

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-188-197>



Поступила 03.03.2024

<https://www.fsjour.com/jour>

Поступила после рецензирования 11.04.2024

Обзорная статья

Принята в печать 19.04.2024

Open access

© Алексаночкин Д. И., Фоменко И. А., Алексеева Е. А., Чернуха И. М., Машенцева Н. Г., 2024

ПОЛУЧЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО БЕЛКА ИЗ СЕМЯН И ЖМЫХА ПРОМЫШЛЕННОЙ КОНОПЛИ: ОБЗОР СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Алексаночкин Д. И.^{1*}, Фоменко И. А.¹, Алексеева Е. А.¹,
Чернуха И. М.^{1,2}, Машенцева Н. Г.¹

¹ Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

² Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

промышленная конопля, жмых конопли, масло, клетчатка, изоляты белка, гидролизаты белка, биологически активные пептиды

Промышленная конопля (*Cannabis sativa* L.) является многофункциональным сырьем с широким спектром применений. Большой интерес к конопле в пищевой промышленности возник сравнительно недавно. Семена и жмых конопли обладают высоким содержанием белка, 20,00–38,70% и 27,90–40,70% соответственно, что делает их перспективным сырьем для получения концентратов, изолятов и гидролизатов для пищевой промышленности. Жмых конопли отличается высоким содержанием клетчатки (17,41–60,38%) и может применяться в качестве пребиотического компонента пищи. Аминокислотный состав семян конопли отличается тем, что по содержанию аминокислот он превышает аналогичные показатели эталонного белка, рекомендованного ВОЗ. Содержание лизина — единственный показатель, по которому белок конопли уступает «идеальному» белку. Усвояемость белка очищенных семян конопли колеблется от 90,8% до 97,5%, что сопоставимо с усвояемостью казеина. Усвояемость изолята конопли составляет 88–91%, что на 21,9% выше, чем у изолята белка сои. Пептиды и аминокислоты, содержащиеся в гидролизатах белка конопли, способны проявлять высокую биологическую активность. Гидролизаты вызывают интерес исследователей не только своей биоактивностью, но и высокой усвояемостью и пищевой ценностью. Направленный протеолиз — это инструмент, способствующий улучшению функционально-технологических свойств белка. Семена и жмых являются перспективным сырьем для использования в технологиях пищевых продуктов для получения растительного масла, пищевых волокон, белковых препаратов и функциональных продуктов. Цель данной статьи — проанализировать основные способы переработки промышленной конопли и перспективные направления применения белковых продуктов из отходов масложирового производства конопли в пищевой промышленности.

Received 03.03.2024

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Accepted in revised 11.04.2024

Review article

Accepted for publication 19.04.2024

Open access

© Aleksanochkin D. I., Fomenko I. A., Alekseeva E. A., Chernukha I. M., Mashentseva N. G., 2024

PRODUCTION OF PLANT PROTEIN FROM SEEDS AND CAKE OF INDUSTRIAL HEMP: OVERVIEW OF PROCESSING METHODS FOR FOOD INDUSTRY

Denis I. Aleksanochkin^{1*}, Ivan A. Fomenko¹, Ekaterina A. Alekseeva¹,
Irina M. Chernukha², Natalya G. Mashentseva¹

¹ Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

² V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

KEY WORDS:

industrial hemp, hemp cake, oil, fiber, protein isolate, protein hydrolysates, biologically active peptides

ABSTRACT

Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) is a multifunctional raw material with a wide spectrum of applications. A huge interest in hemp has arisen in the food industry comparatively recently. Seeds and cake of hemp have the high protein content (20.00–38.70% and 27.90–40.70%, respectively), which makes them a promising raw material for production of concentrates, isolates, and hydrolysates for the food industry. Hemp cake is distinguished by the high content of fiber (17.41–60.38%) and can be used as a prebiotic component of food. In terms of the amino acid content, the amino acid composition of hemp exceeds the corresponding indicators of the reference protein recommended by WHO. The content of lysine is the only indicator, in which hemp protein is inferior to the “ideal” protein. Digestibility of protein of hulled hemp seeds is in a range from 90.8% to 97.5%, which is comparable to digestibility of casein. Digestibility of hemp isolate is 88–91%, which is 21.9% higher than that of soy protein isolate. Peptides and amino acids contained in hydrolysates of hemp protein can show the high biological activity. Hydrolysates attract interest among researchers not only because of their bioactivity but also because of their high digestibility and nutritional value. Targeted proteolysis is a tool that facilitates an improvement in the functional-technological properties of protein. Seeds and cake are a promising raw material for using in food technologies to produce vegetable oil, dietary fiber, protein preparations and functional products. The aim of this paper is to analyze the main methods for industrial hemp processing and promising directions of using protein products from waste of hemp oil production in the food industry.

1. Введение

По данным Организации объединенных наций (ООН), в середине ноября 2022 г. численность населения мира достигла 8 млрд человек [1]. Согласно статистике ООН, к 2050 году мировое население составит 9,7 млрд человек, а еще через 30 лет достигнет 10,4 млрд чело-

век. Это означает, что потребность населения в пищевом белке будет увеличиваться [2]. Проблема дефицита белка и ухудшение рациона питания являются серьезным вызовом для здоровья и благополучия человечества. Белок — один из основных компонентов в рационе питания человека, он необходим для обеспечения нормального функ-

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Алексаночкин, Д. И., Фоменко, И. А., Алексеева, Е. А., Чернуха, И. М., Машенцева, Н. Г. (2024). Получение растительного белка из семян и жмыха промышленной конопли: обзор способов переработки для использования в пищевой промышленности. *Пищевые системы*, 7(2), 188–197. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-188-197>

FOR CITATION: Aleksanochkin, D. I., Fomenko, I. A., Alekseeva, E. A., Chernukha, I. M., Mashentseva, N. G. (2024). Production of plant protein from seeds and cake of industrial hemp: Overview of processing methods for food industry. *Food Systems*, 7(2), 188–197. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-188-197>

ционирования организма. Несмотря на то, что в мире существует разнообразие пищевых источников протеина, многие люди страдают от его недостатка в пище. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), дефицит белка в мире оценивается в десятки миллионов тонн. Эта проблема особенно актуальна в развивающихся странах, в которых остро стоят вопросы качества и доступности пищи [3]. Ежегодный дефицит пищевого белка к 2050 году может достичь 30 млн т [4]. По данным ВНИИПБТ — филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», на 2022 г. в России формируется около 1 млн т дефицита пищевого белка, который увеличивается с каждым годом [5,6].

В мире существует более 50 видов масличных культур, которые представлены большим разнообразием. Многие виды масличных культур являются не только сырьем для производства растительных масел, но и источником растительного белка, клетчатки и биологически активных веществ [7]. Цельные семена, масла, шрот и жмых содержат биологически активные компоненты, и знания об их положительном действии широко пропагандируются диетологами и производителями продуктов питания. В связи с этим растет интерес потребителей к новым полезным для здоровья ингредиентам по всему миру [8]. Концепция преобразования отходов производства в белковый продукт с добавленной стоимостью также становится все более востребованной [9]. Большую популярность набирает промышленная конопля. Данное растение представляет собой универсальную масличную культуру, которая является источником растительного масла и белка, и обеспечивает широкий спектр технологических возможностей.

Промышленная конопля (*Cannabis sativa* L.) — это растение, которое используется для производства бумаги, продуктов питания, биотоплива, косметических средств и кормов [10,11]. Культура является одним из наиболее доступных источников лубяных волокон с высоким содержанием целлюлозы [12]. Из-за наличия в растении дельта-9-тетрагидроканнабинола (ТГК), психоактивного соединения, культивирование всех сортов каннабиса, включая медицинскую коноплю, запрещено в большинстве стран мира, в том числе и в России [13]. Марихуана, так называемый медицинский каннабис, содержит около 10–30% ТГК, в то время как промышленная конопля не относится к психоактивным разновидностям *Cannabis sativa* L. [14]. К сортам промышленной конопли установлены требования по содержанию ТГК от 0,01 до 0,3% [15]. В России по постановлению Правительства РФ от 06.02.2020 г. № 101 для культивирования в промышленных целях, не связанных с производством или изготовлением наркотических средств и психотропных веществ, разрешаются сорта конопли с содержанием в сухой массе листьев и соцветий верхних частей одного растения массовой доли ТГК в размере, не превышающем 0,1% [16].

Большой интерес производителей к использованию конопли в пищевой промышленности возник сравнительно недавно. В прошлые столетия данное растение было востребовано в основном в производстве текстильных материалов, а семена в небольших количествах применялись только для получения масла. На данный момент в мире около 60% семян используются для пищевых целей (производство хлеба, соусов, конфет, продуктов быстрого приготовления, диетических напитков). Высокая пищевая ценность семян конопли может удовлетворить потребности рынка продовольственных продуктов [17].

Из семян промышленной конопли после получения масла в среднем образуется 65% жмыха [18]. Жмых и шрот масличных культур являются основными побочными продуктами при извлечении масла. Отходы масложировой промышленности представляют собой сырьевые ресурсы, богатые ценными компонентами, белком, клетчаткой, макро- и микроэлементами, а также биологически активными соединениями [19]. Таким образом, данные побочные продукты могут стать сырьем для последующего получения пищевых ингредиентов.

2. Объекты и методы

Анализ литературы проводился с использованием поисковых систем научной литературы: Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, а также отечественных научных библиотек eLIBRARY и «КиберЛенинка». Поиск литературы осуществлялся по ключевым словам:

- на русском языке: использование промышленной конопли, жмых конопли, масло семян конопли, изолят белка конопли, гидролизаты белка конопли, аминокислотный состав белка конопли, биологически активные пептиды;
- на английском языке: the use of industrial hemp, hemp cake, hemp seed oil, hemp protein isolate, hemp protein hydrolysates, amino acid composition of hemp protein, biologically active peptides.

В работе было проанализировано 103 научных публикации.

Критерии включения:

- опубликованные научные статьи;
- период выхода публикаций — 2005–2024 гг.;
- публикации на русском и английском языках.

Критерии исключения:

- тезисы докладов конференций, работы без полных текстов публикаций;
- публикации на других языках;
- публикации, вышедшие ранее 2005 г.

Тематика данной статьи связана со способами получения пищевых ингредиентов из семян и жмыха промышленной конопли с последующим использованием в пищевой промышленности.

3. Объемы выращивания промышленной конопли

Мировой рынок промышленной конопли составил примерно 4 млрд долларов США в 2018 г., а к 2025 г. предполагается его рост до 11 млрд долларов США [20]. По данным ФАО, посевная площадь культуры во всем мире составляет 300–400 тыс. га. Лидерами по выращиванию данной культуры являются США (120 тыс. га), Китай (100 тыс. га), Канада (60 тыс. га), Франция (20 тыс. га), Южная Корея (15 тыс. га) [21]. В СССР в 30-е годы посеvy конопли занимали порядка 700 тыс. га, что составляло 4/5 всей мировой площади, выделенной под этот вид культуры [22]. По данным Агропромышленной ассоциации коноплеводов (АПАК), на территории Российской Федерации в 2010 г. площадь, занятая культурой, была около 1,1 тыс. га, а к 2022 г. она достигла 14,3 тыс. га. В России к 2030 г. поставлена задача увеличения площади промышленной конопли в 4 раза, до 60 тыс. га [23,24]. В Таблице 1 представлены данные о посевной площади промышленной конопли в России.

Таблица 1. Посевная площадь промышленной конопли в России с 1970 по 2022 гг. [22,25,26]

Table 1. Area of industrial hemp cultivation in Russia from 1970 to 2022 [22,25,26]

Год возделывания	1970	1980	1990	2000	2010	2018	2019	2020	2021	2022
Площадь возделывания, тыс. га	200,0	100,0	10,5	2,0	1,1	8,0	10,0	10,5	13,2	14,3

По данным исследовательской компании NeoAnalytics, сбор семян на территории РФ в 2022 г. составил 3,5 тыс. т/год. Основными регионами коноплеводства являются Пензенская (17%), Ивановская (16%) области, республика Мордовия (12%), Челябинская (11%), Нижегородская (9%), Курская (9%) и Оренбургская (4%) области [26,27]. Приволжский федеральный округ является самым крупным регионом по возделыванию конопли. На него приходится 54,6% от всех площадей сбора культуры [26]. Основными сельскохозяйственными предприятиями по переработке и производству семян являются ООО «Коноплекс» (Пензенская обл.), ООО «Виктория» (Новгородская обл.), ООО «ПК Конопель», ООО «Нижегородские волокна конопли» (Нижегородская обл.), ООО «НОВ-АГРО» (Калининградская обл.) [28].



Рисунок 1. Промышленная конопля *Cannabis sativa* L.

Figure 1. Industrial hemp *Cannabis sativa* L.

Растение конопли представлено двудомными (мужскими и женскими цветками на отдельных растениях) и однодомными (мужскими и женскими цветками на одном растении) сортами. Однодомные сорта более однородны, чем двудомные. Однодомные растения используются как для получения волокна, так и для посева семян, тогда как двудомные сорта применяются для производства только волокон [29]. На Рисунке 1 представлено изображение промышленной конопли *Cannabis sativa* L. и ее семян. Государственный реестр селекционных достижений включает в себя 31 единицу сортов и гибридов конопли, допущенных для культивирования в промышленных целях на территории РФ [24,30]. Наиболее популярными сортами на данный момент являются сорта конопли «Вера» (35%), «Надежда» (18%) и «Сурская» (15% от общей площади засева) селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» [31]. Они характеризуются низким содержанием ТГК в период максимального их накопления (0,03–0,08%), стабильно высокой урожайностью семян (0,8–1,2 т/га) с масличностью 30–33% [24]. Вместе с тем данные сорта обладают высокой устойчивостью к болезням и вредителям, а также приспособлены к различным климатическим условиям в России.

4. Конкурентное преимущество конопли как источника питательных веществ

Конопля является многоцелевой культурой, дающей стебли, костру (одревесневшие части стеблей), семена и листья. Использование конопли разнообразно: в производстве строительных материалов, текстиля, бумаги, продуктов питания и напитков, косметики и предметов личной гигиены и т. д. Из промышленной конопли изготавливается около 25000 товаров [34,35]. На Рисунке 2 представлена схема использования промышленной конопли в различных отраслях промышленности.

Биохимический состав промышленной конопли складывается из липидов (от 30% до 42%), углеводов (от 27% до 36%) и белка (от 20% до 43%) [36]. В Таблице 2 представлен биохимический анализ семян

масличных культур и отхода их холодного отжима в сравнении с другими масличными культурами.

Химический состав семян и жмыха конопли уступает по содержанию «сырого» протеина сое, однако находится наравне с другими масличными культурами. У конопли среди представленных культур наибольший показатель по содержанию «сырой» клетчатки. Жмых как побочный продукт производства является перспективным сырьем с содержанием белка, приближенным по значению к жмыху сои и подсолнечника. В качестве альтернативы, благодаря высокому содержанию белка, жмых можно использовать для производства белковых препаратов.

5. Конопляное масло

Масло семян конопли является наиболее коммерциализированным продуктом во всем мире из-за своей высокой питательной ценности. Оно на 80% и более состоит из полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) от общего количества жирных кислот [48]. Конопляное масло традиционно получают двумя методами: путем холодного отжима и экстракцией органическими растворителями (н-гексаном, ацетоном). В процессе механического извлечения масла образуется отход производства – жмых. Данный метод относится к менее эффективному с точки зрения выхода масла: в жмыхе его остается до 35%. Использование шнекового прессования способно снизить количество продукта в жмыхе до 8–14%. Метод экстракции н-гексаном является более эффективным, так как выход масла составляет 95%, отходом производства является шрот. Однако данный метод требует более длительного времени экстракции и дополнительной стадии рафинации из-за остатков растворителя в конечном продукте [49,50]. Негативные факторы промышленного использования н-гексана, который оказывает отрицательное влияние на здоровье человека и на окружающую среду, вызывают необходимость поиска замены растворителя без ущерба для пищевой промышленности [51,52]. Таким образом, в последние несколько лет предпочтение отдается механическому прессованию, несмотря на более низкий выход целевого продукта [53].

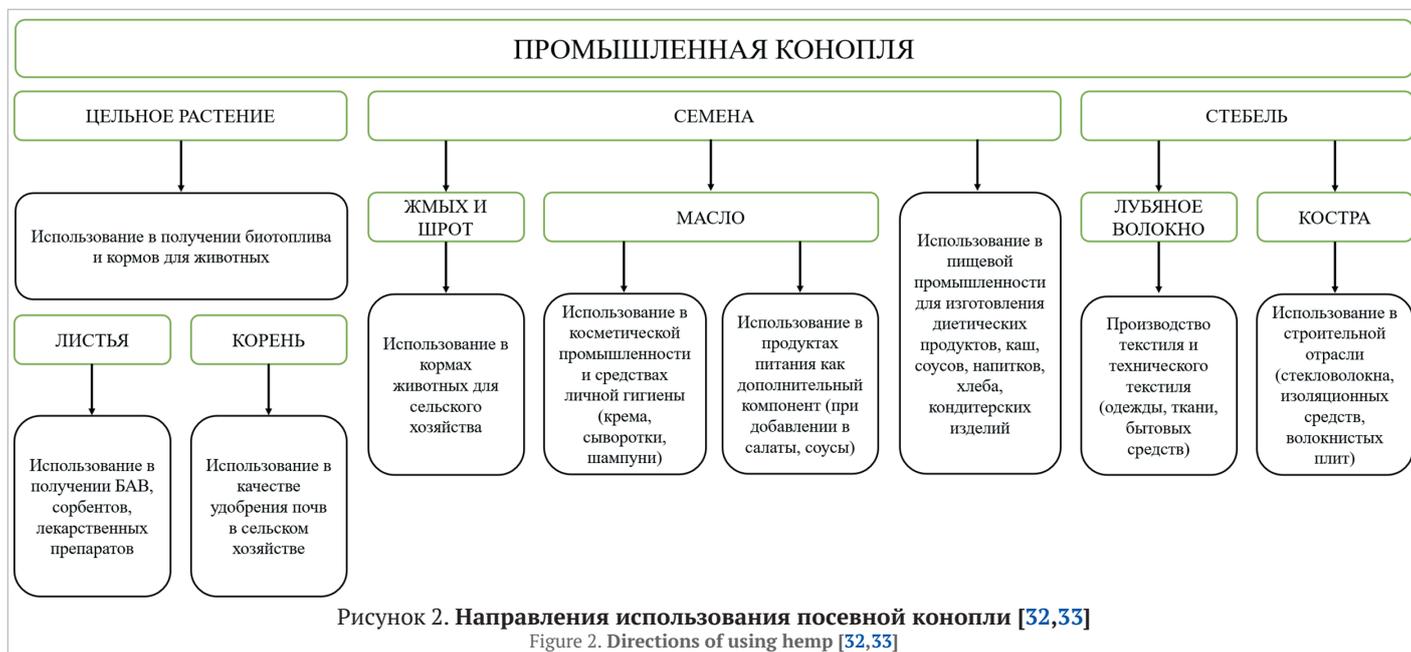


Таблица 2. Биохимический состав высокобелкового растительного сырья [37–47]

Table 2. Biochemical composition of high-protein plant raw materials [37–47]

Растительное сырье	Содержание «сырого» протеина, %	Содержание «сырой» клетчатки, %	Содержание «сырого» жира, %	Содержание «сырой» протеина, %	Содержание «сырой» клетчатки, %	Содержание «сырого» жира, %
Конопля	20,00–38,70	20,00–30,00	25,00–35,00	27,90–40,70	17,41–60,38	10,10–13,60
Соя	38,00–42,00	1,80–4,90	15,00–25,00	43,30–45,50	4,95–11,28	9,30–15,55
Подсолнечник	17,50–32,20	19,40–23,60	42,20–54,30	19,93–44,90	17,40–33,40	7,00–16,60
Рапс	21,00–32,40	6,10–8,90	40,10–48,00	30,20–37,80	11,60–16,80	10,30–15,10
Лен	21,00–28,00	8,10–13,00	35,00–48,00	26,00–30,00	7,00–9,30	10,00–25,00
Горох	21,60–24,90	0,90–1,40	7,30–10,60		Не получают	

В масле семян конопли содержатся такие ПНЖК, как линолевая кислота (18:2 n-6, присутствует в количестве 55%) и альфа-линоленовая кислота (18:3 n-3, содержится в количестве 20%). Также в его составе были обнаружены гамма-линоленовая кислота (18:3 n-6, содержится 1–4%) и стеарионовая кислота (18:4 n-3; содержится 0,5–2%) [54]. В Таблице 3 представлена сравнительная характеристика содержания жирных кислот в масле конопли и подсолнечника.

Конопляное масло уступает подсолнечному по содержанию олеиновой и линолевой кислот, но значительно превосходит по содержанию гамма-линоленовой, альфа-линоленовой и стеарионовой кислот и находится наравне с пальмитиновой и стеариновой кислотами. Масло семян имеет сбалансированное соотношение ω -6 и ω -3 жирных кислот (3:1), которое считается оптимальным [57]. Именно такое соотношение жирных кислот оказывает высокое иммунологическое воздействие благодаря участию в синтезе эйкозаноидов (многочисленные типы эйкозаноидов, такие как простагландины и лейкотриены, позволяют клеткам врожденного иммунитета быстро реагировать на чужеродные бактериальные агенты) [58,59]. В процессе холодного отжима извлекаются минорные соединения, естественным образом присутствующие в конопле: антиоксиданты, фенолы, токоферолы, фитостеролы, каротиноиды, витамины (А, В1, В6, С, D, Е) [60,61].

Небольшое количество конопляного масла (2 г в день) способно оказывать положительное влияние на уровень холестерина в плазме крови [62]. Повышенное потребление ω -3 жирных кислот способствует снижению риска развития рака и опухолей, понижению артериального давления и уровня холестерина. Масло также обладает многочисленными преимуществами: регулирует липидный обмен, поддерживает здоровье сердечно-сосудистой системы и используется в лечении дерматопатии [63].

6. Клетчатка конопли

Углеводы составляют от 20% до 30% от состава семян конопли [64]. Около 98% этих углеводов относятся к пищевым волокнам, в основном нерастворимым. Остальные 2% растворимых волокон представлены крахмалом. Семена конопли являются растительным сырьем с низким содержанием крахмала [55]. Основная фракция волокон, находящаяся в оболочке семян — «сырая» клетчатка. Соотношение растворимой и нерастворимой клетчаток в семенах конопли составляет 1:4. Среди нерастворимых волокон целлюлоза составляет 46%, лигнин — 31% и гемицеллюлоза — 22%.

Пищевые волокна способны оказывать положительное воздействие на организм человека. Они снижают уровень липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) при гиперхолестеринемии; контролируют уровень сахара в крови: волокна растительного происхождения замедляют всасывание глюкозы после приема пищи, поэтому нерастворимая клетчатка снижает риск развития ожирения и уменьшает выраженность симптомов сахарного диабета [65,66]. Клетчатка не переваривается в желудке и в тонком кишечнике, но проходит через пищеварительный тракт, стимулируя перистальтику кишечника. Пищевые волокна семян конопли могут стать эффективной диетической добавкой для ежедневного здорового питания. Ввиду высокого содержания клетчатки в составе семян *Cannabis sativa* L. коноплю можно применять в качестве пищевого ингредиента для обогащения пищевых продуктов [67]. Также она может использоваться в составе пребиотических и синбиотических комплексных препаратов с высокой пищевой ценностью.

7. Белок конопли

Белок конопли используется как добавка для повышения пищевой ценности конечного продукта. Он обладает низкой аллергенностью по сравнению с большинством растительных белков (сои, льна, кунжута и подсолнечника), что позволяет заменять им другие протеиновые компоненты [8,68].

Белок конопли состоит из трех основных фракций: глобулинов, альбуминов и небольших протеиновых цепей, богатых серой [17].

В семенах конопли был идентифицирован 181 белок, причем основные белки-накопители, эдестин и глобулины, содержались в концентрации от 67% до 75%, а альбумин — в диапазоне от 25% до 37%. Глобулины конопли представлены преимущественно 11S эдестинами, составляющими около 65% от общего количества белков, и в меньшей степени 7S глобулинами, составляющими около 5% от общего количества протеина [69]. Третья белковая фракция глобулинов характеризуется присутствием вицилиноподобного протеина — бета-конглицининового белка, который составляет около 5%.

Эдестин является гомогексамером, как и большинство 11S глобулинов, и имеет массу около 320 кДа. Каждый мономер массой приблизительно 54 кДа состоит из кислотной α -субъединицы массой 34 кДа и из более гетерогенной основной β -субъединицы [69]. Аминокислотный анализ свидетельствует, что эдестин богат метионином и цистеином (что составляет 20% от общего количества аминокислот). Белок имеет две субъединицы, состоящие из 27 и 61 аминокислотного остатка соответственно [70]. Эдестин может проявлять биологическую активность при расщеплении в ЖКТ, образуя пептиды различной молекулярной массы [71].

Альбуминовый компонент составляет примерно 25–37% от общего количества белков семян. По сравнению с глобулиновым компонентом, альбуминовый компонент в семенах конопли обладает большей гибкостью, но менее компактной структурой, поскольку содержит мало белков, связанных дисульфидными связями [72]. Альбумины состоят в основном из 7 полипептидов массой 6–35 кДа [69].

Фракция глобулина белка семян конопли имеет высокое содержание сульфаминокислот, особенно метионина, а также более высокое содержание гидрофобных, ароматических аминокислот и аминокислот с разветвленной цепью по сравнению с альбуминовой фракцией [73]. Белок семян конопли является укрепляющим здоровьем растительным компонентом, поскольку он содержит все незаменимые аминокислоты, необходимые человеческому организму в сбалансированном соотношении. Он содержит 12% аргинина, это значительно выше, чем в других растительных белках, в которых аргинин обычно составляет менее 7%. Кроме того, семена конопли содержат высокий уровень метионина и цистеина, диапазон которых колеблется от 3,5 до 5,9% [72]. В Таблице 4 представлены данные аминокислотного состава высокобелкового растительного сырья.

Аминокислотный состав конопли характеризуется тем, что по содержанию 6 из 7 аминокислот он превышает аналогичные показатели эталонного белка. Лизин — единственная аминокислота, по содержанию которой белок конопли уступает «идеальному» белку по рекомендациям ВОЗ. Содержание незаменимых аминокислот в семенах (30,7 г/100 г) и жмыхе (31,8) конопли выше, чем в подсолнечнике (29,0 и 33,8) и рапсе (25,4 и 25,0), но уступает аналогичному показателю у сои (41,6 и 35,7). Суммарное содержание заменимых аминокислот семян (69,3) и жмыха (68,3) конопли превосходит данный показатель состава у всех культур. Исключение составляет жмых рапса (71,6), который содержит наибольшее количество этих соединений — 4,8%. Соотношение незаменимых и заменимых аминокислот в семенах и жмыхе конопли составляет 1:2,3 и 1:2,2 соответственно.

Белок конопли по усвояемости и количеству аминокислот находится наравне или превышает показатели злаков, орехов и некоторых бобовых культур [78]. В отличие от других растительных белков, белок семян конопли содержит очень низкое количество антипитательных факторов (ингибиторов трипсина, фитиновой кислоты, конденсированных дубильных веществ) [13,79]. Усвояемость белка очищенных семян конопли колеблется от 90,8% до 97,5%, что сопоставимо с усвояемостью казеина, которая составляет 97,6% [71]. Усвояемость изолята белка конопли составляет (88–91%) по сравнению с соевым изолятом, усвояемость которого 71% [80]. Конопляные мука и изолят показали высокую степень усвояемости в модели ЖКТ перераживания *in vitro* [72].

Таблица 3. Профиль жирных кислот масла семян конопли и подсолнечника после холодного отжима [55,56]

Table 3. Fatty acid profile of hemp seed oil and sunflower oil after cold pressing

Название	Пальмитиновая кислота (16:0)	Стеариновая кислота (18:0)	Олеиновая кислота (18:2, n-9)	Линолевая кислота (18:2, n-6)	Гамма-линоленовая кислота (18:3, n-6)	Альфа-линоленовая кислота (18:3, n-3)	Стеарионовая кислота (18:4, n-3)
Содержание кислоты в конопле, %	5,6–9,1	2,1–4,0	9,0–18,8	51,6–59,0	0,6–5,0	10,5–22,0	0,2–2,0
Содержание кислоты в подсолнечнике, %	4,3–6,8	2,1–5,0	14,0–43,0	44,0–75,0		Менее 0,5	

Таблица 4. Аминокислотный состав белка конопли, сои, подсолнечника, рапса и эталонного белка [69,74,75,76,77]
Table 4. Amino acid composition of protein of hemp, soya, sunflower, rape and reference protein [69,74,75,76,77]

	Конопля		Соя		Подсолнечник		Рапс		Эталонный белок ВОЗ	
	Семена	Жмых	Семена	Жмых	Семена	Жмых	Семена	Жмых	Для детей	Для взрослых
Ала	4,6±0,3	4,4±0,2	3,6±0,0	—	4,1±0,1	—	5,8±0,1	6,5±0,1	—	—
Арг	12,6±0,8	12,4±2,8	6,2±0,0	7,4±0,0	7,0±0,3	9,1±0,0	5,7±0,1	9,2±1,4	—	—
Асп	10,9±0,5	10,7±1,4	7,1±0,0	—	10,3±2,1	—	4,1±0,1	15,2±1,0	—	—
Цис	1,1±1,1	1,8±0,2	2,1±0,0	1,6±0,0	1,5±0,6	1,8±0,0	1,5±0,2	—	—	—
Глу	19,8±2,6	18,1±2,8	9,1±0,0	—	14,0±0,9	—	15,1±0,1	17,7±0,3	—	—
Гли	4,7±0,1	4,8±0,5	3,7±0,0	4,5±0,0	4,1±0,3	5,6±0,0	4,5±0,1	5,5±0,2	—	—
Гис	2,9±0,2	3,0±0,7	3,0±0,0	2,4±0,0	2,5±0,1	2,8±0,0	2,7±0,1	3,7±0,1	1,8	1,5
Иле	3,9±0,2	3,9±0,0	5,3±0,0	4,6±0,0	4,0±0,1	4,2±0,0	3,8±0,1	5,8±0,2	3,1	3,0
Лей	6,6±0,6	6,9±0,8	7,1±0,0	7,8±0,0	6,9±0,4	6,9±0,0	0,8±0,1	—	6,3	5,9
Лиз	3,6±0,0	3,9±0,5	6,1±0,0	6,1±0,0	4,9±0,7	3,5±0,0	6,0±0,1	2,6±0,5	5,2	4,5
Мет	2,2±0,8	2,4±0,1	2,7±0,0	1,4±0,0	1,2±0,4	3,5±0,0	0,6±0,1	3,1±0,4	—	—
Фен	4,4±0,4	4,7±0,5	3,9±0,0	5,5±0,0	5,1±0,1	5,1±0,0	5,1±0,2	6,0±0,2	—	—
Про	4,5±0,3	4,5±0,4	3,6±0,0	—	3,1±0,6	—	5,1±0,2	6,5±0,1	—	—
Сер	5,2±0,4	5,4±1,1	6,4±0,0	—	4,0±0,2	—	6,6±0,2	7,3±0,1	—	—
Тре	3,8±0,1	3,8±0,3	3,7±0,0	3,8±0,0	2,5±0,5	3,4±0,0	5,3±0,1	3,0±0,5	2,7	2,3
Три	1,1±0,0	1,1±0,1	7,6±0,0	1,3±0,0	—	1,4±0,0	—	0,4±0,1	0,7	0,6
Тир	3,0±0,9	3,2±0,2	4,1±0,0	3,5±0,0	3,0±0,3	1,4±0,0	4,3±0,1	—	—	—
Вал	5,1±0,1	5,1±0,1	5,2±0,0	5,2±0,0	4,4±0,3	5,8±0,0	3,8±0,1	4,1±0,1	4,2	3,9

Существует три основных типа продуктов на основе конопляного белка: мука, концентрат и изолят. Изолят белка конопли — это новый и уникальный пищевой ингредиент на рынке белковых препаратов. Он может быть получен путем ферментативной биоконверсии и щелочной экстракции с последующим изoeлектрическим осаждением [81]. Растущий интерес исследователей к белкам из семян и жмыха конопли объясняется их особыми свойствами, например, содержанием биоактивных пептидов и низкой аллергенностью по сравнению с другими растительными белками, а также стабильными функционально-технологическими свойствами, такими как эмульгирующая, жиросвязывающая и пенообразующая способности [82]. Изолят конопли характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот по сравнению с соевым изолятом [83]. В Таблице 5 представлена сравнительная характеристика аминокислотного состава изолятов конопли и сои.

Таблица 5. Аминокислотный состав изолята белка конопли и сои [80,84,85]

	Изолят белка конопли	Изолят белка сои	Эталонный белок ВОЗ
Аланин	4,50±0,36	3,60±0,10	—
Аргинин	9,91±0,91	6,60±0,10	—
Аспарагиновая кислота	9,41±0,39	10,21±0,10	—
Цистеин	0,17±0,01	1,10±0,20	—
Глутаминовая кислота	16,14±0,26	17,50±0,30	—
Глицин	3,99±0,06	3,60±0,10	—
Гистидин	2,81±0,47	2,20±0,10	1,90
Изолейцин	3,99±0,08	2,80±0,30	2,80
Лейцин	6,63±0,23	2,20±0,20	6,60
Лизин	4,16±0,87	5,30±0,10	5,80
Метионин	1,39±0,06	1,10±0,10	2,00
Фенилаланин	4,57±0,11	4,50±0,10	3,80
Пролин	4,53±0,39	2,90±0,10	—
Серин	5,18±0,02	4,60±0,20	—
Треонин	—	3,10±0,10	1,10
Триптофан	4,57±0,35	1,10±0,10	3,40
Тирозин	3,67±0,23	3,20±0,30	—
Валин	4,98±0,13	4,10±0,10	3,50

При сравнении профиля аминокислот показано, что содержание 6 аминокислот конопли из 8 выше, чем у сои. Аминокислотный профиль изолята конопли не уступает соевому, а в суммарном количестве аминокислот превосходит его. Конопляный изолят в целом соответствует стандарту ВОЗ, за исключением показателя лизина. Тем самым конопляный белок характеризуется сбалансированным аминокислотным профилем, близким к эталонному.

8. Гидролизаты белка конопли

Гидролизаты белка состоят из полипептидов, олигопептидов и свободных аминокислот [86]. Их получают путем ферментативного и/или химического гидролиза белков [87]. Несмотря на то, что кислоты и щелочи могут быть использованы для расщепления пептидных связей, этот гидролиз трудно контролировать, и он может привести к получению продуктов с низким питательным качеством. Поэтому предпочтительным методом является ферментативный гидролиз с использованием протеаз [88]. Во время гидролиза происходит разрыв пептидных связей белков, что приводит к образованию пептидов и аминокислот.

В пищевых продуктах белковые гидролизаты встречаются во многих формах, они могут регулировать функционально-технологические свойства пищевых систем [89]. В настоящее время гидролизаты используются в производстве колбасных изделий, мясных полуфабрикатов, напитков, кондитерских и хлебопекарных изделий. Они могут присутствовать в составе продукта с целью увеличения срока годности за счет антиоксидантных свойств, способствующих замедлению окисления липидов [90,91].

Гидролизаты белка содержат биологически активные пептиды, которые можно использовать для лечения или профилактики ряда заболеваний, включая диабет, тромбоз, воспалительные процессы и т. д. [92]. Гидролизаты белка конопли обладают различной биологической активностью:

□ антиоксидантной. Эксперименты *in vitro* и *in vivo* показали, что гидролизаты белка семян конопли проявляют сильное антиоксидантное действие [93]. Антиоксидантные свойства в значительной степени зависели от типа и специфичности протеаз, условий и степени гидролиза [94]. Пептиды также обладают высоким потенциалом для снижения окислительного стресса у крыс со спонтанной гипертензией (модель исследования, используемая для изучения). Потребление крысами гидролизата белка конопли приводило к заметному увеличению активности супероксиддисмутазы и каталазы в плазме крови [13,72]. Среди идентифицированных короткоцепочечных пептидов наиболее активными антиоксидантными пептидами с поглощением 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (вещества, необходимого для

- анализа антиоксидантной активности) и хелатирующей активностью металлов были последовательности Три-Вал-Тир-Тир (WVYY) и Про-Сер-Лей-Про-Ала (PSLPA) соответственно [95];
- антигипертензивной. Артериальная гипертензия (АГ) определяется как систолическое артериальное давление и диастолическое артериальное давление выше 140 и 90 мм рт. ст. соответственно. Это глобальная проблема здравоохранения, которая затрагивает 20–45% населения (до 50% среди пожилого населения), являясь причиной 7,1 млн смертей в год по данным ВОЗ [15,96]. В настоящее время наиболее эффективным подходом к лечению АГ является инактивация ренина и/или ангиотензинпревращающего фермента (АПФ), которые отвечают за регуляцию АГ [97]. Пептиды с последовательностями Три-Тир-Тре (WYT) и Сер-Вал-Тир-Тре (SVYT) обладают самым высоким ингибирующим эффектом АПФ и ренина среди 23 идентифицированных пептидов из гидролизата белка конопли. Кроме того, пептиды с последовательностями SVYT, Иле-Про-Ала-Глу-Вал (IPAGV) и Про-Сер-Лей-Про-Ала (PSLPA) также демонстрируют способность снижать артериальное давление [98,99];
 - способностью к ингибированию ацетилхолинэстеразы. Гидролизаты белка конопли участвуют в профилактике и лечении нейродегенеративных заболеваний. Болезнь Альцгеймера является глобальной проблемой здравоохранения, затрагивающей миллионы пожилых людей во всем мире [100]. Ацетилхолинэстераза (АХЭ) — фермент, гидролизующий нейромедиатор ацетилхолин в холин и уксусную кислоту. Более высокие уровни экспрессии АХЭ в головном мозге человека приводят к нарушениям метаболизма ацетилхолина и являются характерной чертой пациентов с болезнью Альцгеймера [101]. Белок конопли, гидролизованный 1% пепсином, проявляет сильную ингибирующую активность АХЭ с концентрацией полумаксимального ингибирования (IC50), равной 5,95±0,10 мкг/мл. Гидролизаты белка конопли, обработанные другими ферментами, проявляют себя менее активно: 3% пепсина (8,04±0,33 мкг/мл), 3% папаина (8,97±0,41 мкг/мл) и 4% Alcalase (11,62±0,32 мкг/мл). Пептидная фракция белка, обработанного 1% пепсином, обладает молекулярной массой менее 1000 Да. Небольшой размер пептидов гидролизата белка конопли может повысить их способность проникать в мозг с целью подавления чрезмерной активности АХЭ [102];
 - способностью к ингибированию α-глюкозидазы. Сахарный диабет — это хроническое метаболическое заболевание. Более 90% пациентов страдают сахарным диабетом 2 типа. Это заболевание остается важной медицинской проблемой во всем мире. Фермент α-глюкозидаза, в основном обнаруженный в эпителиальных клетках тонкой кишки, необходим для метаболизма глюкозы в клетках. Ингибирование активности α-глюкозидазы может замедлить выработку, всасывание глюкозы и регулировать уровень глюкозы в крови [103]. Гидролизаты белка семян конопли проявляют высо-

- кую ингибирующую активность α-глюкозидазы, что может быть связано с двумя пептидными последовательностями Лей-Арг (LR) (287,2 Да) и Про-Лей-Мет-Лей-Про (PLMLP) (568,4 Да) [72]. Это свидетельствует о высоком потенциале конопляного белка в регуляции гипогликемической активности;
- другими биологическими действиями. Гидролизаты/пептиды белка конопли также обладают несколькими регуляторными эффектами, включая иммуномодулирующее действие, противовоспалительные эффекты и влияние на нарушение липидного обмена (уменьшение накопления липидов в стенках кровеносных сосудов) [72]. В Таблице 6 представлено разнообразие пептидов, обладающих биологической активностью.
- В целом, использование гидролизата белка конопли представляет собой перспективное направление, которое открывает новые возможности для производителей продуктов питания. Гидролизаты позволяют создавать инновационные продукты благодаря своей высокой биологической ценности.

9. Заключение

Промышленная конопля является одной из немногих масличных культур, продукты переработки которой используются в различных отраслях пищевой промышленности. Конопляное масло характеризуется высоким содержанием омега-3 и омега-6 жирных кислот в сбалансированном соотношении для организма человека. Химический состав семян и жмыха характеризуется высоким содержанием углеводов, 98% из которых представлены пищевыми волокнами — важными компонентами в пищевом рационе человека, так как физиологическая потребность в пищевых волокнах для взрослого человека составляет 20–25 г/сут. Высокое содержание белка в конопляном жмыхе делает его ценным компонентом для производства пищевых продуктов. Аминокислотный состав изолята белка соответствует всем стандартам, предъявляемым к эталонному белку. Профиль незаменимых аминокислот превышает соевый белок, в 8 показателях содержания аминокислот конопли выше. Содержание лизина — единственный показатель, по которому изолят белка конопли уступает стандарту ВОЗ. Гидролизаты белка конопли являются перспективным исследовательским объектом в области пищевой промышленности. Они обладают хорошей усвояемостью организмом, высокой биологической активностью. Биопептиды, содержащиеся в гидролизатах конопли, обладают потенциалом для использования в функциональных пищевых продуктах.

В связи с этим комплексная переработка жмыха промышленной конопли для получения концентрата, изолята и гидролизата белка является актуальной. Для получения белкового продукта существует необходимость: 1) в подборе режимов, параметров и вещества при обезжиривании; 2) в определении эффективности ферментативного гидролиза (подборе ферментов); 3) в подборе режимов экстракции и осаждения.

Таблица 6. Профиль биологической активности пептидов в гидролизатах белка конопли [13,15,72]

Table 6. Profile of biological activity of peptides in hemp protein hydrolysates [13,15,72]

Пептидная последовательность	Молекулярная масса пептидов, кДа	Используемый ферментный препарат или способ гидролиза	Биологическая активность	Механизм действия
WVYY	0,62971			
PSLPA	0,48357	Alcalase Novozymes	Антиоксидантная активность	Высокая активность поглощения 2,2-дифенил-1- пикрилгидразила
NHAV	0,43947			
HVRETALV	0,92407			
WVSPLAGRT	0,98614	Пепсин		Перекисное окисление липидов
IGFLIIWV	0,96023			
WYT	0,46851	Пепсин + панкреатин		Ингибирование активности АПФ и ренина
SVYT	0,46851			
IPAGV	0,45556			
PSLPA	0,48357	Кислотный химический гидролиз	Антигипертензивная активность	Ингибирование активности АПФ
GVLV	0,45054			
IEE	0,38941			
LGV	0,28736			
RVR	0,42952			
LYV	0,39348	Пепсин	Иммуномодулирующее действие	Ингибирование АХЭ
LR	0,28736	Alcalase Novozymes		
PLMLP	0,56976			

Необходимо активизировать поиск новых и альтернативных источников пищевого белка, для чего требуется проведение дополнительных исследований, направленных на расширение знаний и применение технологий для производства продуктов больших переделов, таких как изоляты и биологически активные

пептиды, с целью расширения ассортимента растительных белковых добавок. На основании всего изложенного, промышленная конопля (*Cannabis sativa* L.), без сомнения, представляется одним из таких перспективных источников полноценного пищевого белка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Pison, G. (2022). World population: 8 billion today, how many tomorrow? *Population and Societies*, 604(9), 1–4. <https://doi.org/10.3917/popsoc.604.0001>
- Berners-Lee, M., Kennelly, C., Watson, R., Hewitt, C. N. (2018). Current global food production is sufficient to meet human nutritional needs in 2050 provided there is radical societal adaptation. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 6, Article 52. <https://doi.org/10.1525/elementa.510>
- Bozsik, N., Cubillos T, J. P., Stalbek, V., Vasa, L., Magda, R. (2022). Food security management in developing countries: Influence of economic factors on their food availability and access. *PLoS One*, 17(7), Article e0271696. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271696>
- Колпакова, В. В., Уланова, Р. В., Куликов, Д. С., Гулакова, В. А., Семенов, Г. В., Шевякова, Л. В. (2022). Показатели качества гороховых и нутовых белковых концентратов. *Техника и технология пищевых производств*, 52(4), 650–664. [Kolpakova, V. V., Ulanova, R. V., Kulikov, D. S., Gulakova, V. A., Semenov, G. V., Shevjakova, L. V. (2022). Pea and chickpea protein concentrates: Quality indicators. *Food Processing: Techniques and Technology*, 52(4), 649–664. (In Russian)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2394>
- Дериглазова, Г. М. (2022). Современные тенденции возделывания сои в России. *АгроЗооТехника*, 5(3), статья 1. [Deriglazova, G. M. (2022). Current trends in soybean cultivation in Russia. *Agricultural and Livestock Technology*, 5(3), Article 1. (In Russian)] <https://doi.org/10.15838/alt.2022.5.3.1>
- Рождественская, Л. Н., Бычкова, Е. С., Бычков, А. Л. (2018). Анализ вызовов и современных тенденций развития технологий на рынке белков. *Пищевая промышленность*, 5, 42–47. [Rozhdestvenskaya, L. N., Vychkova, E. S., Vychkov, A. L. (2018). Analysis of challenges and current trends in the development of technologies in the protein market. *Food Industry*, 5, 42–47. (In Russian)]
- Доморошченкова, М. Л., Демьяненко, Т. Ф., Крылова, И. В., Камышева, И. М. (2020). Белковый потенциал семян подсолнечника. Исследования процессов получения пищевых белков из подсолнечного шрота. *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров*, 1–2, 24–29. [Domoroshchenkova, M. L., Demyanenko, T. F., Krilova, I. V., Kamisheva, I. M. (2020). Protein opportunities of sunflower seeds. research of processes of food protein production from sunflower oil meal. *Vestnik of the All-Russian Scientific Research Institute of Fats*, 1–2, 24–29. (In Russian)]
- Kotecka-Majchrzak, K., Sumara, A., Fornal, E., Montowska, M. (2020). Oilseed proteins — Properties and application as a food ingredient. *Trends in Food Science and Technology*, 106, 160–170. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.004>
- Singh, R., Langyan, S., Sangwan, S., Rohtagi, B., Khandelwal, A., Shrivastava, M. (2022). Protein for human consumption from oilseed cakes: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, Article 856401. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.856401>
- Salami, S. A., Martinelli, F., Giovino, A., Bachari, A., Arad, N., Mantri, N. (2020). It is our turn to get cannabis high: Put cannabinoids in food and health baskets. *Molecules*, 25(18), Article 4036. <https://doi.org/10.3390/molecules25184036>
- Rathi, V., Singh, G., Kumar, P., Chaudhary, M., Singh, P., Mishra, M. (2022). Legality of worldwide cannabis use and associated economic benefits. Chapter in a book: *Revolutionizing the Potential of Hemp and Its Products in Changing the Global Economy*. Springer Cham, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05144-9_3
- Manaia, J. P., Manaia, A. T., Rodrigues, L. (2019). Industrial hemp fibers: An overview. *Fibers*, 7(12), Article 106. <https://doi.org/10.3390/fib7120106>
- Shen, P., Gao, Z., Fang, B., Rao, J., Chen, B. (2021). Ferreting out the secrets of industrial hemp protein as emerging functional food ingredients. *Trends in Food Science and Technology*, 112, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.022>
- Crini, G., Lichtfouse, E., Chanet, G., Morin-Crini, N. (2020). Traditional and new applications of hemp. Chapter in a book: *Sustainable Agriculture Reviews 42: Hemp Production and Applications*. Springer Cham, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41384-2_2
- Santos-Sánchez, G., Álvarez-López, A. I., Ponce-España, E., Carrillo-Vico, A., Bollati, C., Bartolomei, M. et al. (2022). Hempseed (*Cannabis sativa*) protein hydrolysates: A valuable source of bioactive peptides with pleiotropic health-promoting effects. *Trends in Food Science and Technology*, 127, 303–318. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.06.005>
- Серков, В. А., Кабунина, И. В. (2022). К аспекту нормативно-правового регулирования выращивания и переработки конопли посевной в России. *Международный сельскохозяйственный журнал*, 1(385), 99–102. [Serkov, V. A., Kabunina, I. V. (2022). To the aspect of legal and regulatory framework for cultivation and processing of common hemp in Russia. *Mezhdunarodnyi Sel'skokhozyaistvennyi Zhurnal*, 1(385), 99–102. (In Russian)] https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_1_99
- Rizzo, G., Storz, M. A., Calapai, G. (2023). The Role of Hemp (*Cannabis sativa* L.) as a Functional Food in Vegetarian Nutrition. *Foods*, 12(18), Article 3505. <https://doi.org/10.3390/foods12183505>
- Лиходеевский, А. В. (2021). К вопросу о возрождении незаслуженно забытых технологий: техническая конопля. *Теория и практика мировой науки*, 3, 29–38. [Likhodeevskiy, A.V. (2021). On the question of the revival of underservedly forgotten technologies: Technical hemp. *Theory and Practice of World Science*, 3, 29–38. (In Russian)]
- Kotecka-Majchrzak, K., Kasańska-Czarna, N., Szychaj, A., Mikołajczyk, B., Montowska, M. (2021). The effect of hemp cake (*Cannabis sativa* L.) on the characteristics of meatballs stored in refrigerated conditions. *Molecules*, 26(17), Article 5284. <https://doi.org/10.3390/molecules26175284>
- Karabulut, G., Feng, H., Yemiş, O. (2022). Physicochemical and antioxidant properties of industrial hemp seed protein isolate treated by high-intensity ultrasound. *Plant Foods for Human Nutrition*, 77(4), 577–583. <https://doi.org/10.1007/s11130-022-01017-7>
- Кабунина, И. В. (2021). Современная структура мирового рынка производства конопли. *Международный сельскохозяйственный журнал*, 4, 40–44. [Kabunina, I. V. (2021). Modern world market structure hemp production. *Mezhdunarodnyi Sel'skokhozyaistvennyi Zhurnal*, 4, 40–44. (In Russian)] <https://doi.org/10.24412/2587-6740-2021-4-40-44>
- Попов, Р. А. (2019). Состояние, проблемы и возможности для развития отечественного коноплеводства. *Агротехника и энергообеспечение*, 4(25), 42–52. [Popov, R. A. (2019). State, problems and opportunities of development of domestic hemp farming. *Agrotehnika i Energoobespechenie*, 4(25), 42–52. (In Russian)]
- Вакулова, И. В. (2023). Влияние способа уборки конопли посевной на урожайность и качество семян в условиях Среднего Поволжья. *Аграрный научный журнал*, 8, 17–23. [Bakulova, I. V. (2023). The influence of the method of harvesting seeded hemp on the yield and quality of seeds in the conditions of the Middle Volga region. *The Agrarian Scientific Journal*, 8, 17–23. (In Russian)] <https://doi.org/10.28983/asj.y202318pp17-23>
- Серков, В. А., Кабунина, И. В. (2023). Конопля посевная-перспективный сырьевой ресурс для масложировой промышленности России. *Международный сельскохозяйственный журнал*, 2(392), 188–191. [Serkov, V. A., Kabunina, I. V. (2023). Seed hemp is a promising raw material resource for the fat and oil industry in Russia. *Mezhdunarodnyi Sel'skokhozyaistvennyi Zhurnal*, 2(392), 188–191. (In Russian)]
- Великанова, И. В., Пучков, Е. М. (2023). Формирование системы машин нового поколения для возделывания технической конопли в условиях модернизации отрасли. *Вестник АПК Верхневолжья*, 3(63), 78–84. [Velikanova, I. V., Puchkov, E. M. (2023). Formation of a system of new generation machines for the cultivation of industrial hemp in the conditions of modernization of the industry. *Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald*, 3(63), 78–84. (In Russian)] <https://doi.org/10.35694/YARCX.2023.63.3.010>
- Федеральная служба государственной статистики (РОССТАТ) (2023). Сельское хозяйство в России 2023. Электронный ресурс: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13226>. Дата обращения: 28 декабря 2023 г. [Federal State Statistics Service (ROSSTAT) (2023). Agriculture in Russia 2023. Retrieved from <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13226>. Accessed December 28, 2023 (In Russian)]
- Бакулова, И. В., Кабунина, И. В. (2022). Основные приемы семеноводства конопли посевной среднерусского экотипа. *Международный сельскохозяйственный журнал*, 6(390), 632–635. [Bakulova, I. V., Kabunina, I. V. (2022). Basic techniques of seed farming of middle russian ecotype cannabis sativa. *Mezhdunarodnyi Sel'skokhozyaistvennyi Zhurnal*, 6(390), 632–635. (In Russian)] https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_6_632
- Давыдова, С. А., Чаплыгин, М. Е., Попов, Р. А. (2021). Техническая оснащенность селекции и семеноводства при возделывании льна-долгунца и конопли посевной. *Аграрный научный журнал*, 4, 72–78. [Davydova, S. A., Chaplygin, M. E., Popov, R. A. (2021). Fiber flax and hemp cultivation, seed breeding and seed production technical equipment. *The Agrarian Scientific Journal*, 4, 72–78. (In Russian)] <https://doi.org/10.28983/asj.y202114pp72-78>
- Yazici, L. (2023). Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of King Saud University-Science*, 35(1), Article 102419. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102419>
- Serkov V. A., Belousov R. O., Alexandrov R. M., Davydova O. K. (2019). Latest directions of common hemp selection for solving modern problems of domestic economy and import substitution. *Volga Region Farmland*, 3, 24–30. <https://doi.org/10.26177/VRF.2019.3.3.005>
- Базанов, Т. А., Ущуповский, И. В., Логинова, Н. Н., Смирнова, Е. В., Михайлова, П. Д. (2021). Изучение генетического полиморфизма сортов конопли посевной российской селекции с применением ISSR-маркеров. *Таврический вестник аграрной науки*, 3(27), 9–19. [Baranov, T. A., Ushchupovskiy, I. V., Loginova, N. N., Smirnova, E. V., Mikhailova, P. D. (2021). Study of genetic polymorphism of Russian origin hemp cultivars with the use of ISSR-markers. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*, 3(27), 9–19. (In Russian)] <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-3-27-9-19>
- Karce, T. (2019). The application of hemp (*Cannabis sativa* L.) for a green economy: A review. *Turkish Journal of Botany*, 43(6), 710–723. <https://doi.org/10.3906/bot-1907-15>
- Rehman, M., Fahad, S., Du, G., Cheng, X., Yang, Y., Tang, K. et al. (2021). Evaluation of hemp (*Cannabis sativa* L.) as an industrial crop: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(38), 52832–52845. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16264-5>
- Crini, G., Lichtfouse, E., Chanet, G., Morin-Crini, N. (2020). Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 18, 1451–1476. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01029-2>

35. Дубровин, М. С. (2022). Развитие современного производства продукции из технической конопли. *Международный научно-исследовательский журнал*, 4–4(118), 120–124. [Dubrovín, M. S. (2022). Development of modern production of technical hemp products. *International Research Journal*, 4–4(118), 120–124. (In Russian)] <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.001>
36. Dawadi, P., Syangtan, G., Siddiqui, M. A., Lama, B., Nepal, K., Joshi, D. R. et al. (2022). Nutritional value and antioxidant properties of Cannabis seeds from Makwanpur district of central Nepal. *Scientific World*, 15(15), 103–112. <https://doi.org/10.3126/sw.v15i15.45657>
37. Sharma, S., Kaur, M., Goyal, R., Gill, B. S. (2014). Physical characteristics and nutritional composition of some new soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) genotypes. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 551–557. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0517-7>
38. Морозова, И. М., Мазурова, Н. Н., Морозов, И. М. (2022). Биохимический состав семян масличных культур, используемых при производстве кормовой продукции. *Вестник Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта*, 1(114), 48–53. [Morozova, I. M., Mazurova, N. N., Morozov, I. M. (2022). Biochemical composition of oil-bearing plant seeds used in fodder product manufacture. *Bulletin of Vitebsk State Technological University*, 1(114), 48–53. (In Russian)]
39. Курдюков, Е. Е., Семенова, Е. Ф., Гаврилова, Н. А., Пономарева, Т. А., Шелудякова, Ю. В. (2019). Особенности химического состава льна семян. *Вестник Пензенского государственного университета*, 4(28), 81–84. [Kurdyukov, E. E., Semenova, E. F., Gavrilova, N. A., Ponomareva, T. A., Sheludyakova, Yu. V. (2019). Features of the chemical composition of flax seeds. *Vestnik of Penza State University*, 4(28), 81–84. (In Russian)]
40. Савченко, И. В., Медведев, А. М., Лукомец, В. М., Зотиков, В. И., Карпачев, В. В., Косолапов, В. М. (2009). Пути увеличения производства растительного белка в России. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*, 1, 11–13. [Savchenko, I. V., Medvedev, A. M., Lukomets, V. M., Zotikov, V. I., Karpachev, V. V., Kosolapov, V. M. (2009). Ways for increasing plant protein production in Russia. *Vestnik of the Russian Agricultural Sciences*, 1, 11–13. (In Russian)]
41. Leming, R., Lember, A. (2005). Chemical composition of expeller-extracted and cold-pressed rapeseed cake. *Agraartedus*, 16(2), 103–109.
42. Снегирева, Н. В., Янова, М. А. (2022). Пищевая ценность льняной обезжиренной муки как функционального ингредиента для кондитерской промышленности. *Агропродовольственная политика России*, 2–3, 25–28. [Snegireva, N. V., Yanova, M. A. (2022). Nutritional value of skimmed flax flour as a functional ingredient for the confectionery industry. *Agro-food Policy in Russia*, 2–3, 25–28. (In Russian)]
43. Пономарева, С. В., Селехов, В. В. (2022). Влияние метеоусловий на качество зерна и корреляционная взаимосвязь между компонентами химического состава гороха полевого (*Pisum arvense* L.) в Нижегородской области. *Международный сельскохозяйственный журнал*, 6(390), 669–672. [Ponomareva, S. V., Selekhov, V. V. (2022). Weather conditions concerning their effect on quality of field pea (*Pisum arvense* L.) seeds, and correlation between chemical constituents of pea seeds grown in Nizhny Novgorod region. *Mezhdunarodnyi Sel'skokhozyaistvennyi Zhurnal*, 6(390), 669–672. (In Russian)] <https://doi.org/10.55186/25876740.2022.65.6.669>
44. Виноградов, Д. В., Кунцевич, А. А., Поляков, А. В. (2012). Жирнокислотный состав семян льна масличного сорта Санлин. *Международный технико-экономический журнал*, 3, 71–75. [Vinogradov, D. V., Kuntsevich, A. A., Polyakov, A. V. (2012). Fatty-acid composition of oil flax seed (Sanlin kind) *International Technical and Economic Journal*, (3), 71–75. (In Russian)]
45. Rabrenović, B. V., Vujanović, V. B. (2022). Industrial hempseed oil and lipids: Processing and properties. Chapter in a book: *Industrial Hemp*. Academic Press, 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90910-5.00003-8>
46. Ancața, P., Sonia, A. (2020). Oil press-cakes and meals valorization through circular economy approaches: A review. *Applied Sciences*, 10(21), Article 7432. <https://doi.org/10.3390/app10217432>
47. Burton, R. A., Andres, M., Cole, M., Cowley, J. M., Augustin, M. A. (2022). Industrial hemp seed: From the field to value-added food ingredients. *Journal of Cannabis Research*, 4, Article 45. <https://doi.org/10.1186/s42238-022-00156-7>
48. Risoluti, R., Gullifa, G., Battistini, A., Materazzi, S. (2020). Development of a “single-click” analytical platform for the detection of cannabinoids in hemp seed oil. *RSC Advances*, 10(71), 43394–43399. <https://doi.org/10.1039/D0RA07142K>
49. Esposito, M., Piazza, L. (2022). Ultrasound-assisted extraction of oil from hempseed (*Cannabis sativa* L.): Part 1. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(2), 732–739. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11404>
50. Baldino, N., Carnevale, I., Mileti, O., Aiello, D., Lupi, F. R., Napoli, A. et al. (2022). Hemp seed oil extraction and stable emulsion formulation with hemp protein isolates. *Applied Sciences*, 12(23), Article 11921. <https://doi.org/10.3390/app122311921>
51. Oliveira, É. R., Silva, R. F., Santos, P. R., Queiroz, F. (2019). Potential of alternative solvents to extract biologically active compounds from green coffee beans and its residue from the oil industry. *Food and Bioproducts Processing*, 115, 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.02.005>
52. Cravotto, G., Fabiano-Tixier, A.-S., Claux, O., Abert-Vian, M., Tabasso, S., Cravotto, G. et al. (2022). Towards substitution of hexane as extraction solvent of food products and ingredients with no regrets. *Foods*, 11(21), Article 3412. <https://doi.org/10.3390/foods11213412>
53. Valizadehderakhshan, M., Shahbazi, A., Kazem-Rostami, M., Todd, M. S., Bhowmik, A., Wang, L. (2021). Extraction of cannabinoids from *Cannabis sativa* L. (Hemp) — Review. *Agriculture*, 11(5), Article 384. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050384>
54. Tura, M., Ansorena, D., Astiasarán, I., Mandrioli, M., Toschi, T. G. (2022). Evaluation of hemp seed oils stability under accelerated storage test. *Antioxidants*, 11(3), Article 490. <https://doi.org/10.3390/antiox11030490>
55. Farinon, B., Molinari, R., Costantini, L., Merendino, N. (2020). The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. *Nutrients*, 12(7), Article 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
56. Akkaya, M. R. (2018). Prediction of fatty acid composition of sunflower seeds by near-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 2318–2325. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3150-x>
57. Izzo, L., Pacifico, S., Piccolella, S., Castaldo, L., Narváez, A., Grosso, M. et al. (2020). Chemical analysis of minor bioactive components and cannabidiol acid in commercial hemp seed oil. *Molecules*, 25(16), Article 3710. <https://doi.org/10.3390/molecules25163710>
58. Vodolazska, D., Lauridsen, C. (2020). Effects of dietary hemp seed oil to sows on fatty acid profiles, nutritional and immune status of piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, Article 28. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-0429-3>
59. Sheppe, A. E. F., Edelman, M. J. (2021). Roles of eicosanoids in regulating inflammation and neutrophil migration as an innate host response to bacterial infections. *Infection and Immunity*, 89(8), Article e0009521. <https://doi.org/10.1128/iai.00095-21>
60. Nigro, E., Pecoraro, M. T., Formato, M., Piccolella, S., Ragucci, S., Mallardo, M. et al. (2022). Cannabidiol acid in hemp seed oil table spoon and beyond. *Molecules*, 27(8), Article 2566. <https://doi.org/10.3390/molecules27082566>
61. Faugno, S., Piccolella, S., Sannino, M., Principio, L., Crescente, G., Baldi, G. M. et al. (2019). Can agronomic practices and cold-pressing extraction parameters affect phenols and polyphenols content in hempseed oils? *Industrial Crops and Products*, 130, 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.084>
62. Cerino, P., Buonerba, C., Cannazza, G., D'Auria, J., Ottoni, E., Fulgione, A. et al. (2021). A review of hemp as food and nutritional supplement. *Cannabis and Cannabinoid Research*, 6(1), 19–27. <https://doi.org/10.1089/can.2020.0001>
63. Xu, J., Bai, M., Song, H., Yang, L., Zhu, D., Liu, H. (2022). Hemp (*Cannabis sativa* sativa) Chemical composition and the application of hempseeds in food formulations. *Plant Foods for Human Nutrition*, 77(4), 504–513. <https://doi.org/10.1007/s11150-022-01013-x>
64. Irakli, M., Tsaliki, E., Kalivas, A., Kleisiaris, F., Sarrou, E., Cook, C. M. (2019). Effect of genotype and growing year on the nutritional, phytochemical, and antioxidant properties of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Antioxidants*, 8(10), Article 491. <https://doi.org/10.3390/antiox8100491>
65. Montero, L., Ballesteros-Vivas, D., Gonzalez-Barrios, A. F., Sánchez-Camargo, A. D. P. (2023). Hemp seeds: Nutritional value, associated bioactivities and the potential food applications in the Colombian context. *Frontiers in Nutrition*, 9, Article 1039180. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1039180>
66. He, Y., Wang, B., Wen, L., Wang, F., Yu, H., Chen, D. et al. (2022). Effects of dietary fiber on human health. *Food Science and Human Wellness*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.07.001>
67. Visković, J., Zheljazzkov, V. D., Sikora, V., Noller, J., Latković, D., Očamb, C. M. et al. (2023). Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) agronomy and utilization: A review. *Agronomy*, 13(3), Article 931. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030931>
68. Ушаповский, В. И., Гончарова, А. А., Миневиц, И. Э. (2022). Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 84(1), 66–72. [Ushapovskiy, V. I., Goncharova, A. A., Minevich, I. E. (2022). The impact of processing on hemp seeds protein complex. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 84(1), 66–72. (In Russian)] <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-1-66-72>
69. Potin, F., Saurer, R. (2020). Hemp seed as a source of food proteins. Chapter in a book: *Sustainable Agriculture Reviews 42: Hemp Production and Applications*. Springer Cham, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41384-2_9
70. Yano, H., Fu, W. (2023). Hemp: A sustainable plant with high industrial value in food processing. *Foods*, 12(3), Article 651. <https://doi.org/10.3390/foods12030651>
71. Wang, Q., Xiong, Y. L. (2019). Processing, nutrition, and functionality of hempseed protein: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 936–952. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12450>
72. Chen, H., Xu, B., Wang, Y., Li, W., He, D., Zhang, Y. et al. (2023). Emerging natural hemp seed proteins and their functions for nutraceutical applications. *Food Science and Human Wellness*, 12(4), 929–941. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.10.016>
73. Oseyko, M., Sova, N., Lutsenko, M., Kalyna, V. (2019). Chemical aspects of the composition of industrial hemp seed products. *Ukrainian Food Journal*, 8(3), 544–559.
74. Kalaydzhev, H., Ivanova, P., Stoyanova, M., Pavlov, A., Rustad, T., Silva, C. L. et al. (2020). Valorization of rapeseed meal: Influence of ethanol antinutrients removal on protein extractability, amino acid composition and fractional profile. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 2709–2719. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-00553-1>
75. Смольникова, Я. В., Бопп, В. Л., Коломейцев, А. В., Стутко, О. В., Ханипова, В. А., Брошко, Д. В. (2022). Применение ферментативного гидролиза для получения белковых концентратов из жмыха *Camelina sativa*. *Техника и технология пищевых производств*, 52(1), 199–209. [Smolnikova, Ya. V., Bopp, V. L., Kolomeytshev, A. V., Stutko, O. V., Khanipova, V. A., Broshko, D. V. (2022). Aqueous enzymatic extraction of protein concentrates from camelina sativa oil cake. *Food Processing: Techniques and Technology*, 52(1), 199–209. (In Russian)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-199-209>
76. Akande, K. E. (2011). Proximate and amino acid analyses of full-fat sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed meal. *Singapore Journal of Scientific Research*, 1(2), 179–183. <http://dx.doi.org/10.3923/sjsres.2011.179.183>
77. Arrutia, F., Binner, E., Williams, P., Waldron, K. W. (2020). Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. *Trends in Food Science and Technology*, 100, 88–102. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.044>
78. Nasrollahzadeh, F., Roman, L., Swaraj, V. J. S., Ragavan, K. V., Vidal, N. P., Dutcher, J. R. et al. (2022). Hemp (*Cannabis sativa* L.) protein concentrates from wet and dry industrial fractionation: Molecular properties, nutritional composition, and anisotropic structuring. *Food Hydrocolloids*, 131, Article 107755. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107755>
79. Mamone, G., Picariello, G., Ramondo, A., Nicolai, M. A., Ferranti, P. (2019). Production, digestibility and allergenicity of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolates. *Food Research International*, 115, 562–571. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.017>

80. Wang, X.-S., Tang, C.-H., Yang, X.-Q., Gao, W.-R. (2008). Characterization, amino acid composition and *in vitro* digestibility of hemp (*Cannabis sativa* L.) proteins. *Food Chemistry*, 107(1), 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.064>
81. Hadnadev, M., Dapčević-Hadnadev, T., Lazaridou, A., Moschakis, T., Michaelidou, A.-M., Popović, S. et al. (2018). Hempseed meal protein isolates prepared by different isolation techniques. Part I. Physicochemical properties. *Food Hydrocolloids*, 79, 526–533. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.12.015>
82. Dapčević-Hadnadev, T., Hadnadev, M., Dizdar, M., Lješević, N. J. (2020). Functional and bioactive properties of hemp proteins. Chapter in a book: Sustainable Agriculture Reviews 42: Hemp Production and Applications. Springer Cham, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41384-2_8
83. Plati, F., Ritzoulis, C., Pavlidou, E., Paraskevopoulou, A. (2021). Complex coacervate formation between hemp protein isolate and gum Arabic: Formulation and characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182, 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.04.003>
84. Красильников, В. Н., Мехтиев, В. С., Доморошченкова, М. Л., Демьяненко, Т. Ф., Гаврилюк, И. П., Кузнецова, Л. И. (2010). Перспективы использования белков из семян люпина узколистного. *Пищевая промышленность*, 2, 40–43. [Krasilnikov, V. N., Mekhtiev, V. S., Domoroshchenkova, M. L., Demjanenko, T. F., Gavriljuk, I. P., Kuznetsova, L. I. (2010). Prospect of use of fibers from seeds lupine *augustifolius*. *Food Industry*, 2, 40–43. (In Russian)]
85. Kalman, D. S. (2014). Amino acid composition of an organic brown rice protein concentrate and isolate compared to soy and whey concentrates and isolates. *Foods*, 3(3), 394–402. <https://doi.org/10.3390/foods3030394>
86. Rodriguez-Martin, N. M., Toscano, R., Villanueva, A., Pedroche, J., Millan, F., Montserrat-de la Paz, S. et al. (2019). Neuroprotective protein hydrolysates from hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Food and Function*, 10(10), 6732–6739. <https://doi.org/10.1039/C9FO01904A>
87. Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R. et al. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.037>
88. Liceaga, A. M. (2019). Approaches for utilizing insect protein for human consumption: Effect of enzymatic hydrolysis on protein quality and functionality. *Annals of the Entomological Society of America*, 112(6), 529–532. <https://doi.org/10.1093/aesa/saz010>
89. Tang, T., Wu, N., Tang, S., Xiao, N., Jiang, Y., Tu, Y. et al. (2023). Industrial application of protein hydrolysates in food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(4), 1788–1801. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c06957>
90. Jeewanthi, R. K. C., Lee, N.-K., Paik, H.-D. (2015). Improved functional characteristics of whey protein hydrolysates in food industry. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(3), 350–359. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.3.350>
91. Tultabayeva, T., Tokysheva, G., Zhakupova, G., Konysbaeva, D., Mukhtarkhanova, R., Matibayeva, A. et al. (2023). Enhancing nutrition and palatability: The development of cooked sausages with protein hydrolysate from secondary raw materials for the elderly. *Applied Sciences*, 13(18), Article 10462. <https://doi.org/10.3390/app131810462>
92. Montserrat-de la Paz, S., Carrillo-Berdasco, G., Rivero-Pino, F., Villanueva-Lazo, A., Millan-Linares, M. C. (2022). Hemp protein hydrolysates modulate inflammasome-related genes in microglial cells. *Biology*, 12(1), Article 49. <https://doi.org/10.3390/biology12010049>
93. Tang, C.-H., Wang, X.-S., Yang, X.-Q. (2009). Enzymatic hydrolysis of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolate by various proteases and antioxidant properties of the resulting hydrolysates. *Food Chemistry*, 114(4), 1484–1490. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.049>
94. Xu, Y., Zhao, J., Hu, R., Wang, W., Griffin, J., Li, Y. et al. (2021). Effect of genotype on the physicochemical, nutritional, and antioxidant properties of hempseed. *Journal of Agriculture and Food Research*, 3, Article 100119. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100119>
95. Girgih, A. T., Alashi, A. M., Offengenden, M., Wu, J., Aluko, R. E. (2014). Structural and functional characterization of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein-derived antioxidant and antihypertensive peptides. *Journal of Functional Foods*, 6, 384–394. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.11.005>
96. Mills, K. T., Stefanescu, A., He, J. (2020). The global epidemiology of hypertension. *Nature Reviews Nephrology*, 16(4), 225–237. <https://doi.org/10.1038/s41581-019-0244-2>
97. Ames, M. K., Atkins, C. E., Pitt, B. (2019). The renin-angiotensin-aldosterone system and its suppression. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33(2), 363–382. <https://doi.org/10.1111/jvim.15454>
98. Girgih, A. T., Alashi, A. M., He, R., Malomo, S. A., Raj, P., Netticadan, T. et al. (2014). A novel hemp seed meal protein hydrolysate reduces oxidative stress factors in spontaneously hypertensive rats. *Nutrients*, 6(12), 5652–5666. <https://doi.org/10.3390/nu6125652>
99. Kaushal, N., Dhadwal, S., Kaur, P. (2020). Ameliorative effects of hempseed (*Cannabis sativa*) against hypercholesterolemia associated cardiovascular changes. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 30(2), 330–338. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2019.09.006>
100. Malomo, S. A., Aluko, R. E. (2019). Kinetics of acetylcholinesterase inhibition by hemp seed protein-derived peptides. *Journal of Food Biochemistry*, 43(7), Article e12897. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12897>
101. Garmidolova, A., Desseva, I., Mihaylova, D., Fidan, H., Terziyska, M., Pavlov, A. (2022). Papain hydrolysates of lupin proteins with antioxidant, antimicrobial, and acetylcholinesterase inhibitory activities. *Applied Sciences*, 12(23), Article 12370. <https://doi.org/10.3390/app122312370>
102. Aluko, R. E. (2021). Food-derived acetylcholinesterase inhibitors as potential agents against Alzheimer's Disease. *eFood*, 2(2), 49–58. <https://doi.org/10.2991/efood.k.210318.001>
103. Cai, L., Wu, S., Jia, C., Cui, C. (2023). Hydrolysates of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed meal: Characterization and their inhibitory effect on α -glucosidase activity and glucose transport in Caco-2 cells. *Industrial Crops and Products*, 205, Article 117559. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117559>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Александрочкин Денис Игоревич — магистрант, кафедра «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза», Российский биотехнологический университет
125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11
Тел.: +7-977-369-93-86
E-mail: aleksanochkindi@list.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7677-6583>
* автор для контактов

Фоменко Иван Андреевич — кандидат технических наук, старший преподаватель, кафедра «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза», Российский биотехнологический университет 125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11
Тел.: +7-906-036-06-05
E-mail: iv.fomenko@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2478-1705>

Алексеева Екатерина Александровна — магистрант, кафедра «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза», Российский биотехнологический университет 125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11
Тел.: +7-915-609-16-08
E-mail: katrin_ea@bk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0632-1262>

Чернуха Ирина Михайловна — доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, Руководитель Отдела координации инициативных и международных проектов, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина, 26
Тел.: +7-495-676-95-11 (109)
E-mail: i.chernuha@fnpcs.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4298-0927>

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Denis I. Aleksanochkin, Master Student, Department “Biotechnology and Technology of Bioorganic Synthesis Products”, Russian Biotechnological University
11, Volokolamsk highway, 125080, Moscow, Russia
Tel.: +7-977-369-93-86
E-mail: aleksanochkindi@list.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7677-6583>
* corresponding author

Ivan A. Fomenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department “Biotechnology and Technology of Bioorganic Synthesis Products”, Russian Biotechnological University
11, Volokolamsk highway, 125080, Moscow, Russia
Tel.: +7-906-036-06-05
E-mail: iv.fomenko@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2478-1705>

Ekaterina A. Alekseeva, Master Student, Department “Biotechnology and Technology of Bioorganic Synthesis Products”, Russian Biotechnological University
11, Volokolamsk highway, 125080, Moscow, Russia
Tel.: +7-915-609-16-08
E-mail: katrin_ea@bk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0632-1262>

Irina M. Chernukha, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Principal Researcher, Head of the Department for Coordination of Initiative and International Projects, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems 26, Talalikhina, 109316, Moscow, Russia
Tel.: +7-495-676-95-11 (109)
E-mail: i.chernuha@fnpcs.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4298-0927>

Машенцева Наталья Геннадьевна — доктор технических наук, профессор, профессор РАН, профессор кафедры «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза», Российский биотехнологический университет
125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11
Тел.: +7-916-812-76-59
E-mail: natali-mng@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9287-0585>

Natalya G. Mashentseva, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, "Department Biotechnology and Technology of Bioorganic Synthesis Products", Professor of the Russian Academy of Sciences, Russian Biotechnological University
11, Volokolamsk highway, 125080, Moscow, Russia
Tel.: +7-916-812-76-59
E-mail: natali-mng@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9287-0585>

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.

Contribution

The author has the sole responsibility for writing the manuscript and is responsible for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.
