий водорастворимые вещества, отделяли от массы с помощью центрифугирования при 3500 об/мин в течение 30 мин.

Для определения характеристик объектов исследования и целевых продуктов использовали стандартные методы анализа. Содержание белка определяли по ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка». Содержание жира определяли по ГОСТ 10857-64 «Семена масличные. Методы определения масличности».

Исследования проводили в двукратной повторности.

Результаты и их обсуждение

Характерной особенностью белкового комплекса семян льна является высокое суммарное содержание водо- и солерастворимых белков – альбуминов и глобулинов (таблица 1), которые считаются хорошо усвояемыми, особенно альбумины. При водной и слабосолевой экстракции, проводимой при

невысоких температурах $\leq 60^{\circ}\text{C}$, в раствор переходит белок в нативном состоянии, что обеспечивает его высокую биологическую активность.

Выделение водных белковых экстрактов является самым простым в техническом плане способом получения белкового продукта из семян льна. Водные белковые экстракты из льняного сырья представляют собой суспензии белого цвета с кремовым оттенком, что делает их похожими на топленое молоко. Поэтому их относят к растительным напиткам типа молоко. На основе подобных белковых растворов получают растительные напитки из ряда культур: злаковых (овсяные и рисовые), псевдозерновых (напитки из киноа, чиа) и масличных (конопляные и кунжутные) [15–17].

В таблице 3 представлены характеристики белковых экстрактов, выделенных из различных сортов семян льна, льняного жмыха. Как следует из представленных данных наибольший выход белка был получен из сортов льна долгунца: 54–56%. При этом и содержание белка в экстракте было высоким – 1,39–1,88%, что можно объяснить бóльшим содержанием белка в исследуемых семенах льна-долгунца.

Более низкая эффективность экстракции из масличных семян может свидетельствовать о влиянии высокого содержания жира за счет образования протеино-липидных комплексов.

Таблица 3. Характеристика семян льна и белковых экстрактов

Table 3. Properties of flaxseed and their protein extraction

Характеристика семян льна				Характеристика экстракта			
сорт	направление использования	содержание, %		содержание, %			
		белок	жир	ЭВ*	белок в составе ЭВ*	выход**	белок в экстракте
Томский 17	лен-долгунец	23,50	36,05	2,33	59,74	56,00	1,39
Пересвет	лен-долгунец	28,50	32,25	3,84	37,11	54,13	1,41
Росинка	лен-долгунец	26,43	33,81	6,21	30,44	56,11	1,88
Ручеек	масличный	21,80	43,01	3,65	27,56	39,48	0,83
Исток	масличный	20,27	40,82	4,22	23,00	40,68	0,88
Северный	масличный	19,80	39,50	4,72	25,69	35,27	0,90
ЛМ-98	масличный	19,06	42,45	3,70	33,77	44,50	1,01
льняной жмых		33,82	13,51	3,72	41,67	26,42	1,55
ЛМ-98 б/слизи	масличный	19,84	42,84	2,36	15,33	15,72	0,41
ЛМ-98 б/слизи доп. промывка	масличный	21,50	42,90	2,68	18,58	20,34	0,50

*экстрактивные вещества

**выход белка относительно его содержания в сырье

В результате водной, точнее слабосолевой (0,6%-й раствор NaCl) экстракции льняного жмыха выход белка составил 26,42%. Известно, что условия обработки влияют на соотношение белковых фракций. В процессе удаления масла из семян льна методом «холодного прессования» в результате ограниченной денатурации происходит изменение структуры белковых молекул и перераспределение белковых фракций, а именно значительное снижение содержания альбуминов и увеличение глобулинов, целочерастворимой фракции [3]. Невысокая эффективность водной экстракции вполне вероятно свидетельствует о невысоком содержании водорастворимых белков в льняном жмыхе. Тем не менее концентрация белка в самом экстракте составила 1,55%, что вероятно, связано с высоким содержанием белка в самом жмыхе.

В семенах льна наличие высоковязких водорастворимых полисахаридов слизи ограничивает выход белков при их экстракции. В связи с этим для повышения эффективности экстракции белков при получении высококонцентрированных протеиновых продуктов используется предварительное удаление полисахаридов слизи из льняного сырья [12, 18]. В настоящей работе также была использована такая обработка.

В процессе предварительного удаления полисахаридов слизи из семян льна протекает конкурентная экстракция водорастворимых белков. При этом выделенные полисахарид-белковые комплексы могут содержать 5–9% белка [19]. В результате в бесслизевых семенах льна уменьшается содержание водорастворимой фракции, и так же, как в исходных семенах, вероятно проявилось влияние протеино-липидных комплексов. Эффективность экстракции белка из бесслизевых семян оказалась значительно меньше по сравнению с исходными (таблица 3).

Водную экстракцию из льняного сырья, представленного в таблице 3, проводили при гидромодуле 10. Экстракты представляли жидкость с небольшой вязкостью. С целью получения напитка, готового к употреблению, проводили водную экстракцию при гидромодуле 20 и температуре 60°C. На рисунке представлены диаграммы по эффективности выхода белка из семян льна сорта Северный и ЛМ-98. Экстракция полимеров, в том числе и белков, определяется их молекулярным весом. Емкость растворителя для каждого полимера индивидуальна, поэтому и влияние гидромодуля определяется сортовыми особенностями.

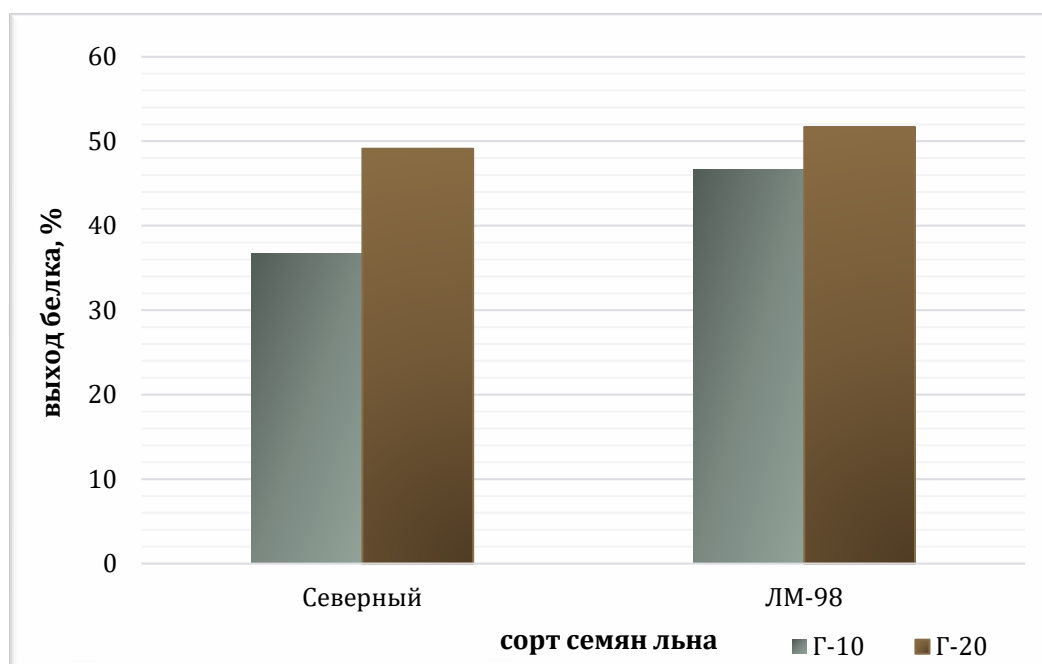


Рисунок – Влияние гидромодуля на эффективность экстракции белка из семян льна
Figure. Influence of the hydromodule on the efficiency of protein extraction from flax seeds

Полученные белковые экстракты были достаточно жидкими, имели ореховый привкус и слабый растительный запах. При добавлении к таким напиткам определенных заквасок можно готовить продукты типа йогуртов и пр. Более концентрированные белковые экстракты (полученные при гидромодуле 10) можно подвергать распылительной сушке и получать сухие белковые продукты.

Заключение

Проведенные исследования показали, что:

- все исследуемые сорта семян льна являются качественным сырьем для выделения нативных белков с использованием водорастворимой экстракции;
- наибольший выход водорастворимых белков был получен из семян льна-долгунца;
- предварительное удаление полисахаридов слизи из семян льна сопровождается конкурентной экстракцией водорастворимых белков, что и снижало выход белков при последующей экстракции;
- выход белка при водной экстракции из льняного жмыха составил 26,42%, что объясняется низким содержанием водорастворимой фракции белков в этом сырье;
- увеличение гидромодуля процесса экстракции способствовало повышению выхода белка и варьировало для разных сортов семян льна.

Таким образом, водная экстракция льняного сырья является экономически доступным способом получения продуктов, содержащих фракции белка в нативном состоянии. Получаемые белковые экстракты являются перспективной основой для разработки разнообразных растительных напитков с высокой биологической ценностью, растительно-молочных продуктов и сухих белковых продуктов.

Литература

1. Рожественская Л.Н., Бычкова Е.С., Бычков А.Л. Анализ вызовов и современных тенденций развития технологий на рынке белков // Пищевая промышленность. 2018. № 5. С. 42–47.
2. Краснова Д.А. Изменение содержания белка в семенах льна в зависимости от генетических особенностей сорта // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 2. С. 22–24.
3. Цыганова Т.Б., Миневиц И.Э., Зубцов В.А., Осипова Л.Л. Пищевая ценность семян льна и перспективные направления их переработки. Калуга: Изд-во Эйдос, 2010. 124 с.
4. Marambe H.K., Wanasundara J.P.D. *Protein from flaxseed (Linum usitatissimum L.)*. In Nadathur S.R., Wanasundara J.P.D., Scanlin L. (Eds.) *Sustainable Protein Sources*. Amsterdam, Academic Press. 2017, Ch. 8, pp. 133–144. DOI: 10.1016/B978-0-12-802778-3.00008-1
5. Миневиц И.Э., Ущановский И.В. Влияние ИК-облучения на биологическую ценность семян льна // Аграрная наука. 2020. № 11. С. 144–146. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-134-136
6. Барбашов А.В., Ксандопуло С.Ю. Групповой состав белкового комплекса семян льна современных сортов // Известия Вузов. Пищевая технология. 2005. № 4. С. 71–72.
7. Щербakov В.Г., Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. М.: Колос, 2003. 360 с.
8. Kaushik P., Dowling K., McKnight S., Barrow C., Wang B., Adhikari B. Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate. *Food Chemistry*. 2016, V. 197, pp. 212–220. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.09.106
9. Gutte K.B., Sahoo A.K., Ranveer R.C. Bioactive components of flaxseed and its health benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2015, V. 31, no. 1, pp. 42–51.
10. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO food and nutrition paper, 2013. V. 92. 66 p.
11. Xin-Pei Y.E., Ming-Feng X.U., Zhen-Xing Tang et al. Flaxseed protein: extraction, functionalities and applications. *Food Science and Technology (Campinas)*. 2022, V. 42, no. 6, pp. 1–13. DOI:10.1590/fst.22021
12. Миневиц И.Э., Осипова Л.Л., Зубцов В.А. Способ получения белка из жмыха семян льна: пат. 2437552 С1 Российская Федерация. 2011. Бюл. № 36. 9 с.
13. Kaushik P., Dowling K., Adhikari R., Barrow C. J., Adhikari B. Effect of extraction temperature on composition, structure, and functional properties of flaxseed gum. *Food Chemistry*. 2017, V. 215, pp. 333–340. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.137
14. Sim S.Y.J., Srv A., Chiang J.H., Henry C.J. Plant proteins for future foods: A roadmap. *Foods*. 2021, V. 10, no. 8, article 1967. DOI: 10.3390/foods10081967
15. Меренкова С.П., Потороко И.Ю., Ильков Д.В., Матвеев А.А. Обоснование технологии растительного молока на основе семян конопли технической и оценка его пищевой и биологической ценности // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2019. Т. 7. № 3. С. 41–51. DOI: 10.14529/food190305
16. Karimidastjerd A., Kilic-Akyilmaz M. Formulation of a low-protein rice drink fortified with caseinomacropptide concentrate. *Food and Bioproducts Processing*. 2021, V. 125, pp. 161–169. DOI: 10.1016/j.fbp.2020.11.004
17. Sethi S., Tyagi S. K., Anurag R. K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 2016, V. 53, Is. 9, pp. 3408–3423. DOI: 10.1007/s13197-016-2328-3
18. Zhang W., Xu S., Wang Z., Yang R., Lu R. Demucilaging and dehulling flaxseed with a wet process. *LWT-Food Science*. 2009, V. 42, Is. 6, pp. 1193–1198. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.01.001
19. Миневиц И.Э., Ущановский И.В., Осипова Л.Л., Абрамов Д.В. Сортовые и технологические особенности получения полисахаридных продуктов из семян льна (*Linum usitatissimum L.*) // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2020. № 2. С. 3–10. DOI: 10.17586/2310-1164-2020-10-2-3-10

References

1. Rozhdestvenskaja L.N., Bychkova E.S., Bychkov A.L. Analysis of challenges and current trends in development technology in the protein market. *Food Industry*. 2018, no. 5, pp. 42–47. (In Russian)
2. Krasnova D.A. Changes in protein content of flax seed depending from genetic features of the sort. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2010, no. 2, pp. 22–24. (In Russian)
3. Tsyganova T.B., Minevich I.E., Zubtsov V.A., Osipova L.L. Nutritional value of flax seeds and promising directions of their processing. Kaluga, Eidos Publ., 2010. 124 p. (In Russian)

4. Marambe H.K., Wanasundara J.P.D. Protein from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). In Nadathur S.R., Wanasundara J.P.D., Scanlin L. (Eds.) *Sustainable Protein Sources*. Amsterdam, Academic Press. 2017, Ch. 8, pp. 133–144. DOI: 10.1016/B978-0-12-802778-3.00008-1
5. Minevich I.E., Ushchapovsky I.V. Influence of IR radiation on the biological value of flax seeds. *Agrarian Science*. 2020, no. 11-12, pp. 144–146. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-134-136. (In Russian)
6. Barbashov A.V., Ksandopulo S.Yu. Group composition of protein complex of flax seeds of modern varieties. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*. 2005, no. 4, pp. 71–72. (In Russian)
7. Shcherbakov V.G., Lobanov V.G. *Biochemistry and commodity science of oilseed raw materials*. Moscow, Kolos Publ., 2003. 360 p. (In Russian)
8. Kaushik P., Dowling K., McKnight S., Barrow C., Wang B., Adhikari B. Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate. *Food Chemistry*. 2016, V. 197, pp. 212–220. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.106
9. Gutte K.B., Sahoo A.K., Ranveer R.C. Bioactive components of flaxseed and its health benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2015, V. 31, no. 1, pp. 42–51.
10. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO food and nutrition paper, 2013. V. 92. 66 p.
11. Xin-Pei Y.E., Ming-Feng X.U., Zhen-Xing Tang et al. Flaxseed protein: extraction, functionalities and applications. *Food Science and Technology (Campinas)*. 2022, V. 42, no. 6, pp. 1–13. DOI: 10.1590/fst.22021
12. Minevich I.E., Osipova L.L., Zubtsov V.A. Method for production of protein from flax seeds cake. *Patent RF*, no. 2437552 C1. 2011.
13. Kaushik P., Dowling K., Adhikari R., Barrow C. J., Adhikari B. Effect of extraction temperature on composition, structure, and functional properties of flaxseed gum. *Food Chemistry*. 2017, V. 215, pp. 333–340. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.137
14. Sim S.Y.J., Srv A., Chiang J.H., Henry C.J. Plant proteins for future foods: A roadmap. *Foods*. 2021, V. 10, no. 8, article 1967. DOI: 10.3390/foods10081967
15. Merenkova S.P., Potoroko I.Yu., Ilkov D.V., Matveyev A. A. Justification of technology of hemp milk production and evaluation of its nutritional and biological value. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2019, V. 7, no. 3, pp. 41–51. DOI: 10.14529/food190305 (In Russian)
16. Karimidastjerd A., Kilic-Akyilmaz M. Formulation of a low-protein rice drink fortified with caseinomacropptide concentrate. *Food and Bioproducts Processing*. 2021, V. 125, pp. 161–169. DOI: 10.1016/j.fbp.2020.11.004
17. Sethi S., Tyagi S. K., Anurag R. K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 2016, V. 53, Is. 9, pp. 3408–3423. DOI: 10.1007/s13197-016-2328-3
18. Zhang W., Xu S., Wang Z., Yang R., Lu R. Demucilaging and dehulling flaxseed with a wet process. *LWT-Food Science*. 2009, V. 42, Is. 6, pp. 1193–1198. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.01.001
19. Minevich I. E., Ushchapovsky I. V., Osipova L. L., Abramov D. V. Some aspects of producing polysaccharide products from flax seeds. *Processes and Food Productions Equipment*. 2020, no. 2, pp. 3–10. DOI: 10.17586/2310-1164-2020-10-2-3-10. (In Russian)

Информация об авторах

Ирина Эдуардована Миневич – д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник
Агата Анатольевна Гончарова – младший научный сотрудник
Валентин Игоревич Ущачовский – младший научный сотрудник

Information about the authors

Irina E. Minevich, Dr. Sci., Leading Researcher
Agata A. Goncharova, Junior Researcher
Valentin I. Ushchapovsky, Junior Researcher

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 10.02.2023
Одобрена после рецензирования 24.02.2023
Принята к публикации 10.03.2023

The article was submitted 10.02.2023
Approved after reviewing 24.02.2023
Accepted for publication 10.03.2023