




Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли




Валентин И. Ущеповский ¹	v.uschapovsky@fncl.ru	 0000-0003-1620-3323
Агата А. Гончарова ¹	a.goncharova@fncl.ru	 0000-0001-5977-5669
Ирина Э. Миневиц ¹	i.minevich@fncl.ru	 0000-0002-8558-4257

¹ Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, 17/56, г. Тверь, 170041, Россия

Аннотация. В последнее время промышленные семена конопли, *Cannabis sativa* L., стали вызывать немалый интерес в научных исследованиях, в области питания и промышленности ввиду их высокой пищевой ценности и хорошей усвояемости. Семена конопли становятся новым источником растительного белка и необходимых компонентов для поддержания здоровья благодаря богатому содержанию белковых соединений, витаминов, ненасыщенных жирных кислот. В текущем исследовании было изучено влияние переработки на белковый комплекс семян конопли посевной с низким содержанием тетрагидроканнабиола. В работе применяли стандартные методы анализа (определение белка, жира, влаги) и специальные методы: определение соотношения белковых фракций семян конопли и продуктов их переработки. Объектом исследования служили семена конопли, сорт Сурская, и продукты их обезжиривания механическим и химическим методами. Было выявлено преобладание глобулиновой фракции в исходных семенах конопли (69,44%) и в продукте, полученном при обезжиривании семян конопли гексаном (мелкодисперсная фракция шрота, 80,94%). В муке из семян конопли, которая была получена холодным прессованием, преобладала глютениновая фракция (38,98%). После процессов переработки семян конопли (прессование, экстракция) соотношение белковых фракций (альбуминовой, глобулиновой и глютениновой) в полученных продуктах изменилось: шрот (1:3,2:3,2), мелкодисперсная фракция (0,1:4,7:1) и мука (1,1:1:1,4), в сравнении с исходным сырьём (1:2,5:0,1). При всех методах обработки наблюдается значительное увеличение глютениновой фракции: с 2,78 до 43,10 и 38,98%, механическим и химическим методами, соответственно, и снижение суммы водо- и солерастворимых фракций. Исследования по изучению соотношения белковых фракций масличных культур имеют практическое значение для повышения качества продуктов здорового питания.

Ключевые слова: семена конопли, масличные культуры, белковые фракции, глобулины, здоровое питание, качество пищевой продукции, экстракция

The impact of processing on hemp seeds protein complex

Valentin I. Uschapovsky ¹	v.uschapovsky@fncl.ru	 0000-0003-1620-3323
Agata A. Goncharova ¹	a.goncharova@fncl.ru	 0000-0001-5977-5669
Irina E. Minevich ¹	i.minevich@fncl.ru	 0000-0002-8558-4257

¹ Federal Research Center for Bust Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky av., Tver, Russia, 170041

Abstract. Recently, commercial hemp seeds, *Cannabis sativa* L., have attracted considerable interest in nutritional and industrial research due to their high nutritional value and good digestibility. Hemp seeds are becoming a new source of vegetable protein and the necessary components for maintaining health due to the rich content of protein compounds, vitamins, and unsaturated fatty acids. The effect of processing on the protein complex of low THC hemp seeds was studied in the current study. Standard methods of analysis (determination of protein, fat, moisture) and special methods (determination of the ratio of protein fractions of hemp seeds and products of their processing) were applied in the work. The objects of study were hemp seeds (Surskaya variety) and products of their de-oiling by mechanical and chemical methods. The globulin fraction predominance in the original hemp seeds (69.44%) and in the product obtained by hemp seeds de-oiling with hexane (fine fraction of meal, 80.94%) was revealed. Glutelin fraction (38.98%) prevailed in hemp seed flour obtained by cold pressing. After the hemp seeds processing (pressing, extraction), the ratio of protein fractions (albumin, globulin and glutelin) in the resulting products changed: meal (1:3.2:3.2), fine fraction (0.1:4.7:1) and flour (1.1:1:1.4), in comparison with the initial raw material (1:2.5:0.1). A significant increase in the glutelin fraction: from 2.78 to 43.10 and 38.98%, by mechanical and chemical methods, respectively, and a decrease in the amount of water- and salt-soluble fractions were observed with all processing methods. Researches of the study of the ratio of oilseeds protein fractions are of practical importance for improving healthy foods quality.

Keywords: Hemp seeds, oilseeds, protein fractions, globulins, healthy diet, food quality, extraction.

Введение

Конопля посевная (*Cannabis sativa* L.) относится к техническим культурам комплексного использования, т. е. в перерабатывающей

промышленности используются различные части растения, как сырье для производства волокнистых изделий, пищевых, медицинских и химических продуктов. По данным ФАО,

Для цитирования

Ущеповский В.И., Гончарова А.А., Миневиц И.Э. Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 66–72. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-66-72

For citation

Uschapovsky V.I., Goncharova A.A., Minevich I.E. The impact of processing on hemp seeds protein complex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 66–72. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-66-72

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

в настоящее время в мире посевная площадь технической конопли различного назначения составляет около 400 тыс. га. [1].

Крупнейшими производителями технической конопли и продукции из нее являются Китай, Франция, Канада, Египет, Австралия и Чили. В целом страны Азии контролируют около 70–75% общемирового рынка данной сельскохозяйственной культуры. Площади посевов конопли в Евросоюзе в последние 20 лет составляют около 15% от общемировых [3].

По данным Минсельхоза России в последнее десятилетие посевные площади под технической коноплей для производства волокна и масла в стране постоянно увеличиваются [4]. В 2011 г. конопля возделывалась на площади около 2 тыс. га, а в 2021 г. – на уровне 13 тыс. га. В Российской Федерации законодательно разрешено возделывать в промышленных целях сорта конопли посевной (*Cannabis sativa L.*), внесенные в список Госсортокомиссии и содержащие в сухой массе листьев и соцветий растения не более 0,1% тетрагидроканнабинола (ТГК) [5]. Следует отметить, что ТГК, как и другие каннабиноиды, не присутствуют в семенах конопли, а содержатся в соцветиях и листьях конопли.

Благодаря созданию сортов технической конопли с низким содержанием ТГК (0,1–0,3%), легализации возделывания и переработки такого сырья мировой рынок продукции из конопли находится на этапе подъема [2]. Наибольший интерес представляет использование семян конопли для пищевых и медицинских целей. Согласно информации, из базы данных медицинских и биологических публикаций – PubMed, количество статей, связанных с изучением особенностей протеина конопли, резко возросло за последние годы.

В связи с глобальной проблемой ограниченного предложения традиционных белков животного происхождения и растущего спроса на качественный пищевой белок актуальным стал поиск альтернативных источников белка [6,7].

Белки, извлеченные из семян масличных, зерновых, бобовых культур и продуктов их переработки, представляют собой экономически выгодные и быстро возобновляемые альтернативы белкам животного происхождения. Особенно ценными являются растительные белки, характеризующиеся высоким содержанием таких серосодержащих аминокислот

как цистеин и метионин, связанных с высокой антиоксидантной активностью [8].

Актуальность использования растительных белков в рационе питания в качестве пищевой добавки определяется необходимостью повышения биологической ценности рационов населения. Современное питание населения характеризуется низкой пищевой ценностью, высокой калорийностью, дефицитом микронутриентов и пищевых волокон, а также избыточным содержанием насыщенных жирных кислот, добавленного сахара. Для сохранения здоровья населения Российской Федерации руководством страны поставлена задача по расширению ассортимента продуктов здорового питания. Это отражено в «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 года № 1364-р.

Перспективным сырьем, характеризующимся высоким содержанием биологически активных веществ для создания продуктов здорового питания являются семена конопли.

В семенах конопли содержится около 30% масла, с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК); 20–25% белка, в котором были определены все незаменимые аминокислоты, 20–30% углеводов, 10–15% нерастворимой клетчатки, 5% золы, витамины и минералы [9–13]. Содержание белка значительно различается у разных сортов и, во многом, зависит от условий выращивания культуры (температуры, осадков и пр.) [14]. Запасные белки семян конопли состоят из фракций водорастворимого альбумина (25–37%) и солерастворимого глобулина (эдестина) (67–75%) [15]. Соотношение между данными фракциями также может меняться от условий обработки, выращивания и зависеть от сортовых особенностей культуры.

Для определения качества белкового комплекса используют показатель «биологическая ценность», который можно выразить через индекс незаменимых аминокислот и их аминокислотный скор. В таблице 1 представлено содержание незаменимых аминокислот в белковом комплексе семян конопли [16] и их аминокислотные скоры. Лимитирующей аминокислотой в белковом комплексе семян конопли является лизин. Аминокислотный скор белка семян конопли по нашим расчетам составил 84% по лизину (таблица 1).

Таблица 1.

Аминокислотный состав семян конопли

Table 1.

Amino acid profile in hempseed

Наименование The name	Стандарт ФАО/ВОЗ г/100 г белка [17] FAO/WHO requirement, g/100g protein [17]	Семена конопли г/100 г белка [16] Whole hempseed [16]	*Аминокислотный скор семян конопли, % *Amino Acid Score of hemp seed, %
Валин Valine	4,0	5,36	134,00
Изолейцин Isoleucine	3,0	3,76	125,33
Лейцин Leucine	6,1	7,00	114,75
Лизин Lysine	4,8	4,04	84,17
Метионин + Цистин Methionine + Cysteine	2,3	4,56	198,26
Треонин Threonine	2,5	4,75	190,00
Триптофан Tryptophan	0,7	1,08	154,29
Фенилаланин + Тирозин Phenylalanine + Tyrosine	4,1	8,04	196,10
Гистидин Histidine	1,6	2,58	161,25

*аминокислотный скор рассчитан по [16] | Amino Acid Score is calculated according to source [16]

Индекс незаменимых аминокислот для белкового комплекса семян конопли определенный по уравнению (1) составил 1,46.

$$ИНАК = \sqrt[9]{\frac{Val_a}{Val_b} \times \frac{Ile_a}{Ile_b} \times \dots \times \frac{His_a}{His_b}}, \quad (1)$$

где а, б – содержание аминокислот в изучаемом и эталонном белке, соответственно

Тогда как данный показатель для пшеничного белка – 0,96, белка соевых бобов – 0,94 [18]. Всё это свидетельствует о высокой биологической ценности белкового комплекса конопли.

Белок конопли используется как пищевая добавка в рецептах для повышения качества белка целевой продукции. Он обладает низкой аллергенностью по сравнению с большинством других растительных белков, что позволяет заменять им другие белковые компоненты в составе пищевых продуктов [10]. В связи с ростом населения, заинтересованного в здоровом и устойчивом питании, рынок растительного белка, по прогнозам экспертов, будет расти быстрее, несмотря на то что белки животного происхождения имеют преимущества [7].

Пептиды, полученные при гидролизе белков семян конопли, проявляют широкий спектр биологической активности. Так, например, пептиды из белкового изолята семян конопли обладают антиоксидантными [19], антигипертензивными [20], противомикробными [21], антитромботическими [22], гиполипидемическими [23], иммуномодулирующими и цитомодулирующими свойствами [14].

При наличии значительной информации о составе белков семян конопли, их пользе для здоровья человека, остается нерешенным большой круг вопросов, связанных с изучением влияния технологической переработки семян

на биохимический состав получаемого продукта, в том числе, на изменение фракционного состава белкового комплекса.

Цель работы – исследование изменения соотношения белковых фракций в процессе переработки семян конопли.

Материалы и методы

Исследования семян конопли и продуктов переработки проводили на базе лаборатории переработки лубяных культур Федерального научного центра лубяных культур.

В качестве объекта исследования использовали семена конопли посевной сорта Сурская, полученные из лаборатории агротехнологий обособленного подразделения «Пензенский ИСХ» ФГБНУ ФНЦ ЛК. Шрот из семян конопли был получен двукратной экстракцией в гексане при соотношении сырье: растворитель – 1:5, при температуре 60 °С и продолжительности 5 часов. После отделения растворителя от шрота, сырье обрабатывали диэтиловым эфиром для удаления остатков масла и дальнейшей сушки при комнатной температуре. В процессе обезжиривания была выделена более легкая мелкодисперсная белковая фракция шрота (продукт 1К) путем фильтрования мисцеллы через бумажный фильтр. Конопляная мука, полученная по технологии «холодного» прессования представлена ООО «Макошь».

Для анализа семян конопли и продуктов их переработки использовали стандартные методы: белок определяли по ГОСТ 10846–91, содержание жира – по ГОСТ 10857–64, влаги – по ГОСТ 10856–96.

Фракционный состав белкового комплекса семян конопли определяли по методу Ермакова:

последовательной экстракцией дистиллированной водой, 7%-м раствором NaCl и 0,1 М раствором NaOH [24].

Математический анализ данных проводили с использованием пакета программ MS Excel®.

Результаты и обсуждение

При анализе исходного сырья и продуктов его переработки получены следующие показатели, представленные в таблице 2.

Таблица 2.

Показатели семян конопли и продуктов экстракции гексаном

Table 2.

Indicators of hemp seeds and products of hexane extraction

Образец Samples	Сырой протеин, % Crude protein, %	Сырой жир, % Crude fat, %	Влажность, % Humidity, %
Семена конопли Whole hempseed	18,72 ± 0,94	26,70 ± 1,34	3,37 ± 0,17
Конопля- ная мука Hemp flour	38,14 ± 1,91	17,63 ± 0,88	5,67 ± 0,28
Продукт 1К Product 1K	28,25 ± 1,41	1,40 ± 0,07	6,13 ± 0,31
Шрот конопли Hemp meal	19,17 ± 0,96	1,60 ± 0,08	4,10 ± 0,21

Содержание влаги в сырье и продуктах варьировалось от 3,37 до 6,13%. Самое высокое значение было у продукта 1К, что может быть связано с его мелкодисперсной структурой и высоким содержанием углеводов, поскольку сахара легко поглощают влагу из окружающей среды. После процесса обезжиривания измельченных семян конопли, содержание жира в шроте и продукте 1К уменьшилось до близких значений: 1,60 и 1,40% соответственно. При получении пищевых масел из растительного сырья нередко используют гексан, так как данный тип растворителя имеет узкий диапазон температур кипения (60–69 °C), а также является хорошим растворителем масел с точки зрения их избирательности. При экстракции гексаном вместе с маслом способны переходить в раствор олигосахариды и другие низкомолекулярные экстрактивные вещества, а основные фракции белков остаются в нерастворимом состоянии [25].

При изучении фракций выделенных при обезжиривании семян конопли методом экстракции выявлено, что содержание белка в семенах конопли, продукте 1К, шроте и муке составило 18,72%, 28,25%, 19,17% и 38,14%, соответственно.

Химический состав семян конопли сорта Сурская и соотношение в них белковых фракций представлены на рисунке 1.

В семенах конопли преобладающей фракцией являются глобулины (69,44%). Глобулин семян конопли в основном состоит из двух типов белка, а именно 11S глобулина (легуминоподобный) и 7S вицилиноподобного белка, на долю которых приходится 60–80% и 5% от общего количества белка семян, соответственно [15]. Фракция глобулина в белке семян конопли имеет более высокое содержание сульфаминокислот, особенно метионина, а также более высокое содержание гидрофобных, ароматических аминокислот и аминокислот с разветвленной цепью по сравнению с альбуминовой фракцией [13]. Более высокое соотношение аргинин / лизин в глобулине определенное в работе [13] по сравнению с альбумином свидетельствует о большом потенциале использования глобулина в рецептуре пищевых продуктов, способствующих укреплению здоровья сердечно-сосудистой системы.

Вследствие переработки семян конопли изменяются соотношения белковых фракций. Полученные результаты представлены на диаграммах рисунков 2 и 3.

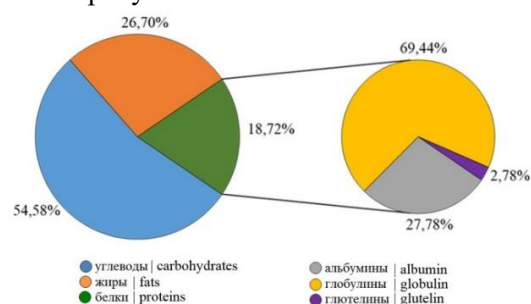


Рисунок 1. Химический состав и соотношение белковых фракций в семенах конопли

Figure 1. Chemical composition of hemp seed and ratio of protein fractions

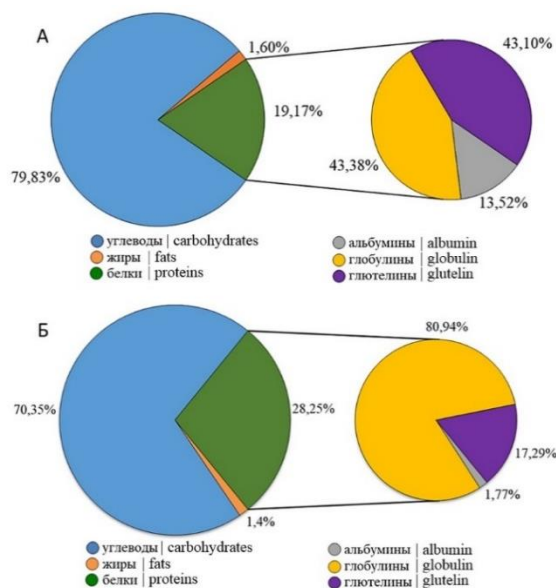


Рисунок 2. Химический состав и соотношение белковых фракций в шроте (А) и продукте 1К (Б)

Figure 2. Chemical composition of hemp seed meal (A) and product 1K (B) and their ratio of protein fractions

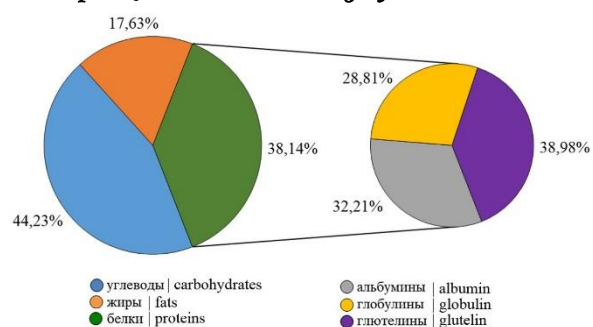


Рисунок 3. Химический состав и соотношение белковых фракций конопляной муки

Figure 3. The chemical composition and the ratio of protein fractions of hemp seed flour

В процессе обезжиривания семян конопли методом экстракции были получены шрот и мелкодисперсная фракция – продукт 1К, содержащий более 28% белка. Содержание белка во фракции шрота ниже, так как при разделении шрота и продукта 1К часть белковых соединений переходит в продукт 1К. После разделения продуктов экстракции в них, как следует из рисунка 2, произошло перераспределение белковых фракций. Содержание глобулинов в легкой мелкодисперсной фракции белков конопли составило 81% (рисунок 2, Б). В шроте содержание глобулиновой и глютелиновой фракций стало одинаковым. Значительно снизилось содержание альбуминов по сравнению с исходными семенами.

На рисунке 3 представлен химический состав и соотношение белковых фракций муки из семян конопли. В отличие от шрота, мука была получена после обезжиривания семян конопли методом «холодного» прессования.

Из всех полученных образцов в конопляной муке содержание белка от массы продукта самое высокое – 38,14%.

В конопляной муке присутствуют все 3 фракции аналогично белкам масличных. По сравнению с исходными семенами конопли в муке все 3 белковые фракции содержатся практически, в равных соотношениях с незначительным преобладанием глютелиновой.

Следует отметить, что в процессе переработки семян конопли, как механическим, так и химическим методами происходит в разной степени изменение соотношения белковых фракций. При всех методах обработки наблюдается значительное увеличение глютелиновой фракции и снижение суммы водо- и солерастворимых фракций, что можно объяснить протеканием процессов денатурации, которые сопровождаются изменением четвертичной либо третичной структуры белковой молекулы.

Так при получении муки механическим методом «холодного» прессования происходит прирост глютелинов с 2,78 до 38,98%, а в шроте и продукте 1К (после химической обработки) до 43,10 и 17,29, соответственно.

Заключение

В результате проделанной работы: определен химический состав семян конопли сорта Сурская и продуктов их переработки, свидетельствующий о повышении содержания белка после процесса экстракции и механического воздействия. Установлено соотношение белковых фракций в семенах конопли и продуктах и переработки. Преобладающей фракцией в семенах конопли является глобулиновая, содержание которой составляет 70%.

Химическая и механическая обработка сырья приводит к увеличению глютелиновой фракции белка с 2,78 до 43,10 и 38,98%, соответственно, и снижению суммы водо- и солерастворимых фракций.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что процессы механического и химического обезжиривания семян конопли обеспечивают получение сырья с высоким содержанием белка, содержащего все незаменимые аминокислоты и характеризующегося преобладающим содержанием суммы водо- и солерастворимых фракций, повышающих усвояемость белка.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (FGSS-2022–0007)

Литература

- 1 Кабунина И.В. Современная структура мирового рынка производства конопли // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 64 (4). С. 40–44.
- 2 Orio L.P., Boschin G., Recca T., Morelli C.F. et al. New ACE inhibitory peptides from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) proteins // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. № 65 (48). P. 10482–10488.
- 3 Конопля в Европе и мире. URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/spravocnie-materiali.html/id/1761>
- 4 Серков В.А., Смирнов А.А. История коноплеводства в России // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. № 3 (175). С. 132–141.
- 5 Зеленина О.Н., Смирнов А.А. Динамика содержания каннабиноидов в растениях конопли // Нива Поволжья. 2010. № 4 (17). С. 16–20.
- 6 Amagliani L., Schmitt C. Globular plant protein aggregates for stabilization of food foams and emulsions // Trends in Food Science & Technology. 2017. № 67. P. 248–259. doi: 10.1016/j.tifs.2017.07.013


- 7 Sá A.G.A., Franco Y.M., Carciofi M.B.A.M. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. // Trends in Food Science & Technology. 2020. № 97. P. 170–184. doi: 10.1016/j.tifs.2020.01.011
- 8 Teh S.S., Bekhit A.E.D., Carne A., Birch J. Effect of the defatting process, acid and alkali extraction on the physicochemical and functional properties of hemp, flax and canola seed cake protein isolates // Journal of Food Measurement and Characterization. 2014. № 8 (2). P. 92–104.
- 9 Lan Y., Zha F., Peckrul A., Hanson B. et al. Genotype x environmental effects on yielding ability and seed chemical composition of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties grown in North Dakota, USA // Journal of the American Oil Chemists Society. 2019. № 96. P. 1417–1425.
- 10 Qingling W., Youling L. Xiong. Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019. № 18 (4). P. 936–952.
- 11 Aluko R. Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Proteins: Composition, Structure, Enzymatic Modification, and Functional or Bioactive Properties // Sustainable Protein Sources. 2017. V. 7. P. 121–132.
- 12 Leonard W., Zhang P., Ying D., Fang Z. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019. № 19 (1). P. 282–308.
- 13 Oseyko M., Sova N., Lutsenko M., Kalyna V. Chemical aspects of the composition of industrial hemp seed products // Ukrainian Food Journal. 2019. № 8. P. 544–559.
- 14 Sun X., Sun Y., Li Y., Wu Q. et al. Identification and Characterization of the Seed Storage Proteins and Related Genes of *Cannabis sativa* L. // Frontiers in Nutrition. 2021. V. 8. P. 1–14.
- 15 Malomo S.A., Aluko R.E. A comparative study of the structural and functional properties of isolated hemp seed (*Cannabis sativa* L.) albumin and globulin fractions // Food Hydrocolloids. 2015. № 43. P. 743–752.
- 16 Shen P., Gao Z., Fang B., Rao J. et al. Ferretting out the secrets of industrial hemp protein as emerging functional food ingredients // Trends in Food Science & Technology. 2021. № 112. P. 1–15.
- 17 World Health Organization. Protein Acids in Human Nutrition. WHO/FAO Expert Consultation // World Health Rep. 2007. № 935. 284 p.
- 18 Цыганов Т.Б., Миневич И.Э., Зубцов В.А., Осипова Л.Л. Пищевая ценность семян льна и перспективные направления их переработки. Калуга, Издат. «Эйдос», 2010. 123 с.
- 19 Girih A.T., Udenigwe C.C., Aluko R.E. Reverse-phase HPLC separation of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysate produced peptide fractions with enhanced antioxidant capacity // Plant Foods for Human Nutrition. 2013. № 68. P. 39–46.
- 20 Malomo S.A., Onuh J.O., Girih A.T., Aluko R.E. Structural and antihypertensive properties of enzymatic hemp seed protein hydrolysates // Nutrients. 2015. V. 7. P. 7616–7632.
- 21 Teh S.S., Bekhit A.E.A., Carne A., Birch J. Antioxidant and ACE-inhibitory activities of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysates produced by the proteases AFP, HT, Pro-G, actinidin and zingibain // Food Chemistry. 2016. № 203. P. 199–206.
- 22 Mine Y., Li-Chan E.C.Y., Bo J. Biologically Active Food Proteins and Peptides in Health: An Overview // Bioactive Proteins and Peptides as Functional Foods and Nutraceuticals. 1st ed. 2010. P. 5–11.
- 23 Aiello G., Lammi C., Boschin G., Zannoni C. et al. Exploration of potentially bioactive peptides generated from the enzymatic hydrolysis of hempseed proteins // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. № 65. P. 10174–10184.


References


- 1 Kabunina I.V. Modern structure of the world cannabis production market. International Agricultural Journal. 2021. no. 64 (4). pp. 40–44. (in Russian).
- 2 Orio L.P., Boschin G., Recca T., Morelli C.F. et al. New ACE inhibitory peptides from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) proteins. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. no. 65 (48). pp. 10482–10488.
- 3 Cannabis in Europe and the world. Available at: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/spravochnie-materiali.html/id/1761> (in Russian).
- 4 Serkov V.A., Smirnov A.A. The history of hemp growing in Russia. Oilseed crops. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds. 2018. no. 3 (175). pp. 132–141. (in Russian).
- 5 Zelenina O.N., Smirnov A.A. Dynamics of the content of cannabinoids in cannabis plants. Niva of the Volga region. 2010. no. 4 (17). pp. 16–20. (in Russian).
- 6 Amaglin L., Schmitt C. Globular plant protein aggregates for stabilization of food foams and emulsions. Trends in Food Science & Technology. 2017. no. 67. pp. 248–259. doi: 10.1016/j.tifs.2017.07.013
- 7 Sá A.G.A., Franco Y.M., Carciofi M.B.A.M. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. Trends in Food Science & Technology. 2020. no. 97. pp. 170–184. doi: 10.1016/j.tifs.2020.01.011
- 8 Teh S.S., Bekhit A.E.D., Carne A., Birch J. Effect of the defatting process, acid and alkali extraction on the physicochemical and functional properties of hemp, flax and canola seed cake protein isolates. Journal of Food Measurement and Characterization. 2014. no. 8 (2). pp. 92–104.
- 9 Lan Y., Zha F., Peckrul A., Hanson B. et al. Genotype x environmental effects on yielding ability and seed chemical composition of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties grown in North Dakota, USA. Journal of the American Oil Chemists Society. 2019. no. 96. pp. 1417–1425.
- 10 Qingling W., Youling L. Xiong. Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019. no. 18 (4). pp. 936–952.
- 11 Aluko R. Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Proteins: Composition, Structure, Enzymatic Modification, and Functional or Bioactive Properties. Sustainable Protein Sources. 2017. vol. 7. pp. 121–132.
- 12 Leonard W., Zhang P., Ying D., Fang Z. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019. no. 19 (1). pp. 282–308.

- 13 Oseyko M., Sova N., Lutsenko M., Kalyna V. Chemical aspects of the composition of industrial hemp seed products. *Ukrainian Food Journal*. 2019. no. 8. pp. 544–559.
- 14 Sun X., Sun Y., Li Y., Wu Q. et al. Identification and Characterization of the Seed Storage Proteins and Related Genes of *Cannabis sativa* L. *Frontiers in Nutrition*. 2021. vol. 8. pp. 1–14.
- 15 Malomo S.A., Aluko R.E. A comparative study of the structural and functional properties of isolated hemp seed (*Cannabis sativa* L.) albumin and globulin fractions. *Food Hydrocolloids*. 2015. no. 43. pp. 743–752.
- 16 Shen P., Gao Z., Fang B., Rao J. et al. Ferreting out the secrets of industrial hemp protein as emerging functional food ingredients. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. no. 112. pp. 1–15.
- 17 World Health Organization. Protein Acids in Human Nutrition. WHO/FAO Expert Consultation. *World Health Rep*. 2007. no. 935. 284 p.
- 18 Tsyganov T.B., Minevich I.E., Zubtsov V.A., Osipova L.L. Nutritional value of flax seeds and promising directions of their processing. Kaluga, Izdat. "Eidos", 2010. 123 p. (in Russian).
- 19 Girgih A.T., Udenigwe C.C., Aluko R.E. Reverse-phase HPLC separation of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysate produced peptide fractions with enhanced antioxidant capacity. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2013. no. 68. pp. 39–46.
- 20 Malomo S.A., Onuh J.O., Girgih A.T., Aluko R.E. Structural and antihypertensive properties of enzymatic hemp seed protein hydrolysates. *Nutrients*. 2015. vol. 7. pp. 7616–7632.
- 21 Teh S.S., Bekhit A.E.A., Carne A., Birch J. Antioxidant and ACE-inhibitory activities of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysates produced by the proteases AFP, HT, Pro-G, actinidin and zingibain. *Food Chemistry*. 2016. no. 203. pp. 199–206.
- 22 Mine Y., Li-Chan E.C.Y., Bo J. Biologically Active Food Proteins and Peptides in Health: An Overview. *Bioactive Proteins and Peptides as Functional Foods and Nutraceuticals*. 1st ed. 2010. pp. 5–11.
- 23 Aiello G., Lammi C., Boschini G., Zannoni C. et al. Exploration of potentially bioactive peptides generated from the enzymatic hydrolysis of hempseed proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017. no. 65. pp. 10174–10184.

Сведения об авторах

Валентин И. Ушаповский м.н.с., лаборатория переработки лубяных культур, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, 17/56, г. Тверь, 170041, Россия, v.uschapovsky@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1620-3323>

Агата А. Гончарова м.н.с., лаборатория молекулярно-генетических исследований и клеточной селекции, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, 17/56, г. Тверь, 170041, Россия, a.goncharova@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5977-5669>

Ирина Э. Миневиц к.т.н., в.н.с., лаборатория переработки лубяных культур, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, 17/56, г. Тверь, 170041, Россия, i.minevich@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8558-4257>


Вклад авторов


Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат


Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Valentin I. Uschapovsky junior researcher, laboratory for the processing of bast crops, The Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Komsomolsky prospect, 17/56, Tver, 170041, Russia, v.uschapovsky@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1620-3323>

Agata A. Goncharova junior researcher, laboratory of molecular genetic research and cell selection, The Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Komsomolsky prospect, 17/56, Tver, 170041, Russia, a.goncharova@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5977-5669>

Irina E. Minevich Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, laboratory for the processing of bast crops, The Federal State Budget Research Institution Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Komsomolsky prospect, 17/56, Tver, 170041, Russia, i.minevich@fncl.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8558-4257>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 20/10/2021	После редакции 20/11/2021	Принята в печать 28/12/2021
Received 20/10/2021	Accepted in revised 20/11/2021	Accepted 28/12/2021