

## ОБЗОР

DOI 10.54016/SVITOK.2024.29.57.001

УДК 665.939.14: 577.112.38

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМЯН КОНОПЛИ И ЛЬНА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ПИЩЕВОГО БЕЛКА

© 2024. А. А. Яковлева

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

г. Тверь, Российская Федерация

Современное питание населения всего мира характеризуется низкой пищевой ценностью, высокой калорийностью, дефицитом микронутриентов и пищевых волокон, а также избыточным содержанием насыщенных жирных кислот, добавленного сахара и недостаточным содержанием белка. По данным ВОЗ, население планеты живет в условиях белкового голода, поэтому проблема его дефицита в продуктах питания является актуальной. Одним из инновационных направлений в области пищевых технологий является открытие новых источников белка. В настоящее время в качестве такого источника становятся все более популярными семена технической конопли и льна. Семена этих культур характеризуются высоким содержанием белка: конопля – 20-30%, лен – 18-30%. Анализ литературных данных позволил установить, что белковые комплексы семян конопли и льна содержат все незаменимые аминокислоты, они особенно богаты фенилаланином (с тирозином) и метионином (с цистеином). Первой лимитирующей аминокислотой как для белка семян конопли, так и льна, является лизин, аминокислотный скор составил 68% и 81% соответственно. С учетом усвояемости белка показатель PDCAAS для белкового комплекса семян конопли составил 60%. Для семян льна расчет DIAAS по лизину составил 63%; DIAAS по метионину (с цистеином) в белке семян льна на 146% больше, чем в соевом белке. Комбинирование белка семян технической конопли и льна с другими белками, богатыми ароматическими и серосодержащими аминокислотами, является перспективным направлением для создания продуктов питания со сбалансированным аминокислотным профилем.

**Ключевые слова:** протеин, аминокислотный состав, семена льна, семена технической конопли, DIAAS, PDCAAS.

**Благодарности:** работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема №FGSS-2022-0007).

**Для цитирования:** Яковлева А.А. Перспективы использования семян конопли и льна в качестве источника пищевого белка. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2024; 2(4):(3-9). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.29.57.001

Поступила: 11.04.2024 Принята к публикации: 21.05.2024 Опубликована: 27.06.2024

### PROSPECTS FOR USING HEMP AND FLAX SEEDS AS A SOURCE OF FOOD PROTEIN

© 2024. A. A. Yakovleva

Federal Research Center for Bast Fiber Crops,

Tver, Russian Federation

*The modern diet of the world's population is characterized by low nutritional value, high calorie content, a deficiency of micronutrients and dietary fiber, as well as an excessive content of saturated fatty acids,*

*added sugar and insufficient protein content. According to WHO, the world's population lives in conditions of protein starvation, so the problem of its deficiency in food is urgent. One of the innovative areas in the field of food technology is the discovery of new sources of protein. Currently, industrial hemp and flax seeds are becoming increasingly popular as such a source. The seeds of these crops are characterized by a high protein content: hemp - 20-30%, flax – 18-30%. An analysis of the literature data made it possible to establish that the protein complexes of hemp and flax seeds contain all the essential amino acids; they are especially rich in phenylalanine (with tyrosine) and methionine (with cysteine). The first limiting amino acid for both hemp and flax seed protein is lysine; the amino acid score was 68% and 81%, respectively. Based on protein digestibility, the PDCAAS score for hemp seed protein complex was 60%. For flax seeds, the DIAAS calculation for lysine was 63%; The DIAAS for methionine (with cysteine) in flax seed protein is 146% higher than that of soy protein. Combining industrial hemp and flax seed protein with other proteins rich in aromatic and sulfur-containing amino acids is a promising direction for creating food products with a balanced amino acid profile.*

**Keywords:** protein, amino acid composition, flax seeds, industrial hemp seeds, DIAAS, PDCAAS.

**Acknowledgements:** the research was carried out within the framework of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops on the topic No. FGSS-2022-0007).

**For citation:** Yakovleva A.A. Prospects for using hemp and flax seeds as a source of food protein. Technical crops. Scientific agricultural journal. 2024; 2(4):(3-9). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.29.57.001

Received: 11.04.2024 Accepted for publication: 21.05.2024 Published: 27.06.2024

**В**ведение. Для сохранения здоровья населения Российской Федерации руководством страны поставлена задача по расширению ассортимента продуктов здорового питания, в том числе функциональных. Это отражено в «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», утвержденной указом Президента РФ от 28 февраля 2024 г. №145. Современное питание населения характеризуется низкой пищевой ценностью, высокой калорийностью, дефицитом микронутриентов и пищевых волокон, а также избыточным содержанием насыщенных жирных кислот и добавленного сахара. Помимо этого, эксперты ВОЗ утверждают, что население всего мира живет в условиях белкового голода. По нормам физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации (МР 2.3.1.0253-21) потребление белка должно составлять от

75 до 114 г в сутки для мужчин и от 60 до 90 г в сутки для женщин. Белки, поступающие в организм с пищей, выполняют множество важных функций в организме. Они служат регуляторами генетической функции нуклеиновых кислот, воздействуют на иммунитет, регулируют синтез и функции гормонов, ферментов, входят в состав кожи, волос, соединительных тканей, костей, обеспечивают связь органов и их защиту [1, 2, 4, 21].

Биологическая ценность белков зависит от входящих в состав незаменимых и заменимых аминокислот. На стадии созревания организма и при некоторых заболеваниях понятие незаменимости аминокислот может различаться. Потребность индивидуального организма может влиять на перевод некоторых аминокислот из заменимых в разряд незаменимых [18]. В таблице 1 представлены признаки недостаточности незаменимых аминокислот [12].

**Таблица 1 – Признаки недостаточности незаменимых аминокислот**

Наименование аминокислоты	Признаки недостаточности
Валин	Гипертензия, атаксия
Изолейцин	Потеря массы тела, высокий диурез
Лейцин	Задержка роста и физического развития
Лизин	Головная боль, тошнота, снижение слуха, медленный рост костной ткани
Метионин	Ожирение, цирроз печени, анемия, кровотечения, атрофия мышц
Треонин	Потеря веса, высокий диурез
Фенилаланин	Нарушение функции щитовидной железы и надпочечников, гипотония

Структура мировых ресурсов всего пищевого белка разделяется на две большие группы: животного и растительного происхождения. При сравнении целесообразности их использования учитывается экономическая составляющая. При получении белка животного происхождения используется части растительного белка [16]. В связи с этим переработка растительного сырья напрямую экономически эффективнее при получении пищевых белков.

Наиболее известными производителями растительных белков считаются такие страны как Китай, Ирландия, Германия. В Россию растительные белки импортируются из-за отсутствия их промышленного производства. Для решения проблемы белкового дефицита в России необходим научный подход к исследованию растительных белков, являющихся альтернативой животным белкам. Эти белки не должны уступать по биологической ценности и быть экономически доступными.

Цель работы – анализ исследований по перспективам использования семян конопли и льна в качестве источника пищевого белка.

**Методика исследований.** Материалами для проведения анализа послужили отечественные и зарубежные работы в библиографических электронных базах «eLIBRARY.RU», «Scopus», «Web of Science» и «PubMed». В исследовании использовались системный и логический подходы.

**Результаты и их обсуждение.** Из широкого разнообразия сырья в качестве источников растительного белка производители чаще используют бобовые, к которым отно-

сится соя [5, 8]. Однако потребители с недоверием относятся к продуктам на основе сои из-за риска развития аллергии [6] или использования генно-модифицированных растений и множества антипитательных факторов, в том числе фитатов, дубильных веществ, ингибиторов трипсина, химотрипсина и олигосахаридов [19].

В настоящее время внимание ученых и производителей привлекают такие культуры, как техническая конопля и лен масличный. Их посевные площади ежегодно увеличиваются [3, 9]. Семена этих культур характеризуются высоким содержанием белка: конопля – 20-30%, лен – 18-30% [7, 28, 29]. Двумя основными компонентами белкового комплекса семян конопли и льна являются альбумины и глобулины. Белок глобулина семян конопли, также называемый эдестинном, является основным запасным белком семян конопли, на его долю приходится примерно 60-80% от общего содержания белка, альбумин составляет большую часть остальных белков (25%) [17, 26]. На глобулин льняного семени – линин, приходится 58-85% от общего белка и около 15-42% приходится на альбумин, называемый колинином [32]. Согласно литературным данным белковые комплексы семян конопли и льна имеют сходство по структуре и молекулярной массе с белковыми комплексами бобовых [24, 32]. Содержание белка варьируется от генотипа, фенотипа и условий выращивания. В свою очередь это влияет на аминокислотный состав. В таблице 2 представлен усредненный аминокислотный состав белка различных сортов семян конопли, льна и сои [10, 15, 30].

**Таблица 2 – Аминокислотный состав семян конопли, льна и сои**

Наименование аминокислоты	Содержание в растительном сырье, г/100 г белка		
	конопля	лен	соя
<b>Незаменимые аминокислоты</b>			
Валин	4,1	4,4	4,5
Изолейцин	3,5	4,1	3,8
Лейцин	5,6	5,5	6,5
Лизин	3,2	3,9	4,6
Метионин+Цистеин	3,5	4,0	0,5
Треонин	3,0	3,6	2,8
Фенилаланин+Тирозин	6,2	8,3	6,8
<b>Заменимые аминокислоты</b>			
Аргинин	10,5	9,2	6,8
Аспарагиновая кислота	9,2	9,3	11,2
Гистидин	2,4	2,1	4,6
Глицин	4,0	5,2	2,7
Глутаминовая кислота	15,5	18,7	13,5
Пролин	3,5	3,5	4,5
Серин	4,2	4,0	4,3

Семена конопли и льна содержат весь спектр незаменимых аминокислот. Белок семян конопли и льна по содержанию метионина (с цистеином) в 7-8 раз превосходит соевый (табл. 2). Все исследуемые белковые комплексы богаты фенилаланином (с тирозином). Метионин, фенилаланин и лизин являются особо дефицитными для человека, так как они расходуются на образование других аминокислот в организме [13]. Поэтому их содержание в белковом комплексе очень важно. Исследование аминокислотного состава заменимых аминокислот показало, что в белке семян конопли и льна содержится большое количество глицина – в 1,5-1,9 раз выше, чем в соевом. Уровень аргинина в семенах конопли (10,5%) и льна (9,2%) превосходит сою в 1,5 и 1,4 раза соответственно.

Определение аминокислотного сора является классическим методом оценки ка-

чества белка. Он рассчитывается согласно формуле [14]:

$$AC = \frac{AK_{np}}{AK_{nb}} \cdot 100,$$

где: AC – аминокислотный скор, %;  $AK_{np}$  – содержание любой незаменимой аминокислоты в 1 г белка исследуемого продукта, мг;  $AK_{nb}$  – содержание любой незаменимой аминокислоты в 1 г стандартного белка, мг.

Аминокислоты с самым низким скором называются лимитирующими, именно по ним определяется степень усвоения белка организмом. При расчетах аминокислотного сора семян конопли, льна и сои использовался эталонный или «идеальный» белок (табл. 3) по шкале ФАО/ВОЗ от 2013 г. [23].

**Таблица 3 – Аминокислотный скор семян конопли, льна и сои**

Название аминокислоты	Аминокислотный скор, %			ФАО/ВОЗ, 2013 г.	
	конопля	лен	соя	%	г/100 г белка
Валин	103	110	112	100	4,0
Изолейцин	117	137	127	100	3,0
Лейцин	92	90	107	100	6,1
Лизин	67	81	96	100	4,8
Метионин+Цистеин	152	174	22	100	2,3
Треонин	120	144	100	100	2,5
Фенилаланин+Тирозин	151	202	166	100	4,1

В первую очередь лимитирующей аминокислотой для белка семян конопли и льна является лизин, что коррелирует с данными авторов работ [11, 25]. При расчете аминокислотный скор составил 67% и 81% соответственно. В соевом белке лимитирующими аминокислотами в первую очередь являются метионин с цистеином – 22%, что подтверждается данными авторов работ [20, 27].

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО/ВОЗ) рекомендовала систему оценки белковой составляющей с помощью DIAAS («аминокислотное число незаменимых аминокислот с учетом их усвояемости»). Данный показатель учитывает усвояемость каждой аминокислоты, определенной в результате исследования азотного баланса начиная с ротовой полости и заканчивая окончанием тонкого кишечника. Так как переваривание

белка и усвоение аминокислот практически завершается к концу тонкой кишки. Однако, для белка семян конопли в связи с отсутствием данных по усвояемости каждой аминокислоты была использована другая оценка – PDCAAS («аминокислотное число белка с поправкой на усвояемость»). Его рассчитывают умножением полученного значения аминокислотного сора для лимитирующей аминокислоты на установленный показатель усвояемости белка. Хотя метод PDCAAS и получил широкое распространение, в научном сообществе были подняты вопросы по ряду проблем в расчетах. Эти вопросы касаются достоверности значений потребности в аминокислотах, обоснованности поправки на фекальную, а не на подвздошную перевариваемость и усечение значений PDCAAS до 100% [16, 22, 31]. Расчет показателей DIAAS и PDCAAS представлен в таблице 4.

**Таблица 4 – Показатели DIAAS для белка семян льна и сои и PDCAAS для белка семян конопли**

Наименование аминокислоты	Общая усвояемость белка конопли, %	Показатель PDCAAS по лизину для белка конопли, %	Истинная усвояемость аминокислоты, %		Показатель DIAAS, %	
			лен	соя	лен	соя
Валин	90	60	95	97	105	109
Изолейцин			96	97	131	123
Лейцин			87	97	78	103
Лизин			78	99	63	95
Метионин+Цистеин			96	97	167	21
Треонин			93	98	134	98
Фенилаланин+Тирозин			95	98	192	163

С учетом усвояемости белка показатель PDCAAS для белкового комплекса семян конопли составил 60%. Использование методики DIAAS при оценке белковой составляющей обеспечивает получение более точных данных по каждой аминокислоте. Для семян льна расчет DIAAS по лизину составил 63%; при расчете по метионину с цистеином в белке семян льна DIAAS составил 167%.

**Выводы.** Необходимо принять во внимание возможность использования семян конопли и льна в качестве пищевого белка. Белковые комплексы семян конопли и льна

содержат весь спектр незаменимых аминокислот, они особенно богаты метионином (с цистеином) и фенилаланином (с тирозином). Лимитирующей аминокислотой для белкового комплекса семян конопли и льна является лизин (аминокислотный скор 67% и 81% соответственно). С учетом усвояемости белка показатель PDCAAS для белкового комплекса семян конопли составил 60%. Для семян льна расчет DIAAS по лизину составил 63%; DIAAS по метионину (с цистеином) в белке семян льна на 146% больше, чем в соевом белке. Комбинирование белка

семян технической конопли и льна с другими белками, богатыми ароматическими и серосодержащими аминокислотами, является

перспективным направлением для создания продуктов со сбалансированным аминокислотным профилем.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анаркулов Т.Н. Влияние дефицита белка на состояние иммунологической реактивности у здоровых людей // Вестник Ошского государственного университета. – 2010. – № 3. – С. 5-7.
2. Антипова Л.В., Дунченко Н.И. Химия пищи (учебник). – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 856 с.
3. Басова Н.В., Новиков Э.В. Анализ производства лубяных культур в России за период импортозамещения // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 2 (3). – С. 54-63.
4. Бахшалиева А.Я. Изменения процессов обучения и памяти лабораторных животных в условиях длительного кормления с дефицитом белка // Заметки ученого. – 2022. – № 6. – С. 381-384.
5. Бычкова Е.С. Технологические особенности и перспективы использования растительных белков в индустрии питания. Часть 1. Анализ пищевой и биологической ценности высокобелковых продуктов растительного происхождения // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 2. – С. 53-57.
6. Гервазиева В.Б., Сверановская В.В. Пищевая аллергия и повышенная чувствительность к соевым белкам // Медицинская иммунология. – 2005. – № 7 (1). – С. 15-20.
7. Гореева В.Н. Качество семян лубяных и масличных культур // Пермский аграрный вестник. – 2021. – № 4 (36). – С. 30-37.
8. Давлетов Ф.А., Дмитриев А.М., Гайнуллина К.П., Ахмадуллина И.И. Результаты изучения коллекции сои для селекционных целей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. № 1 (81). – С. 49-53.
9. Иванова Е.В., Андроник Е.Л., Батюков Д.А. Лен масличный: ведущие производители и рынок производства (обзор) // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 69-75.
10. Корнева Н.Ю., Литвиненко О.В. Оценка качественного состава зерна сои, пригодного для производства пищевых добавок // Агронаука. – 2023. – № 1 (1). – С. 158-164.
11. Корнеева О.С. Конопляный белок: получение и функционально-технологические свойства // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2023. – Т. 85. – № 2(96). – С. 170-177.
12. Кудинов П.И., Щеколдина Т.В., Слизькая А.С. Современное состояние и структура мировых ресурсов растительного белка // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 5-6. – С. 7-10.
13. Лысыков Ю.А. Аминокислоты в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – № 2. – С. 88-105.
14. Мельденберг Д.Н., Полякова О.С., Семенова Е.С., Юрова Е.А. Разработка комплексной оценки белкового состава молока сырья различных сельскохозяйственных животных для выработки продуктов функциональной направленности // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2020. – № 3. – С. 118-133.
15. Полякова Е.Д., Иванова Т.Н., Заикина М.А. Сравнительная характеристика качества семян льна пищевого // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2012. – № 2 (13). – С. 40-46.
16. Руководство по конопляному белку. Оценка качества FAO/WHO. – URL: [https://konoplektika.ru/news/rukovodstvo\\_po\\_konoplyanomu\\_belku\\_kholodnogo\\_pomola\\_otsenka\\_kachestva\\_belka\\_po\\_dannym\\_obedinennogo\\_e/](https://konoplektika.ru/news/rukovodstvo_po_konoplyanomu_belku_kholodnogo_pomola_otsenka_kachestva_belka_po_dannym_obedinennogo_e/)
17. Ущাপовский В.И., Гончарова А.А., Миневич И.Э. Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – № 1. – С. 66-72.

18. Шейбак Л.Н. Особенности обеспечения и потребность в аминокислотах в периоде новорожденности // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2015. – № 14 (2). – С. 23-30.
19. Adeyemo S.M., Onilude A.A. Enzymatic Reduction of Anti-nutritional Factors in Fermenting Soybeans by *Lactobacillus plantarum* Isolates from Fermenting Cereals // Nigerian Food Journal. – 2013. – Vol. 31. – No. 2. – P. 84-90.
20. Amir R., Cohen H., Hacham Y. Revisiting the attempts to fortify methionine content in plant seeds // Journal of Experimental Botany. – 2019. – № 70 (16). – С. 4105–4114.
21. Cozzolino F., Iacobucci I., Monaco V., Monti M. Protein–DNA/RNA Interactions: An Overview of Investigation Methods in the -Omics Era // Journal of Proteome Research. – 2021. – No. 20 (6) – P. 3018-3030.
22. Craddock J.C., Genoni A., Strutt E.F, Goldman D.M. Limitations with the Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) with Special Attention to Plant-Based Diets: A Review // Curr Nutr Rep. – 2021. – No. 10 (1). – P. 93-98.
23. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013 – 66 p.
24. Fang B. Structural, functional properties, and volatile profile of hemp protein isolate as affected by extraction method: Alkaline extraction–isoelectric precipitation vs salt extraction // Food Chemistry. – 2023. – Vol. 405. – P. 135001.
25. Goyal A. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food // Journal of Food Science and Technology. – 2014. – No. 51 (9). – P. 1633-1653.
26. Haihong C. Emerging natural hemp seed proteins and their functions for nutraceutical applications // Food Science and Human Wellness. – 2023. – Vol. 12. – No. 4. – P. 929-941.
27. Herreman L., Nommensen P., Pennings B., Laus M.C. Comprehensive overview of the quality of plant- and animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score // Food Sci Nutr. – 2020. – No. 8 (10). – P. 5379-5391.
28. Kajla P., Sharma A., Sood D.R. Flaxseed—a potential functional food source // Journal of Food Science and Technology. – 2015. – No. 52. – P. 1857-71.
29. 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. – 2020. – No. 19. – P. 282-308.
30. Teleszko M., Zajc A., Rusak T. Hemp Seeds of the Polish «Bialobrzeskie» and «Henola» Varieties (*Cannabis sativa L. var. sativa*) as Prospective Plant Sources for Food Production // Molecules. – 2022. – No. 27 (4) – P. 1448.
31. Tessier R. Digestive and metabolic bioavailability in healthy humans of <sup>15</sup>N-labeled rapeseed and flaxseed protein incorporated in biscuits // The American Journal of Clinical Nutrition. – 2023. – Vol. 117. – No. 5. – P. 896-902.
32. Xin-Pei Y.E. Flaxseed protein: extraction, functionalities and applications // Food Science and Technology (Campinas). – 2022. – No. 42 (6). – P. 1-13.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Яковлева Агата Анатольевна**, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: a.goncharova@fncl.ru, ORCID: 0000-0001-5977-5669.

**Agata A. Yakovleva**, junior researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky pr., Tver, Russia Federation, 170041, e-mail: a.goncharova@fncl.ru, ORCID: 0000-0001-5977-5669.