

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ БЕЛКОВОГО КОМПЛЕКСА  
КОНДИТЕРСКИХ СОРТОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА  
СЕЛЕКЦИИ ВНИИМК**

**Ю. Ю. Поморова, Ю. М. Серова, Д. В. Бескорвайный,  
В. В. Пятаковский, Ю. С. Болховитина**

ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
масличных культур»

г. Краснодар, Российская Федерация (Российская Федерация, 350038,  
г. Краснодар, ул. Филатова, 17; e-mail: protein@vniimk.ru)

**Ключевые слова:** биологическая ценность, незаменимые аминокислоты, белок подсолнечника, высокоэффективная жидкостная хроматография.

**Аннотация.** Дефицит полноценного пищевого и кормового белка в мире обуславливает актуальность поиска альтернативных ресурсов, в особенности растительного происхождения. Эффективность использования белка определяется его сбалансированностью по содержанию незаменимых аминокислот в сравнении с эталонным белком. Изучение содержания аминокислот имеет научно-практическую значимость для разработки сбалансированных рационов из полноценно-сырьевых источников. В данной работе количественно определены незаменимые аминокислоты (кроме триптофана) методом ВЭЖХ в белке кондитерских сортов подсолнечника Джинн и Лакомка. Выполнена оценка полноценности белка подсолнечника исследуемых сортов по содержанию незаменимых аминокислот в сравнении с эталонным белком ФАО / ВОЗ. Установлено, что первой лимитирующей аминокислотой является лизин (скор менее 45 %). Аминокислотный скор более 100 % обнаружен у треонина и пары аминокислот фенилаланина и цистеина. Биологическая ценность протеина подсолнечника характеризуется относительно низкой биологической ценностью 53,93 и 59,67 %, для сортов Джинн и Лакомка соответственно. Невысокие коэффициенты утилитарности аминокислотного состава (0,52 и 0,49 дол. ед.) свидетельствуют, что монобелковые продукты, содержащие только подсолнечный белок, не могут являться источниками полноценного пищевого и кормового протеина.

## THE BIOLOGICAL VALUE OF THE PROTEIN COMPLEX OF CONFECTIONERY SUNFLOWER CULTIVARS OF VNIIMK BREEDING

**Yu. Yu. Pomorova, Yu. M. Serova, D. V. Bezkorovayny,  
V. V. Pyatovsky, Yu. S. Bolkhovitina**

V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK)  
Krasnodar, Russia (Russia, 350038, Krasnodar, 17 Filatova str., e-mail:  
protein@vniimk.ru)

*Key words: biological value, essential amino acids, sunflower protein, high-performance liquid chromatography.*

*Summary. The lack of complete food and feed protein in the world causes the urgency of searching for alternative resources, especially of plant origin. The effectiveness of protein use is determined by its balance in the content of essential amino acids in comparison with the reference protein. The study of the content of amino acids has scientific and practical significance for the development of balanced diets from high-grade raw materials. In this paper, essential amino acids (except tryptophan) were quantitatively determined by HPLC in sunflower protein of Jinn and dainty varieties of confectionery use. The assessment of the usefulness of sunflower protein of the studied varieties in terms of the content of essential amino acids in comparison with the FAO/who reference protein was performed. It was found that the first limiting amino acid is lysine (score less than 45 %). An amino acid score of more than 100 % is found in threonine and a pair of amino acids phenylalanine and cysteine. The biological value of sunflower protein is characterized by a relatively low biological value of 53,93 % and 59,67 %, for Genie and dainty varieties, respectively. Low utilitarianism coefficients of amino acid composition (0,52 and 0,49 DL.units) indicate that monobelk products containing only sunflower protein cannot be sources of complete food and feed protein.*

*(Поступила в редакцию 01.06.2020 г.)*

**Введение.** Нехватка полноценного пищевого и кормового белка является приоритетной проблемой во многих странах мира. Недостаточное обеспечение полноценным белком приводит к тяжелым специфическим заболеваниям, особенно в растущем организме. Для устранения дефицита протеина активно осваиваются альтернативные источники белка, в частности растительного происхождения [1, 2, 3].

В связи с этим исследуются масличные культуры, которые традиционно выращиваются в России. Среди ряда масличных культур подсолнечник занимает одно из главных мест по прибыльности. Кондитерский тип подсолнечника характеризуется повышенным содержанием белка в семенах, крупноплодностью ядра, поэтому широко используется в пищевой промышленности и частично в кормопроизводстве. К

2025 г. планируется увеличение площадей, занятых подсолнечником, в РФ до 9400 тыс. га, в т. ч. крупноплодные сорта кондитерского направления составят не менее 10 % [4].

С биологической точки зрения подсолнечный белок ценен из-за отсутствия в нем токсичных компонентов, что отличает его от других источников белка [5, 6]. К преимуществам подсолнечного белкового комплекса принадлежит высокая перевариваемость ферментами желудочно-кишечного тракта благодаря высокому содержанию специфической для подсолнечника формы солерастворимого белка гелиантинина [7]. Однако основная группа белков, содержащихся в семенах подсолнечника, рассматривается как запасная и не сбалансированная по составу незаменимых аминокислот [8].

Аминокислотный профиль, который представляет собой соотношение незаменимых аминокислот в белке, его сбалансированность и усвояемость являются главными факторами качества протеина [9].

Для оценки адекватности белковых компонентов сырья (их биологической ценности) используются показатели и критерии, предложенные И. А. Роговым и Н. Н. Липатовым, такие как коэффициент различия аминокислотных скоров (КРАС), коэффициент утилитарности (К<sub>и</sub>), коэффициент рациональности (R<sub>с</sub>), биологическая ценность (БЦ) [10].

Наиболее распространенным методом количественного аминокислотного анализа является высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ).

**Цель работы** – изучить биологическую ценность протеина семян подсолнечника кондитерских сортов.

**Материал и методика исследований.** В работе исследовались сорта подсолнечника кондитерского направления использования: Джинн и Лакомка (урожай 2017-2019 гг.). Биохимические анализы проводили в лаборатории белка отдела биологических исследований ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Общее содержание сырого протеина выполняли методом Кьельдаля [11]. Аминокислотный состав белкового комплекса определяли согласно руководству по кислотному гидролизу проб (Sevko&Co, Россия).

Анализ выполняли на системе ВЭЖХ с автоматическим реакционным модулем для пост-колоночной дериватизации пробнингидрином и колонкой с ионообменной смолой. Использовали готовые буферные растворы для разведения образца и элюирования. Расчет концентрации выполняли по стандартному образцу аминокислот (Sykam, Германия).

Для оценки биологической ценности белков подсолнечника рассчитывали показатели их аминокислотной сбалансированности [10,

12]. Аминокислотный скор каждой НАК (незаменимая аминокислота) (АКС, %) рассчитывали по формуле:

$$\text{АКС} = \frac{\text{АК}_i}{\text{АК}_i \text{ ст}} \times 100, \quad (1)$$

где – содержание каждой  $i$ -й незаменимой аминокислоты в 100 г исследуемого белка, г;  $A$  – содержание той же аминокислоты в 100 г белка «эталона», г.

Коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС, %) получали по формуле:

$$\text{КРАС} = \frac{\sum \Delta \text{РАС}}{n}, \quad (2)$$

где  $= \text{АС}_i - \text{АС}_{\min}$  – различия аминокислотного сора  $i$ -й незаменимой аминокислоты, %;  $\text{АС}_{\min}$  – минимальный из скоров НАК в исследуемом белке, %;  $n$  – количество НАК в исследуемом белке.

Показатель биологической ценности (БЦ, %) белка подсолнечника рассчитывали по формуле:

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}. \quad (3)$$

Коэффициент утилитарности ( $K_i$ )  $i$ -й незаменимой аминокислоты рассчитывали по формуле:

$$K_i = \frac{\text{АС}_{\min}}{\text{АС}_i}. \quad (4)$$

Коэффициенты утилитарности ( $K_i$ )  $i$ -й незаменимой аминокислоты использовали для расчета коэффициента утилитарности аминокислотного состава ( $R_c$ , доли единиц):

$$R_c = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{АК}_i \times K_i)}{\sum_{i=1}^n \text{АК}_i}. \quad (5)$$

**Результаты исследований и их обсуждение.** В результате проведенного исследования определили содержание протеина в семенах (лузга + ядро): сорт Лакомка – 16,31г/100 г; сорт Джинн – 17,98 г/100г.

На диаграммах (рисунки 1-2) представлено содержание НАК в изучаемых сортах в сравнении с «эталонным» белком ФАО / ВОЗ [13].

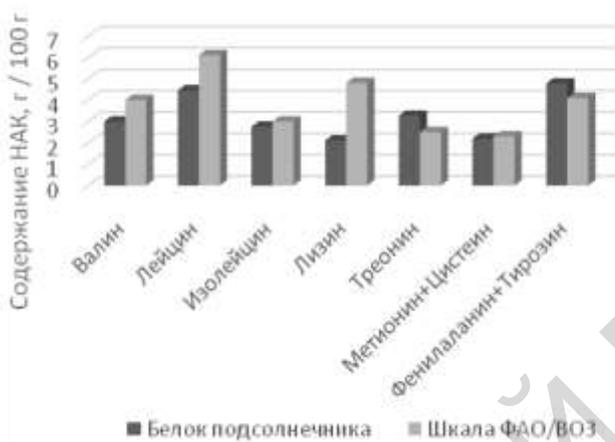


Рисунок 1 – Аминокислотный состав белка семян подсолнечника кондитерского сорта Джинн в сравнении с эталоном ФАО / ВОЗ

Согласно полученным данным, содержание большинства НАК находится на высоком уровне, но заметно уступает «эталонному» белку по содержанию лизина в 2,2-2,8раза.

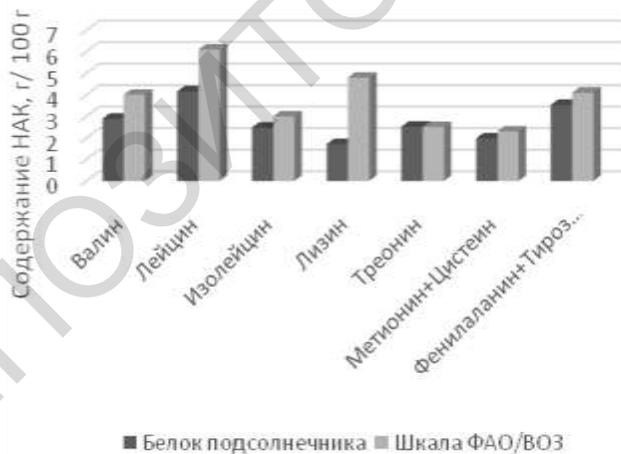


Рисунок 2 – Аминокислотный состав белка семян подсолнечника кондитерского сорта Лакомка в сравнении с эталоном ФАО / ВОЗ

Было определено содержание НАК и рассчитан АКС. Обнаружено, что белок подсолнечника исследуемых сортов наименее полноце-

нен по содержанию лизина (первая лимитирующая аминокислота). Однако количество лизина отличается между сортами и варьирует от 35,62 до 43,96 % (таблицы 1-2). Стоит отметить, что лизин является одной из основополагающих аминокислот и необходим для синтеза гемоглобина и нуклеопротеидов [13].

Таблица 1 – Содержание незаменимых аминокислот ( $C_{\text{НАК}}$ ), аминокислотный скор (АКС) и коэффициент утилитарности лимитирующих аминокислот ( $K_i$ ) в белке сорта Лакомка

Название аминокислоты	$C_{\text{НАК}}$ , мг/г	АКС, %	$K_i$ , %
Валин	177,50	72,25	0,49
Лейцин	255,05	68,19	0,52
Изолейцин	152,05	82,66	0,43
Лизин	105,15	35,62	1,00
Треонин	154,50	100,80	0,35
Метионин + Цистеин	121,70	86,08	0,41
Фенилаланин + Тирозин	216,43	86,09	0,41
Сумма незаменимых аминокислот	1182,38	-	-

Для семян подсолнечника второй лимитирующей аминокислотой является лейцин, регулирующий работу желез внутренней секреции, выступающий регулятором катаболизма аминокислот с разветвленной цепью и участвующий в обеспечении азотистого равновесия. Он обладает кетогенными свойствами и его избыток вредит организму [14-16].

Наибольшую величину АКС в белке подсолнечника исследуемых сортов имеет треонин (100,8-130,8 %), который в обмене веществ является антагонистом метионина и серина и используется для синтеза жирных кислот и углеводов [15-17].

Второй по показателю АКС отмечен у суммы аминокислот фенилаланина и тирозина (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание незаменимых аминокислот ( $C_{\text{НАК}}$ ), аминокислотный скор (АКС) и коэффициент утилитарности лимитирующих аминокислот ( $K_i$ ) в белке сорта Джинн

Название аминокислоты	$C_{\text{НАК}}$ , мг/г	АКС, %	$K_i$ , %
Валин	174,64	78,50	0,56
Лейцин	248,05	73,11	0,60
Изолейцин	152,95	91,66	0,48
Лизин	117,35	43,96	1,00
Треонин	181,86	130,80	0,33
Метионин + Цистеин	111,23	95,65	0,46
Фенилаланин + Тирозин	222,72	116,58	0,38
Сумма незаменимых аминокислот	1208,80	-	-

Коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС) показывает среднюю величину избытка АКС незаменимых аминокислот по

сравнению с наименьшим уровнем скоры какой-либо незаменимой аминокислоты. Результаты расчета КРАС представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика белкового комплекса кондитерских сортов подсолнечника

НАК	С <sub>НАК</sub> в белке «эталона» ФАО / ВОЗ, г/100 г	Сорт Лакомка		Сорт Джинн	
		С <sub>НАК</sub> в белке, г/100 г	АКС, %	С <sub>НАК</sub> в белке, г/100 г	АКС, %
Валин	4,00	2,89	72,25	3,14	78,50
Лейцин	6,10	4,16	68,19	4,46	73,11
Изолейцин	3,00	2,48	82,66	2,75	91,66
Лизин	4,80	1,71	35,62	2,11	43,96
Треонин	2,50	2,52	100,80	3,27	130,80
Метионин + Цистеин	2,30	1,98	86,08	2,20	95,65
Фенилаланин + Тирозин	4,10	3,53	86,09	4,78	116,58
Сумма	26,80	19,27	-	22,71	-
КРАС, %		40,33		46,07	
БЦ белка, %		59,67		53,93	
R <sub>c</sub> , дол. ед.		0,49		0,52	

Коэффициенты утилитарности НАК (таблицы 1-2) использовали для расчета коэффициента утилитарности аминокислотного состава (R<sub>c</sub>), который наиболее полно отражает сбалансированность НАК по отношению к эталону (таблица 3).

По показателю биологической ценности белка сорт Лакомка имеет некоторое превосходство по сравнению с сортом Джинн.

**Заключение.** В ходе работы определено содержание незаменимых аминокислот (кроме триптофана) и выполнена оценка полноценности белков подсолнечника в сравнении с референтным белком ФАО / ВОЗ.

Полученные результаты свидетельствуют, что протеин подсолнечника сортов Джинн и Лакомка характеризуются относительно низкой биологической ценностью 53,93 и 59,67 % соответственно. Учитывая невысокие значения скоров аминокислот и относительно невысокие коэффициенты утилитарности аминокислотного состава, можно сделать вывод, что монобелковые продукты, содержащие только подсолнечный белок, не могут являться источниками полноценного пищевого и кормового протеина.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонова, С. В. Оценка биологической ценности белков люпина и перспектив его использования в пищевой промышленности / С. В. Агафонова, А. И. Рыков, О. Я. Мезенова // Вестн. Международной академии холода. – 2019. – № 2. – С. 79-85.

2. Биологическая ценность белков молочной телятины / В. С. Колодязная [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2011. – Вып. № 1 (11).
3. Биран, М. Н. Сравнительная оценка пищевой и биологической ценности нетрадиционных источников производственного сырья / М. Н. Биран, О. Н. Замбрыцкий // Инновации в медицине и фармации. БГМУ. – 2018. – С. 757-761.
4. Децына, А. А. Оптимальная модель подсолнечника кондитерского типа / А. А. Децына, В. И. Хатнянский, И. В. Илларионова, В. О. Щербинина // Научный электронный журнал «Меридиан». – 2020. – Вып. № 7 (41).
5. Ivanov, P. Chemical composition of sunflower seed and possibilities for its alternation through breeding / P. Ivanov // Ph. D. thesis. – Bulgarian, 1991. – P. 205-212.
6. Исследование аминокислотного состава в отходах производства риса, гречихи и подсолнечника / Л. А. Земнухова [и др.] // Химия растительного сырья. – 2009. – № 3. – С. 147-149.
7. Производство подсолнечного белка, хранение и переработка продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stav-ikc.ru/index.php/khranenie-i-pererabotka-skh-produktsii/2442-proizvodstvo-podsolnechnogo-belka>. – Дата доступа: 12.04.2020.
8. Бердина, А. Н. Исследование биохимического состава липопротеинов семян подсолнечника / А. Н. Бердина, Н. В. Ильчишина, С. Г. Ефименко // Масличные культуры. – 2008. – Вып. 2 (139). – С. 15-18.
10. Надточий, Л. А. Инновации в биотехнологии. Пищевая комбинаторика: учеб.-метод. пособие / Л. А. Надточий, О. Ю. Орлова. – СПб.: ИТМО, 2015. – 37 с.
11. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: ГОСТ 13496.4-93. Взамен ГОСТ 13496.4-84; введ. РФ.21.10.93.-Москва: Стандартинформ, 2011. – 18 с.
12. Мезенова, О. Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов: учеб. пособие / О. Я. Мезенова. – СПб.: Проспект науки, 2015. – 224 с.
13. ConsultationFE. Dietari protein quality evaluation in human nutrition FAO Food and Nutrition Paper, 2013. – 66 p.
14. Karau, A. Amino acids in human and animal nutrition / A. Karau, I. Grayson // AdvBiochemEngBiotechnol. – 2014. – No. 143. – P. 189-228.
15. Гашук, Р. А. Повышение продуктивности и качества мяса цыплят-бройлеров за счет использования в рационах триптофана отдельно и совместно с кормовой добавкой «Хондро Тан»: – дис. ... канд. с/х наук: 06.02.10 / Р. А. Гашук. – Самара, 2017. – 200 с.
16. Аминокислоты глазами химиков, фармацевтов, биологов: в 2 т. / А. О. Сырвая [и др.]. – Харьков: Щедра садиба плюс, 2014-2015. – Т. 1 – 2014. – 228 с.
17. Аминокислоты глазами химиков, фармацевтов, биологов: в 2 т. / А. О. Сырвая [и др.]. – Харьков: Щедра садиба плюс, 2014-2015. – Т. 1. – 2015. – 268 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ПРОТЕИНА СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

**Ю. Ю. Поморова, Ю. М. Серова, Д. В. Бескорвайный,  
В. В. Пятовский, Ю. С. Болховитина**

ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
масличных культур»

г. Краснодар, Российская Федерация (Российская Федерация, 350038,  
г. Краснодар, ул. Филатова, 17; e-mail: protein@vniimk.ru)

**Ключевые слова:** биологическая ценность, животноводство и кормовая промышленность, незаменимые аминокислоты, белок подсолнечника, высокоэффективная жидкостная хроматография.

**Аннотация.** Потребность в полноценном кормовом белке стоит остро во многих странах мира, т. к. продуктивность животных напрямую зависит от сбалансированности рациона. Определение содержания аминокислот в источниках кормового протеина позволяет более точно прогнозировать состав и полноценность кормов, детализировать нормы кормления. В данной работе рассмотрены вопросы применения жидкостной хроматографии для исследования белкового комплекса семян подсолнечника. Определены незаменимые аминокислоты (кроме триптофана) в белке сортов Умник, Круиз, Скормас. Аминокислотный скор более 100 % отмечен у суммы фенилаланина и тирозина, и треонина. Установлено, что аминокислотами, лимитирующими биологическую ценность, в сравнении с эталонным белком, являются лизин, лейцин и валин. Семена подсолнечника характеризуются низкой биологической ценностью, относительно высокими показателями утилитарности, поэтому могут быть рекомендованы для кормопроизводства с последующим обогащением лизином или в комплексе с другими кормовыми компонентами.

## THE STUDY OF AMINO ACID COMPOSITION AND BIOLOGICAL VALUE OF SUNFLOWER SEEDS PROTEIN

**Yu. Yu. Pomorova, Yu. M. Serova, D. V. Bezkorovayny,  
V. V. Pyatovsky, Yu. S. Bolkhovitina**

V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK)  
Krasnodar, Russia (Russia, 350038, Krasnodar, 17 Filatova str., e-mail:  
protein@vniimk.ru)

**Key words:** biological value, livestock feed industry, essential amino acids, sunflower protein, high-performance liquid chromatography.

**Summary.** The need for complete feed protein is acute in many countries of the world, as the productivity of animals depends directly on the balancing of diets.