

УДК 635.89

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические науки, сельскохозяйственные науки)

БЕЛЫЕ ГРИБЫ (*BOLETUS EDULIS*) И АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ИХ БЕЛКА

Баюров Леонид Иванович

к. с.-х. н., доцент

SPIN-код: 3777-5470, AuthorID: 270952

E-mail: leo56@mail.ru

Дмитриенко Станислав Николаевич

к.б.н., ведущий специалист

SPIN-код: 2175-0529, AuthorID: 675058

E-mail: stas47@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия

Увеличение численности населения Земли создает повышенное давление на практически все мировые ресурсы, включая прежде всего продовольствие с учетом его доступности, качественного и разнообразного ассортимента. При этом рост потребления животного белка, в частности, негативно сказывается на экологии, увеличивая образование и выбросы парниковых газов, затраты воды и земельных площадей для производства продукции. Поэтому необходимо оптимизировать производство традиционных белковых продуктов и осуществить поиск альтернативных источников для питания людей. В этом смысле белый гриб (*Boletus edulis*) по праву считается одним из самых ценных видов. Статья посвящена характеристике аминокислотного состава данного вида грибов с расчетом аминокислотных индексов и скоров на основе действующих норм ФАО/ВОЗ (2011). Для достижения указанной цели были применены методы высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), биометрическая обработка статистических данных. Было установлено, что белые грибы представляют собой ценный пищевой продукт, включающий в свой состав полноценный белок, состоящий из всех важнейших незаменимых аминокислот. За исключением лизина и суммы метионина и цистеина их аминокислотные скоры значительно превышали уровни, рекомендованные ФАО/ВОЗ. При этом по общему содержанию аминокислот, включая не только заменимые, но и незаменимые, шляпки белых грибов статистически достоверно превосходили их плодовые тела.

Ключевые слова: СЪЕДОБНЫЕ ГРИБЫ, БЕЛЫЙ ГРИБ, БЕЛКИ, АМИНОКИСЛОТЫ, АМИНОКИСЛОТНЫЕ СКОРЫ И ИНДЕКСЫ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-218-003>

<http://ej.kubagro.ru/2026/04/pdf/03.pdf>

UDC 635.89

4.1.2. Plant breeding, seed production and biotechnology (biological sciences, agricultural sciences)

PORCINI MUSHROOMS (*BOLETUS EDULIS*) AND THE AMINO ACID COMPOSITION OF THEIR PROTEIN

Bayurov Leonid Ivanovich

Cand.Agr.Sci., associate Professor

RSCI SPIN-code: 3777-5470, AuthorID: 270952

E-mail: leo56@mail.ru

Dmitrienko Stanislav Nikolaevich

Cand. Biol. Sci., leading specialist

RSCI SPIN-code: 2175-0529, AuthorID: 675058

E-mail: stas47@mail.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia

The increase in the world's population creates increased pressure on almost all world resources, including, first of all, food, taking into account its availability, high-quality and diverse assortment. At the same time, the increase in the consumption of animal protein, in particular, has a negative impact on the environment, increasing education and greenhouse gas emissions, water and land costs for the production of products. Therefore, it is necessary to optimize the production of traditional protein products and search for alternative sources for human nutrition. In this sense, the white mushroom (*Boletus edulis*) is rightfully considered one of the most valuable species. The article is devoted to the characterization of the amino acid composition of this type of mushroom with the calculation of amino acid indices and scores based on current FAO/WHO standards (2011). To achieve this goal, methods of high-performance liquid chromatography (HPLC) and biometric processing of statistical data were applied. It has been found that porcini mushrooms are a valuable food product that includes a complete protein consisting of all the essential amino acids. With the exception of lysine and the amount of methionine and cysteine, their amino acid scores significantly exceeded the levels recommended by the FAO/WHO. At the same time, the caps of porcini mushrooms were statistically significantly higher than their stems in terms of the total content of amino acids, including not only non-essential, but also irreplaceable ones.

Keywords: EDIBLE MUSHROOMS, PORCINI MUSHROOM, PROTEINS, AMINO ACIDS, AMINO ACID SCORES AND INDICES

Введение. Согласно прогнозам ООН, к 2050 г. население Земли увеличится почти в полтора раза, достигнув 9,5 млрд. человек. Этот прогноз считается общепринятым. Наряду с повышением уровня доходов и дальнейшей урбанизацией это приведет к существенным изменениям в структуре потребления. Это означает, что потребуется не только больше еды в целом, но и изменится ее состав, а также соотношение различных продуктов в рационе.

Белок уже давно считается важнейшим компонентом здоровья человека. Помимо того, что он является источником энергии, белок участвует в различных жизненно важных процессах в биологических тканях, гормонах или ферментах. Источником белков для человека в основном являются продукты животного происхождения, такие как красное и переработанное мясо. Хотя животные белки являются полноценными, поскольку они содержат все девять незаменимых аминокислот, но их производство с каждым годом существенно дорожает [12].

Использование грибов в качестве функциональных дополнений к белкам растительного представляется перспективным направлением. Их органолептические свойства (вкус и текстура) приближены к мясным продуктам, а их выращивание характеризуется меньшим потреблением водных и земельных ресурсов, что повышает их экологическую безопасность.

Белый гриб (*Boletus edulis* Bull., 1782) – широко известный вид из рода Боровик (*Boletus*), семейства Болетовые (*Boletaceae*), отдела Базидиомицеты (*Basidiomycetes*). Родовое название происходит от латинского *boletus* – «гриб», которое, в свою очередь, происходит от древнегреческого βολίτης – «наземный гриб». Видовое название *edulis* в переводе с латыни означает «съедобный» [11].

В пищу белый гриб употребляется целиком, включая и ножку, и шляпку. У молодых грибов шляпка имеет более выпуклую форму, которая с возрастом выравняется, становясь немного выпуклой или даже плос-

кой. Ее диаметр может варьироваться от 5 до 30 см. Поверхность шляпки гладкая и сухая. Цвет шляпки варьируется от светло- до темно-коричневого (рисунок 1).



Рисунок 1 – Внешний вид белого гриба

Нам не удалось найти в доступных источниках информацию об аминокислотном составе белых грибов на территории Краснодарского края. Поэтому **целью исследования** явилось определение аминокислотного состава белых грибов (*Boletus edulis*) с учетом его биохимической полноценности. Это обусловило необходимость решения следующих задач: 1) проведение аминокислотного анализа шляпок и ножек плодовых тел белых грибов; 2) расчет аминокислотных индексов, скоров и биологической ценности белка с проведением их сравнительного анализа с эталонами ФАО/ВОЗ (2011) [10] с учетом биологической ценности белка; 3) формулировка выводов.

Материалом исследования явились свежие белые грибы, собранные в конце октября 2025 г. в сухую с переменной облачностью погоду

при температуре +12 ...+14 °С в окрестностях ст. Смоленской Северского района Краснодарского края. Общая масса собранных плодовых тел грибов составила около 2,7 кг (рисунок 2).



Рисунок 2 – Белые грибы, собранные для анализа

Методика исследования. Для аминокислотного анализа были составлены 9 навесок, содержащих по три плодовых тела белых грибов мелкого (10–15 г), среднего (35–50 г) и крупного (75–90 г) размера, которые подверглись первичной обработке, включавшей удаление загрязнений, промывание, измельчение и последующую сушку в термостате при температуре +40 ... +45 °С до достижения постоянной массы. Влажность отобранных образцов шляпок составила 87,5 %, а плодоножек – 88,8 %.

Из высушенных частей девяти навесок плодовых тел белых грибов для последующего анализа их аминокислотного состава составили по три отдельные средние навески: шляпок (общей массой 15,6 г) и плодоножек (15,4 г). Затем их подвергли измельчению на лабораторном измельчителе

MPW-302 компании MPW Med. Instruments (Польша). Полученные после этого материалы составили по три средних пробы шляпок и плодоножек массой по 1 г каждая.

Последующая обработка проб была проведена в термостате с использованием полуразбавленного раствора HCl (концентрация 10–30 %, удельная плотность 1,1–1,15 г/см³; pH = 1,0) при температуре +110 °С в течение суток. Количественный анализ аминокислот проводился на аминокислотном анализаторе АКА-1000 производства компании Sevko & Co (Россия) с интегрированным модулем постколоночной дериватизации нингидрином (C₉H₆O₄) (рисунок 3).



Рисунок 3 – Аминокислотный анализатор АКА-1000 компании Sevko & Co с постколоночным дериватизатором

Примененный метод аминокислотного анализа основан на высокоэффективной жидкостной хроматографии с применением предварительной модификации аминокислот, управляемой программным обеспечением Microsoft Clarity. Каждая из гидролизованных проб шляпок и плодоножек

была исследована с учетом трех последовательностей. После этого, для анализа экспериментальных данных, была применена биометрическая обработка с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2019.

Результаты исследования и их обсуждение. Содержание заменимых и незаменимых аминокислот в шляпках и плодовых телах белых грибов отражено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание аминокислот в частях плодовых тел белых грибов

Аминокислоты	Шляпки		Плодоножки		В среднем	
	г/100 г СВ	мг/г белка	г/100 г СВ	мг/г белка	г/100 г СВ	мг/г белка
1	2	3	4	5	6	7
<i>Незаменимые аминокислоты (НАК):</i>						
Изолейцин	0,120±0,009	61±7,3	0,035±0,002	45±6,2	0,077±0,012	53±6,2
Лейцин	0,179±0,011	92±9,2	0,064±0,003	82±10,0	0,121±0,019	87±10,4
Лизин	0,106±0,010	54±4,1	0,041±0,002	53±6,4	0,073±0,013	53±6,1
Метионин	0,026±0,004	13±1,6	0,009±0,001	12±0,9	0,017±0,004	12±1,3
Цистеин	0,015±0,001	8±0,5	0,006±0,001	8±0,6	0,010±0,001	8±1,9
Фенилаланин	0,121±0,009	62±7,4	0,038±0,002	49±5,3	0,079±0,013	55±5,2
Тирозин	0,085±0,007	44±4,9	0,023±0,001	30±4,2	0,054±0,008	36±4,1
Треонин	0,112±0,011	57±7,9	0,040±0,003	51±7,5	0,076±0,011	54±5,1
Валин	0,103±0,010	53±7,6	0,037±0,003	48±5,6	0,070±0,010	50±3,8
Сумма НАК	0,867±0,097	444±36,8	0,293±0,032	378±33,5	0,580±0,044	411±51,3
<i>Заменимые аминокислоты (ЗАК):</i>						
Аспарагин	0,190±0,011	97±7,3	0,070±0,008	90±13,5	0,130±0,031	93±10,0
Глутамин	0,229±0,016	117±8,8	0,089±0,009	114±9,9	0,159±0,029	115±11,4
Серин	0,121±0,008	62±5,9	0,049±0,007	63±7,5	0,085±0,016	62±9,0
Гистидин	0,137±0,014	70±12,1	0,135±0,015	174±15,9	0,136±0,043	122±13,7
Глицин	0,087±0,007	45±6,6	0,035±0,006	45±7,3	0,061±0,018	45±4,9
Аргинин	0,101±0,007	52±7,0	0,038±0,003	49±6,4	0,069±0,009	51±6,7
Аланин	0,112±0,011	57±7,9	0,038±0,005	49±6,8	0,075±0,017	53±7,6
Пролин	0,109±0,009	56±6,8	0,031±0,006	40±4,4	0,070±0,019	48±5,1
Сумма ЗАК	1,086±0,112	556±39,6	0,485±0,078	624±38,8	0,786±0,098	590±45,4
Общая сумма аминокислот	1,953±0,098	1000±26,5	0,778±0,092	1002±25,6	1,365±0,018	1001±85,3

ED СНа основе значений критериев достоверности Стьюдента для независимых выборок, представленных в таблице 2, были рассчитаны критерии достоверности разности (td) и соответствующие им уровни вероятности (P).

Таблица 2 – Значения критерия Стьюдента для разных уровней вероятности

Число степеней свободы, ν	Уровни вероятности P:					
	<0,95	0,95	0,98	0,99	0,998	0,999
1	6,31	12,71	31,82	63,66	318,30	636,60
2	2,92	4,30	6,96	9,92	22,33	31,60
3	2,35	3,18	4,54	5,84	10,21	12,92
4	2,13	2,78	3,75	4,60	7,17	8,61
5	2,01	2,57	3,36	4,03	5,89	6,87

При этом с учетом количества проб шляпок и плодоножек белых грибов число степеней свободы составило 5.

Эти расчеты проводились для оценки статистической достоверности разности в содержании как сумм, так и отдельных аминокислот в различных частях плодовых тел исследованных нами белых грибов, данные по которым приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Критерии достоверности разности (t_d) и уровни вероятности (P) по содержанию аминокислот в шляпках и плодоножках белых грибов

Аминокислоты	t_d		P	
	г/100 г СВ	мг/г белка	г/100 г СВ	мг/г белка
Изолейцин	9,44	1,67	>0,999	<0,95
Лейцин	10,09	0,74	>0,999	<0,95
Лизин	6,37	0,13	>0,998	<0,95
Метионин	4,25	0,54	>0,99	<0,95
Цистеин	6,43	0,54	>0,998	<0,95
Фенилаланин	3,79	1,43	>0,98	<0,95
Тирозин	8,70	2,17	>0,999	>0,95
Треонин	6,32	0,55	>0,998	<0,95
Валин	6,35	0,53	>0,998	<0,95
Сумма НАК	5,57	1,33	>0,99	<0,95
Аспарагин	8,57	0,46	>0,999	<0,95
Глутамин	7,78	0,23	>0,999	<0,95
Серин	6,54	0,10	>0,998	<0,95
Гистидин	0,10	5,20	<0,95	>0,998
Глицин	5,78	0	>0,95	0
Аргинин	9,25	0,32	>0,999	<0,95
Аланин	6,17	0,77	>0,95	<0,95
Пролин	7,09	0,24	>0,999	<0,95
Сумма ЗАК	4,42	1,23	>0,99	<0,95
Общая сумма АК	8,77	0,05	>0,999	<0,95

По итогам проведенного исследования, в частности, установлено, что общее содержание НАК в 100 г сухого вещества (СВ), в шляпках белых грибов оказалось статистически высоко достоверно ($t_d = 5,57$; $P > 0,99$) в сравнении с плодоножками: 0,867 г и 0,293 г/100 г СВ – соответственно.

Сумма всех заменимых аминокислот (ЗАК) также было высоко достоверно выше ($t_d = 8,77$; $P > 0,999$) в шляпках, чем в плодоножках (1,086 и 0,778 г/100 г СВ – соответственно).

В расчете на 1 г белка сумма НАК в шляпках исследованных белых грибов – 444 мг – хотя и недостоверно ($t_d = 1,33$; $P < 0,95$), но превысила на 66 мг этот показатель в плодоножках – 378 мг. Общее содержание ЗАК в расчете на 1 г белка было статистически недостоверно выше ($t_d = 1,23$; $P < 0,95$) в плодоножках, чем в шляпках: 624 и 556 мг – соответственно.

Цистеин оказался лимитирующей среди всех НАК (в среднем 0,010 г/100 г СВ и 8 мг/г белка). При этом его содержание в 100 г СВ шляпок статистически высоко достоверно ($t_d = 6,43$; $P > 0,998$) более, чем в 2 раза превысило данный показатель в плодоножках (0,015 и 0,006 г – соответственно). В расчете на 1 г белка его уровень в шляпках и плодоножках оказался равным – по 8 мг.

Анализ аминокислотного состава показал, что лейцин является доминирующей аминокислотой среди всех исследованных НАК. В плодовых телах белых грибов его концентрация в среднем составила 0,121 г на 100 г СВ, а также 87 мг на 1 г белка. При этом в шляпках его содержание в расчете на 100 г СВ высоко достоверно превышало концентрацию в плодоножках ($t_d = 10,09$; $P > 0,999$). Несмотря на статистическую недостоверность ($P < 0,95$), содержание этой незаменимой аминокислоты в шляпках, рассчитанное на единицу белка, превышало таковое в плодоножках (92 мг против 82 мг).

В проведенном исследовании концентрация лизина составила в среднем 0,073 г/100 г СВ и 53 мг/г белка. При этом в шляпках грибов эти показатели составили 0,106 г/100 г СВ и 54 мг/г белка, а плодоножках – соответственно 0,041 г и 53 мг.

Аналогично, метионин присутствовал в незначительных количествах со средним значением 0,017 г на 100 г СВ и 12 мг на 1 г белка. В шляпках

белых грибов этот показатель был несколько выше – 0,026 г/100 г СВ и 13 мг/г белка, в то время как в плодоножках он составил только 0,009 г/100 г СВ и 12 мг/г белка.

Если отдельно рассматривать заменимые аминокислоты, то глицин в среднем продемонстрировал самый низкий уровень содержания (0,061 г/100 г СВ и 45 мг/г белка), в то время как глутамин достиг максимальных значений в расчете на 100 г СВ (0,159 г), а гистидин – в расчете на 1 г белка (122 мг). При этом его уровень в плодоножках (174 мг/г белка) существенно и высоко достоверно ($t_d = 5,20$; $P > 0,998$) и высоко достоверно превосходил соответствующее значение в шляпках (70 мг), что в грибах встречается довольно редко.

Для сравнения, по данным Ю. Т. Жука, лизина в белых грибах содержится 2,55 %, фенилаланина 2,28; метионина 1,38, а сумма лейцина с изолейцином составляет 4,10 %. Из заменимых аминокислот в них много глутаминовой (4,57), аспарагиновой (3,36), аргинина (2,28) и аланина (2,44 г на 100 г СВ) [2].

По данным О. А. Рязановой и других авторов, содержание лизина составляет 5,5; суммы метионина и цистеина – 3,5; треонина – 4,0; валина – 5,0 и триптофана – 1,0 г/100 г белка [1]. А в исследовании, проведенном белорусскими исследователями, среди ЗАК преобладали аланин и глутамин [7].

Безусловно, содержание НАК в продуктах мясного происхождения значительно превышает таковое в грибах, в том числе и в белых. Так, по данным целого ряда отечественных авторов, сумма НАК в баранине первой категории составляет в среднем 41,7 г/100 г белка, говядине первой категории – 43,3 г; беконной и мясной свинине – 44,9 г и 44,2 г; телятине первой и второй категории – 43,4 и 43,8 г/100 г белка [3, 4, 8]. Лимитирующими аминокислотами в соевом изоляте, кроме метионина и цистеина

(1,1– 2,8 и 0,8–1,2 г/100 г белка) также является триптофан – 1,1– 1,8 г/100 г белка [5, 6, 8].

Следует отметить, что по данным А. Б. Лисицына с соавторами, метионин и цистеин являются лимитирующими аминокислотами в жирной, беконной и мясной свинине, телятине первой и второй категорий, баранине второй категории, а также свином и телячьим сердцах и почках.

По данным И. М. Скурихина и М. Н. Волгарева, бобовые культуры также характеризуются дефицитом метионина, составляющего 59 % от его оптимального содержания. Аналогичный дефицит наблюдаются и в других продуктах: злаковые культуры испытывают недостаток лизина (56 %), перловая крупа – треонина (62), пшено – лизина (49) и валина (79 %). Коровье молоко, в свою очередь, имеет пониженное содержание метионина в сочетании с цистеином (78) и триптофана (82 %) [9].

Для определения того, насколько эффективно пищевой белок может восполнить дефицит аминокислот в организме, используются различные аминокислотные скоринговые шкалы. Они служат инструментом для количественной оценки пищевой ценности белка с точки зрения его способности удовлетворять аминокислотные потребности организма. Основным критерием при этом является сопоставление профиля незаменимых аминокислот (НАК) в пищевом белке с физиологически обоснованными ВОЗ значениями потребностей человека в них.

Одним из важнейших критериев является расчет аминокислотных индексов белка продукта с учетом сбалансированности его аминокислотного состава, и, в частности, соотношения незаменимых аминокислот (НАК) к заменимым (ЗАК), а также НАК к общему содержанию аминокислот. Мы произвели расчет аминокислотных индексов частей плодовых тел белых грибов (таблица 4).

С учетом действующих норм ФАО/ВОЗ (2011) [10], индекс НАК/ЗАК должен быть не менее 56 %, а индекс НАК/сумма АК – не менее 36 %. Ис-

следование аминокислотного состава плодовых тел белых грибов выявило их значительный потенциал как источника незаменимых аминокислот.

Таблица 4 – Аминокислотные индексы частей плодовых тел белых грибов

Части пло- довых тел	Аминокислоты, мг/г белка			Аминокислотные индексы, %	
	всего	НАК	ЗАК	НАК/ЗАК	НАК/сумма АК
Шляпки	1 000	444	556	79,9	44,4
Плодоножки	1 002	378	624	60,6	37,7
В среднем	1 001	411	590	69,7	41,1

В ходе исследования отдельных частей плодовых тел белых грибов было установлено, что аминокислотные индексы (отношение НАК к ЗАК) шляпок и плодоножек составили соответственно 79,9 и 60,6 %, а в среднем – 69,7 %, что довольно существенно превосходит требования нормы ФАО/ВОЗ.

Пищевая ценность белка обусловлена не только абсолютным содержанием НАК, но и их сбалансированностью. В связи с этим, для комплексной оценки пищевой ценности белка широко применяется расчет его аминокислотного сора (АС). Он отражает максимальный потенциал использования азота данного белка для пластических целей, то есть для биосинтеза собственных белков организма. Избыточные аминокислоты могут быть утилизированы в качестве источника неспецифического азота или для энергетических нужд.

Одним из наиболее распространенных методов оценки биологической ценности является расчет аминокислотного сора (АС) (от англ. score – «счет»). Этот метод предполагает сравнение аминокислотного состава исследуемого продукта с составом «эталонного белка» – теоретической моделью, идеально сбалансированной по всем НАК. АС показывает мак-

симальный потенциал использования азота данного белка как для построения новых тканей и органов, так и самообновления организма.

Аминокислоты, находящиеся в избытке используются для других целей, например, в качестве источника обменной энергии. Состав «эталонного белка» регулярно пересматривается Объединенным экспертным советом ФАО/ВОЗ, чтобы учесть последние достижения в медико-биологических исследованиях и нутрициологии.

Также были рассчитаны аминокислотные скоры (АС) частей плодовых тел белых грибов в сравнении с требованиями ФАО/ВОЗ (2011) (таблица 5).

Таблица 5 – Аминокислотные скоры частей плодовых тел белых грибов, %

Аминокислоты	Норма ФАО/ВОЗ, мг/г белка	Шляпки		Плодоножки		АС в среднем, %
		мг/г белка	АС, %	мг/г белка	АС, %	
Изолейцин	30	56	186,7	49	163,3	175,0
Лейцин	61	85	139,3	83	136,1	137,7
Лизин	48	48	100,0	42	87,5	93,7
Метионин + цистеин	23	20	87,0	16	69,6	78,3
Фенилаланин + тирозин	41	92	224,4	68	165,8	195,1
Треонин	25	56	224,0	53	212,0	218,0
Валин	40	48	120,0	40	100,0	110,0
Гистидин	16	70	437,5	174	1087,5	762,5
Итого:	284	475	167,2	525	184,9	176,0

Анализ данных, представленных в таблице 5, демонстрирует значительную вариабельность средних значений АС для отдельных аминокислот. Так, максимальный показатель (762,5 %) был зафиксирован у гистидина. Среди других аминокислот и их комбинаций высокими средними

значениями выделялись треонин (218,0), сумма фенилаланина и тирозина (195,1) и изолейцин (175,0 %). Минимальные значения АС отмечены для суммы метионина и цистеина (78,3 %) и лизина (93,7 %).

В то же время АС, по данным О. А. Рязановой с коллегами [1], в белых грибах АС составили: для изолейцина + лейцина – 109 %; лизина – 136; триптофана – 60; метионина + цистеина – 153; фенилаланина + тирозина – 174; треонина – 115 и валина – 96 %. Скорее всего эти различия детерминированы особенностями влияния природно-климатических факторов на рост грибов.

По формуле 1 также был рассчитан коэффициент разбалансированности аминокислотного состава (*КРАС*) (формула 1):

$$КРАС = \frac{\sum \Delta PАС}{n} \quad (1)$$

где $\Delta PАС$ – избыток сора конкретной НАК;

n – количество НАК.

КРАС является показателем отклонения профиля незаменимых аминокислот от физиологически оптимального соотношения. Он отражает средний избыток аминокислотного сора НАК относительно минимального значения АС любой из них.

Данный избыток, представляющий собой количество НАК, превышающее потребности организма в анаболических процессах, определили по формуле 2:

$$\Delta PАС = C_i - C_{min} \quad (2)$$

где C_i – аминокислотный скор учитываемой НАК;

C_{min} – минимальный из скоров НАК исследуемого белка, %.

В таблице 6 отражены результаты различий скоров НАК в сравнении с эталонными значениями ФАО/ВОЗ (ΔРАС).

Таблица 6 – Избыток аминокислотных скоров НАК в сравнении с лимитом

Незаменимые аминокислоты	АС, %		Разность с лимитом, %
	факт	лимит	
Изолейцин	165,6	78,3	87,3
Лейцин	131,8	78,3	53,5
Лизин	93,0	78,3	14,7
Метионин + цистеин	74,1	78,3	0
Фенилаланин + тирозин	175,0	78,3	96,7
Треонин	174,2	78,3	95,9
Валин	116,3	78,3	38,0
ΣΔРАС	-	-	386,1

Как видно из приведенных данных суммарное значение ΔРАС составило 386,1 %.

Следовательно, согласно формуле 1:

$$КРАС = 386,1 : 9 = 42,9 \%$$

Биологическая ценность (БЦ) – важнейший критерий качества диетического белка, отражающий его усвояемость и способность к интеграции в белковые структуры организма. Высокий показатель БЦ свидетельствует об оптимальном превращении экзогенного белка пищи. В частности, высокими показателями БЦ (70–75 %) характеризуются различные мясные продукты [3, 4, 9].

С учетом этого, по формуле 3 была определена биологическая ценность (БЦ) белка исследованных плодовых тел белых грибов:

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

$$\text{БЦ белых грибов} = 100 - 42,9 = 57,1 \%$$

Это свидетельствует о среднем уровне показателя белковой ценности.

Выводы. 1. Исследование аминокислотного состава плодовых тел белых грибов выявило их значительный потенциал как источника незаменимых аминокислот. Общее содержание НАК и ЗАК в 100 г СВ в шляпках белых грибов оказалось статистически высоко достоверно в сравнении с их плодоножками.

2. Цистеин оказался лимитирующей среди всех НАК. При этом его содержание в 100 г СВ шляпок статистически высоко достоверно превысило данный показатель в плодоножках, а в расчете на 1 г белка его уровень в шляпках и плодоножках оказался равным.

3. Лейцин являлся доминирующей среди всех НАК. При этом в шляпках его содержание в расчете на 100 г СВ высоко достоверно превышало концентрацию в плодоножках.

4. Исследование отдельных частей плодовых тел белых грибов показало, что аминокислотные индексы шляпок и плодоножек составили соответственно 79,9 и 60,6 %, что довольно существенно превосходит требования нормы ФАО/ВОЗ.

5. Установлена значительная вариабельность средних значений аминокислотных скоров как для отдельных аминокислот, так и для их сумм. Максимальный показатель был зафиксирован у гистидина (762,5 %), Наименьшие значения АС отмечены для метионина + цистеина (78,3 %) и лизина (93,7 %).

6. Биологическая ценность белка белых грибов характеризуется средним значением (57,1 %).

Таким образом, включение белых грибов в рацион является дополнительным источником полного спектра незаменимых аминокислот и будет способствовать балансировке его белковой питательной ценности.

Список литературы:

1. Атлас аннотированный. Грибы : учеб. пособие для вузов / О. А. Рязанова, В. И. Бакайтис, М. А. Николаева, В. М. Позняковский. – СПб : Лань, 2022. – 260 с.
2. Жук Ю.Т. Консервирование и хранение грибов (биохимические основы) / Ю. Т. Жук. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 144 с.
3. Лисицын А.Б. Мясная промышленность. Энциклопедический словарь / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, А. А. Семенова [и др.]. – М. : ВНИИМП, 2015. – 256 с.
4. Лисицын А.Б. Теория и практика переработки мяса / А. Б. Лисицын, Н. Н. Липатов, [и др.] – М. : Эдиториал сервис, 2008. – 308 с.
5. Общая характеристика соевого изолята [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.infomeat.ru/sprav_tmp/spr_pre.php?select=5&ref=171 (дата обращения 23.03.2026).
6. Рудаков О.Б. Аминокислотный состав соевого белка / О. Б. Рудаков, А. В. Рудакова // Мясные технологии. – 2020. – № 4. – С. 28.
7. Скаковский Е.Д. Анализ состава экстрактов белых грибов методами ЯМР и ГЖХ / Е. Д. Скаковский, Л. Ю. Тычинская, Л. Н. Шаченкова [и др.] // Труды БГТУ. – 2023. – Серия 2. – № 1. – С. 24.
8. Соевый протеиновый изолят. Химический состав и пищевая ценность. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/18457.php (дата обращения 23.03.2026).
9. Химический состав пищевых продуктов. Кн.2. Справочные таблицы содержания аминокислот, витаминов, макро-микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. И. М. Скурихина и М. Н. Волгарева. – М. : Агропромиздат, 1987. – 360 с.
10. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013. – 66 p.
11. Jamieson A, Ainsworth R, Morell T (1828). Latin Dictionary: Morell's Abridgment. London: Moon, Boys & Graves. pp. 121, 596. Retrieved 2009-11-02.
12. Singh BP, Bangar SP, Albaloosh M, et al. Plant-derived proteins as a sustainable source of bioactive peptides: recent research updates on emerging production methods, bioactivities, and potential application. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2022;1-22.

References

1. Atlas annotirovannyj. Griby : ucheb. posobie dlya vuzov / O. A. Ryazanova, V. I. Bakajtis, M. A. Nikolaeva, V. M. Poznyakovskij. – SPb : Lan', 2022. – 260 s.
2. ZHuk YU.T. Konservirovanie i hranenie gribov (biohimicheskie osnovy) / YU. T. ZHuk. – M. : Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1982. – 144 s.
3. Lisicyн A.B. Myasnaya promyshlennost'. Enciklopedicheskij slovar' / A. B. Lisicyн, I. M. Chernuha, A. A. Semenova [i dr.]. – M. : VNIIMP, 2015. – 256 s.
4. Lisicyн A.B. Teoriya i praktika pererabotki myasa / A. B. Lisicyн, N. N. Lipatov, [i dr.] – M. : Editorial servis, 2008. – 308 s.
5. Obshchaya harakteristika soevogo izolyata [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: https://www.infomeat.ru/sprav_tmp/spr_pre.php?select=5&ref=171 (data obrashcheniya 23.03.2026).

6. Rudakov O.B. Aminokislотноj sostav soevogo belka / O. B. Rudakov, A. V. Rudakova // *Myasnye tekhnologii*. – 2020. – № 4. – S. 28.
7. Skakovskij E.D. Analiz sostava ekstraktov belyh gribov metodami YAMR i GZHKH / E. D. Skakovskij, L. YU. Tychinskaya, L. N. SHachenkova [i dr.] // *Trudy BGTU*. – 2023. – Seriya 2. – № 1. – S. 24.
8. Soevyj proteinovyj izolyat. Himicheskij sostav i pishchevaya cennost'. [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/18457.php (data obrashcheniya 23.03.206).
9. Himicheskij sostav pishchevyh produktov. Kn.2. Spravochnye tablicy sodержaniya aminokislот, vitaminov, makro-mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov / pod red. I. M. Skurihina i M. N. Volgareva. – M. : Agropromizdat, 1987. – 360 s.
10. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013. – 66 p.
11. Jamieson A, Ainsworth R, Morell T (1828). Latin Dictionary: Morell's Abridgment. London: Moon, Boys & Graves. pp. 121, 596. Retrieved 2009-11-02.
12. Singh BP, Bangar SP, Albaloosh M, et al. Plant-derived proteins as a sustainable source of bioactive peptides: recent research updates on emerging production methods, bioactivities, and potential application. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2022;1-22.