

УДК: 615.32, 074; 54.04

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2026.1.5

ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ЛЬНЯНОГО ШРОТА

© Е. А. Островская*, Л. И. Бутенко, Э. Т. Оганесян

Пятигорский медико-фармацевтический институт
филиал Волгоградского государственного медицинского университета
Россия, Ставропольский край, 357532 г. Пятигорск, пр. Калинина, 11.

*Email: celenamed-kmv@yandex.ru,

Целью исследования является изучение аминокислотного состава льняного шрота и установление основных характеристик их сбалансированности. Определение проводили на автоматическом анализаторе INGOS AAA 500 с программным обеспечением Clariti – chromatography Software. Получены следующие результаты: сырой протеин – 33,74%, сумма аминокислот в гидролизате – 28,97%, незаменимые аминокислоты – 8,55%, заменимые аминокислоты – 20,42%, среди которых доминирует глутаминовая кислота – 8,12% недостаток которой отражается на нервной и иммунной системах. Математическая обработка полученных результатов позволила оценить белок в целом. Были рассчитаны аминокислотные скоры (СКОР) незаменимых аминокислот. Результаты характеризуют высокую сбалансированность аминокислотного состава белкового комплекса сухого экстракта и максимальную приближенность к идеальному белку (биологическая ценность = 90%).

Ключевые слова: льняной шрот, заменимые и незаменимые аминокислоты, аминокислотный скор, сбалансированность, биологическая ценность.

Введение

Изучение крупнотоннажных промышленных отходов переработки пищевых продуктов растительного происхождения имеет важное значение, поскольку создает предпосылки для получения новых источников биологически активных соединений [1–3]. С этой точки зрения большой интерес представляет льняной шрот, в значительных количествах накапливающийся после получения масла из *Linum usitatissimum*.

Целью нашего исследования является изучение аминокислотного состава шрота семян льна и установление основных характеристик сбалансированности аминокислот.

Материалы и методы

Исходное сырье – шрот льняной – любезно предоставлен производителем ООО «ЭКО-ПРО», РФ, Тамбовская область, ТУ 9146-002-50195500-14, дата изготовления: 01.07.2024 год, артикул: 7386128.

Методика получения экстракта из льняного шрота:

Льняной шрот массой 25 г. заливали 1 000 мл. воды очищенной (соотношение сырье – экстрагент 1:40), смесь оставляли на 24 ч при комнатной температуре, затем отфильтровывали. Полученный фильтрат выпаривали на водяной бане до густого остатка массой 8,8 г., затем в сушильном шкафу при температуре 60 °С получили сухой экстракт, выход которого составил 7,4 г (29,6%).

Методика исследования аминокислот

В рамках межгосударственного стандарта определения содержания свободных (натуральных, синтетических) и связанных форм аминокислот в кормах, комбикормах и премиксах был взят метод определения содержания аминокислот ГОСТ 32195 – 2013 (ISO 13903:2005). Содержание общего белка установили с помощью автоматического анализатора INGOS AAA 500 с программным обеспечением Clariti – chromatography Software. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина осуществляли методом Кьельдаля. Данным методом не определяется триптофан, соли аминокислот, а также D- и L-стереоизомеры.

Для анализа применимости полученных результатов аминокислотного содержания льняного шрота были использованы методы расчета основных характеристик баланса [4–9].

1. Показатель аминокислотного состава (аминокислотный СКОР, АКС) характеризует процентное соотношение содержания незаменимой аминокислоты (НАК) в исследуемом белковом продукте к ее количеству в эталонном белке.

Определение лимитирующих аминокислот и расчет аминокислотного СКОРа проводили по формуле:

$$Ac = A_j / A_{uj}, \quad (1)$$

где A_j – массовая доля j-й незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г белка; A_{uj} – массовая доля j-й незаменимой аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка.

2. Коэффициент утилитарности аминокислотного состава ($K_{уас}$) имеет практическое значение, указывает на способность организма усваивать аминокислоты растительного происхождения. $K_{уас}$ определяется минимальным показателем СКОРа незаменимой аминокислоты. Данный показатель рассчитали по формуле:

$$(K_{уас}) = A_{min} / A_j, \quad (2)$$

где A_{min} – минимальный СКОР незаменимой аминокислоты исследуемого белка к эталонному белку (физиологическая норма).

3. Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава (КРАС), используется для определения соотношения среднего показателя избытка АКС незаменимых аминокислот к наименьшему значению АКС незаменимой аминокислоты (показывает избыток АК не имеющих физиологического значения для анаболических целей организма), рассчитывали по формуле:

$$КРАС\% = \frac{\sum_{j=1}^n \Delta PAC}{n}, \quad (3)$$

где n – число незаменимых аминокислот; ΔPAC – различие аминокислотного СКОРа, определяемое по формуле:

$$\Delta PAC = C_i - C_{min},$$

где C_i – избыток СКОРа i -ой незаменимой аминокислоты, %.

4. Биологическую ценность белка (БЦ) % рассчитывали по формуле:

$$БЦ\% = 100 - КРАС. \quad (4)$$

5. Показатель «сопоставимой избыточности» – σ (ПСИ) – содержание незаменимых аминокислот, характеризующих суммарную массу, не используемых для анаболических целей. В образце белка оцениваемого продукта, эквивалентном их потенциально утилизируемому содержанию 100 г белка-эталона, установили по формуле:

$$\sigma = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j - C_{min} \times A_{j2})}{C_{min}}. \quad (5)$$

6. Для определения биологической ценности белков использовали показатель индекс незаменимых аминокислот (ИНАК), который учитывает количество всех незаменимых кислот в продукте. ИНАК рассчитали по формуле:

$$ИНАК = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{A_j}{A_{j2}} \right)}, \quad (6)$$

где n – число незаменимых аминокислот.

Обсуждение полученных результатов

Сухой экстракт, полученный из льняного шрота по описанной выше методике, представляет собой светло-коричневый порошок без запаха и имеет приятный вкус. Для полученного сухого экстракта определили содержание аминокислот на автоматическом аминокислотном анализаторе «А 500». Результаты представили в *табл. 1* и на *рис.*

Таблица 1

Аминокислотный состав льняного шрота

Наименование показателей, единицы измерений	НД на методы испытаний	Результаты испытаний
Аспарагиновая к-та (Asp), %	ГОСТ 32195 – 2013 (ISO 13903:2005) Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот.	3,23
Треонин (Thr), %		0,83
Серин (Ser), %		1,49
Глутаминовая к-та (Glu), %		8,12
Пролин (Pro), %		0,67
Глицин (Gly), %		1,99
Аланин (Ala), %		1,29
Цистин (Cys), %		0,46
Валин (Val), %		1,48
Метионин (Met), %		0,54
Изолейцин (Ile), %		1,13
Лейцин (Leu), %		1,53
Тирозин (Tyr), %		0,47
Фенилаланин (Phe), %		1,28
Гистидин (His), %		0,54
Лизин (Lys), %		0,83
Аргинин (Arg), %		3,09

Продолжение Таблицы 1

Сырой протеин, %	ГОСТ 32044.1-2012 (ISO 5983-1:2005) Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть 1. Метод Кьельдаля	33,74
------------------	--	-------

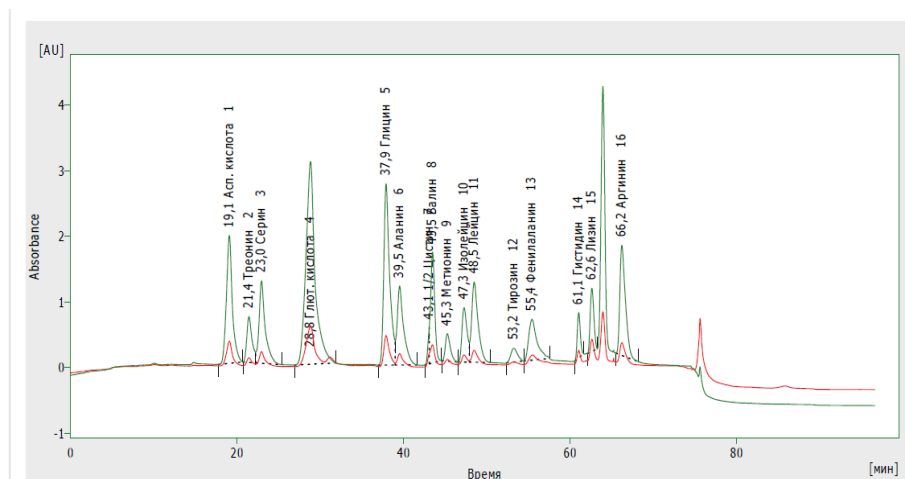


Рис. Хроматограмма аминокислотного состава льняного шрота.

Из табл. 1 следует, что преобладающей аминокислотой является глутаминовая кислота, имеющая важное биохимическое значение. При патологических состояниях, связанных с травмами, оперативными манипуляционными вмешательствами, и в период реабилитации после тяжелых заболеваний организм сталкивается с дефицитом глутаминовой кислоты, т.к. возрастает потребность в нем на восстановительные процессы. Для компенсации данных состояний доктора рекомендуют препарат, содержащий глутаминовую кислоту. Недостаток глутаминовой кислоты может отражаться на работе систем ответственных за иммунные, эндокринные процессы, влиять на функционирование центральной и вегетативной нервной системы.

Для определения сбалансированности незаменимых аминокислот, содержащихся в сухом экстракте из льняного шрота, рассчитывали аминокислотный СКОР, содержание которого выражают в процентах или безразмерной величиной, представляющей собой отношение содержания незаменимой аминокислоты (а/к) в исследуемом белке к ее количеству в эталонном белке. Формула расчета СКОРа имеет вид:

$$\text{аминокислотный скор, \%} = \frac{\text{мг.а.к.в / г белка}}{\text{мг.а.к.в / г эталона}} \times 100\%$$

Аминокислотный состав эталонного белка сбалансирован и идеально соответствует потребностям организма человека в каждой незаменимой аминокислоте, поэтому его еще называют «идеальным». Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты определения аминокислотного СКОРа льняного шрота

Аминокислоты	Рекомендованная суточная норма ВОЗ в г/ 100 г белка для взрослого человека*	Содержание а/к в сухом экстракте льна, %	А/к Скор, в сухом экстракте
Изолейцин	4	1,13	0,28
Лейцин	5,6	1,53	0,273
Лизин	5,5	0,83	0,15
Метионин	3,5	0,54	0,15
Фенилаланин+Тирозин	6	1,75	0,25
Цистин	3,5	0,46	0,13
Валин	4	1,48	0,37
Треонин	3,5	0,83	0,24

*Суточных норм для взрослого человека, согласно рекомендациям ВОЗ и данным национальной библиотеки медицины США [3].

Лимитирующей биологическую ценность белковой фракции льняного шрота определена аминокислота – цистин. Цистин, проявляет физиологическую активность как иммуномодулирующее, детоксикационное, антиоксидантное, репаративное, ранозаживляющее, и муколитическое вещество.

Таблица 3

Сравнительные результаты аминокислотного СКОРа цистина с другими показателями СКОРа незаменимых аминокислот

Аминокислоты	А/к Скор, в сухом экстракте	Различие аминокислотного сора	Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (Куас)
Изолейцин	0,28	0,15	0,46
Лейцин	0,273	0,143	0,48
Лизин	0,15	0,02	0,87
Метионин	0,15	0,02	0,87
Фенилаланин+Тирозин	0,25	0,12	0,52
Цистин	0,13	Показатель сбалансирован	1
Валин	0,37	0,24	0,35
Треонин	0,24	0,11	0,54

В результате сравнения биологической ценности СКОРа цистина и других незаменимых аминокислот смогли предположить следующее:

- различие аминокислотного СКОРа показало, насколько содержание других незаменимых аминокислот выше лимитирующей аминокислоты;
- коэффициент утилитарности аминокислотного состава (Куас) помог выяснить, во сколько раз содержание незаменимых аминокислот сухого остатка превышает СКОР цистина. По результатам расчетов Куас ближе к единице, что показало наименьшее количественное содержание физиологически не усвоенных организмом аминокислот.

Математическая обработка полученных коэффициентов позволила оценить белок в целом, для чего нами были рассчитаны КРАС, БЦ, ИНАК.

КРАС (коэффициент различия аминокислотного сора) характеризует аминокислотный состав белковой фракции и показывает сбалансированность всех аминокислот. Чем значение КРАСа ближе к нулю, тем белок наиболее приближен к идеальному. Значение КРАС для белковой фракции сухого экстракта был рассчитан по формуле (2). КРАС = 0,100 или 10%. Полученное значение характеризовало высокую сбалансированность аминокислотного состава.

БЦ (биологическая ценность белка) – процентный показатель белковой фракции, усваиваемой организмом. Аминокислоты сухого экстракта шрота семян льна усваиваются организмом на 90% (БЦ = 90%).

ИНАК (индекс незаменимых аминокислот) отражает содержание всех незаменимых аминокислот в белке изучаемого продукта по отношению к эталонному («идеальному») белку. Для «идеального» белка ИНАК равен 1, для неполноценного – 0. ИНАК рассчитывали по формуле (4). Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК) в исследуемом продукте = 0,598. Полученный результат подтвердил, максимальную приближенность белкового комплекса сухого экстракта к идеальному белку.

Получены экспериментальные данные.

1. Аминокислотный состав льняного шрота характеризуется наличием сырого протеина – 33,74%.
2. Сумма аминокислот в гидролизате – 28,97%.
3. Незаменимых аминокислот – 8,55%.
4. Заменяемых аминокислот – 20,42%, среди которых доминирует глутаминовая кислота – 8,12%.

Заключение

Учитывая важное биохимическое значение глутаминовой кислоты и других аминокислот, а также их сбалансированность, можно считать, что БАВ, содержащиеся в льняном шроте, следует рекомендовать в качестве дополнительного источника идеального белкового продукта людям с повышенной физической активностью, спортсменам, а также пациентам в реабилитационный период.

ЛИТЕРАТУРА

1. ООН. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. [электронный ресурс]. А/70/L.1. [United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [webpage]. A/70/L.1]. URL: <https://undocs.org/ru/A/RES/70/1>.
2. Борисенко Л. Л., Сарычева Л. А., Борисенко А. А. (ст.). Моделирование, разработка и оптимизация продуктов здорового питания: монография. Ставрополь: СевКавГТУ, 2012. 197 с. [Borisenko L. L., Sarycheva L. A., Borisenko A. A. (senior). Modeling, development and optimization of healthy food products: monograph. Stavropol: North-Caucasian State Technical University, 2012. 197 p.].

3. Зверев С. В., Карпов В. И., Никитина М. А. Оптимизация пищевых композиций по профилю идеального белка // Пищевые системы. 2021. №4(1). С. 4–11. [Zverev S. V., Karpov V. I., Nikitina M. A. Optimization of food compositions according to the ideal protein profile // Food Systems. 2021. No. 4(1). P. 4–11]. URL: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-4-11>
4. Мошарова М. Э., Притыкина Н. А. Современные технологии производства специализированных продуктов: учеб.-методич. пособие по лабораторным работам для студ. магистратуры по направлению подготовки 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания. Калининград: изд-во КГТУ, 2022. 142 с. [Mosharova M. E., Pritykina N. A. Modern technologies for the production of specialized products: study guide on laboratory work for students of the master's program in the field of training 19.04.04 Product technology and organization of public catering. Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University Publishing House, 2022. 142 p.]
5. Надточий Л. А., Четечкина А. Ю., Лепешкин А. И. Проектирование состава продуктов питания с заданными свойствами: учеб.-метод. пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2020. 46 с. (12–16). [Nadtochiy L. A., Chechetkina A. Yu., Lepeshkin A. I. Design of food product composition with specified properties: study guide. St. Petersburg: ИТМО University, 2020. 46 p. (12–16)].
6. Urubkov S. A., Smirnov S. O., Budova A. V., et al. Amino acid composition of expanded grains of gluten-free crops // Pediatric Nutrition. 2024. Vol. 22. No. 2. P. 96–101. DOI: 10.20953/1727-5784-2024-2-96-101.
7. Скурихин И. М., Тутельям В. А. Таблицы химического состава калорийности российских продуктов питания: справочник. М.: ДеЛи принт, 2008. 150 с. [Skurikhin I. M., Tutel' Yam V. A. Tables of the chemical composition of caloric content of Russian food products: reference book. Moscow: DeLi Print, 2008. 150 p.]
8. Лисин П. А., Молибога Е. А., Канушина Ю. А., Смирнова Н. А. Оценка аминокислотного состава рецептурной смеси пищевых продуктов // Аграрный вестник Урала. 2012. №3(95). С. 26–28. [Evaluation of amino acid composition of a formula mixture of food products // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. No. 3(95). P. 26–28].
9. Попова Т. С., Шестопалов А. Е., Тамазашвили Т. Ш., Лейдерман И. Н. Нутритивная поддержка больных в критических состояниях. М., 2002. 320 с. [Popova T. S., Shestopalov A. E., Tamazashvili T. Sh., Leiderman I. N. Nutritional support for patients in critical conditions. Moscow, 2002. 320 p.]

Поступила в редакцию 26.09.2025 г.

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2026.1.5

STUDY OF AMINO ACID COMPOSITION OF CRUSHED FLAXSEED© **E. A. Ostrovskaya***, **L. I. Butenko**, **E. T. Oganesyanyan**

*Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute
branch of the Volgograd State Medical University
11 Kalinin pr., 357532 Pyatigorsk, Stavropol Krai, Russia.*

**Email: celenamed-kmv@yandex.ru*

The purpose of the study is to investigate amino acid composition of crushed flaxseed and determine the main characteristics of their balance. The analysis was performed using an automatic analyzer, INGOS AAA 500, with Clariti – chromatography Software. The following results were obtained: crude protein – 33.74%, the sum of amino acids in the hydrolysate – 28.97%, essential amino acids – 8.55%, replaceable amino acids – 20.42%, among which glutamic acid dominates – 8.12%, the lack of which affects the nervous and immune systems. Mathematical processing of the results obtained allowed the authors to evaluate the protein as a whole. Amino acid scores (ASCOR) of essential amino acids were calculated. The results demonstrate a high level of amino acid balance in the protein complex of the dry extract and a maximum approximation to the ideal protein (biological value = 90%).

Keywords: crushed flaxseed, replaceable and essential amino acids, amino acid score, balance, biological value.

Received 26.09.2025.

Об авторах/ About the authors

ОСТРОВСКАЯ Елена Александровна
соискатель кафедры органической химии,
Пятигорский медико-фармацевтический институт,
филиал ВолгГМУ.
Email: celenamed-kmv@yandex.ru

БУТЕНКО Людмила Ивановна
кандидат химических наук,
доцент кафедры органической химии,
Пятигорский медико-фармацевтический институт,
филиал ВолгГМУ.
Email: polechka2802@yandex.ru

ОГАНЕСЯН Эдуард Тоникович
доктор фармацевтических наук, профессор,
заведующий кафедрой органической химии,
Пятигорский медико-фармацевтический институт,
филиал ВолгГМУ.
Email: edwardov@mail.ru

OSTROVSKAYA Elena Aleksandrovna
Applicant of the Department of Organic Chemistry,
Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute,
branch of Volgograd State Medical University.
Email: celenamed-kmv@yandex.ru

BUTENKO Lyudmila Ivanovna
Candidate of Chem. Sci.,
Associate Professor of the Department of Organic Chemistry,
Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute,
branch of Volgograd State Medical University.
Email: polechka2802@yandex.ru

OGANESYAN Eduard Tonikovich
Doctor of Pharm. Sci., Professor,
Head of the Department of Organic Chemistry,
Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute,
branch of Volgograd State Medical University.
Email: edwardov@mail.ru