

УДК 635.89

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

ГРИБ МОХОВИК ЗЕЛЕНый (XEROCOMUS SUBTOMENTOSUS) И ЕГО АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ

Баюров Леонид Иванович
заслуженный работник культуры Кубани, 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

Исторически сложилось, что дикорастущие грибы высоко ценились за их органолептические свойства, способствующие стимуляции аппетита и оптимизации ассимиляции нутриентов. Кроме того, грибы демонстрируют выраженную способность к биоаккумуляции азотистых соединений. Примечательно, что азотсодержащие вещества формируют доминирующую фракцию сухого вещества грибов, что является отличительной особенностью по сравнению с овощными культурами. Статья посвящена аминокислотному анализу моховика зеленого (*Xerocomus subtomentosus*). Исследование аминокислотного профиля этого съедобного гриба выявило его значительный питательный потенциал, обусловленный высоким содержанием незаменимых аминокислот. Результаты расчета аминокислотных индексов зеленых моховиков демонстрируют их достаточно высокую пищевую ценность, особенно в части НАК, соотношение которых к заменимым аминокислотам в среднем по всему плодovому телу составило 64,2 %, что значительно превышает нормы ФАО/ВОЗ. Анализ показал, что наибольшие средние показатели аминокислотных скоров отмечены для треонина, комбинации фенилаланина с тирозином и лейцина – 222, 189 и 137,7 % соответственно. Наименьшие значения скоров зафиксированы у метионина в сочетании с цистеином (84,7 %) и валина (118,7 %). Определены коэффициент разбалансированности аминокислотного состава и биологическая ценность белка моховиков зеленых. Показатель сопоставимой избыточности незаменимых аминокислот оказался на сравнительно низком уровне, что указывает на достаточно высокую биологическую ценность белка зеленых моховиков. Исходя из вышеизложенного

UDC 635.89

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

GREEN MOSS MUSHROOM (XEROCOMUS SUBTOMENTOSUS) AND ITS AMINO ACID COMPOSITION

Bayurov Leonid Ivanovich
Honored Worker of Culture of Kuban, 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

Historically, wild mushrooms have been highly valued for their organoleptic properties that help stimulate appetite and optimize nutrient assimilation. In addition, fungi exhibit a pronounced ability to bioaccumulate nitrogenous compounds. It is noteworthy that nitrogen-containing substances form the dominant fraction of the dry matter of mushrooms, which is a distinctive feature compared to vegetable crops. The article is devoted to the amino acid analysis of the green moss (*Xerocomus subtomentosus*). The study of the amino acid profile of this edible mushroom revealed its significant nutritional potential due to its high content of essential amino acids. The results of calculating the amino acid indices of green mosses demonstrate their rather high nutritional value, especially in terms of NAC, the ratio of which to interchangeable amino acids averaged 64.2% throughout the fruit body, which significantly exceeds the FAO/WHO standards. The analysis showed that the highest average values of amino acid pressures were noted for threonine, a combination of phenylalanine with tyrosine and leucine – 222, 189 and 137.7%, respectively. The lowest pressure values were recorded for methionine in combination with cysteine (84.7%) and valine (118.7%). The coefficient of imbalance of amino acid composition and the biological value of green moss protein. The indicator of comparable redundancy of essential amino acids turned out to be at a relatively low level, which indicates a fairly high biological value of the protein of green moss. Based on the above, it can be concluded that green mosses are an additional source of high-grade protein in human diets

можно заключить, что моховики зеленые являются дополнительным источником полноценного белка в рационах людей

Ключевые слова: СЪЕДОБНЫЕ ГРИБЫ, МОХОВИК ЗЕЛЕНый, БЕЛКИ, АМИНОКИСЛОТЫ, КЛЕТЧАТКА, МИНЕРАЛЫ, ВИТАМИНЫ

Keywords: EDIBLE MUSHROOMS, SUEDE BOLETE, PROTEINS, AMINO ACIDS, FIBER, MINERALS, VITAMINS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-220-002>

Введение. Моховик зеленый (*Xerocomus subtomentosus* (L.) Quél., 1887) – вид съедобных трубчатых грибов рода Моховик (*Xerocomus*) семейства Болетовые (*Boletaceae*) – был впервые описан в 1753 г. Карлом Линнеем как *Boletus subtomentosus*. Французский миколог Люсьен Келé отнес ряд видов белых грибов к роду *Xerocomus*, включая и сам зеленый моховик.

Название рода происходит от древнегреческих слов хегос – «сухой» и коме – «волосы» относится к бархатистой поверхности шляпки. Видовое название *subtomentosus* в переводе с латыни означает «слегка волосистый», что относится к его шляпке. Это вызвало споры: многие ученые не признавали новый род, используя старое название – *Boletus subtomentosus*. Однако генетический анализ, проведенный в 2013 г. подтвердил, что этот вид и его ближайшие родственники отличаются от представителей рода *Boletus* [17].

На английском языке гриб известен как Suede Bolete («замшевый подберезовик»), Yellow-cracked Bolete («подберезовик с желтыми трещинками») и Brown And Yellow Bolete («коричнево-желтый подберезовик»), а на немецком – Ziegenlippe («козья губа») и Filziger Röhrling («войлочная трубка»). Русское название «моховик», скорее всего, происходит от слова «мох», что указывает на его с мшистые места произрастания или бархатистую шляпку, напоминающую мох. Среди русских народных названий встречаются «козлиный гриб» и «козлиные губы».

<http://ej.kubagro.ru/2026/06/pdf/02.pdf>

Гриб отличается значительной изменчивостью внешнего вида. Его шляпка, достигающая 12 см, претерпевает трансформацию от полусферической до почти плоской, а ее окраска варьируется от желтовато-охристого и оливкового тонов до темно-коричневого, кирпичного, а порой и ярко-желтого или красноватого оттенков. Поверхность шляпки сухая, изначально войлочная, затем становится гладкой и, иногда растрескиваясь, обнажает светлую мякоть.

Ножка, как правило, цилиндрическая, но может быть веретеновидной или булавовидной, часто сужаясь к основанию. Ее цвет бледно-желтый, иногда с коричневатым оттенком книзу, и она часто покрыта мелкими гранулами различных цветов, которые могут формировать точечную сетку. Трубки и поры желтые, со временем становятся оливковыми, а при повреждении поры синеют, хотя трубки могут синеть незначительно или не синеть вовсе (рисунок 1) [14].



Рисунок 1 – Моховик зеленый (*Xerocomus subtomentosus*)

В 100 г свежей мякоти моховика содержится: 1,7 г белков; 0,7 г жиров; 1,5 г углеводов; 2,1 г клетчатки; 120 кДж (около 29 ккал) обменной энергии; витамины B_1 – 0,07 мг; B_2 – 0,35; B_3 – 6,3; B_5 – 1,1; B_9 – 0,011 мг.

Содержание минералов: К – 200 мг; Na – 3; Ca – 6; Mg – 15; Fe – 0,3; Mn – 0,35; Cu – 0,24; Cr – 0,007; Se – 0,11 и P – 80 мг [3]. В России его коммерческая ценность ниже, чем у белого гриба или лисичек и аналогична подберезовикам и подосиновикам. Оценка пищевой ценности продуктов питания, в частности грибов, критически зависит от их аминокислотного профиля, который является индикатором наличия функционально незаменимых соединений.

Учитывая отсутствие опубликованных сведений об аминокислотном составе зеленых моховиков, произрастающих на территории Краснодарского края, **целью исследования** стало определение их аминокислотного профиля и последующей оценки биологической полноценности. Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**: 1) выполнить количественный аминокислотный анализ шляпок и плодоножек моховиков зеленых; 2) вычислить аминокислотные индексы и скоры, сравнив полученные данные с нормативами ФАО/ВОЗ (2011) [15, 16]; 3) на основе полученных данных сформулировать выводы по использованию моховиков.



Рисунок 2 – Плодовые тела моховика зеленого, собранные для анализа

Материалом исследования явились свежие грибы моховики, собранные в середине сентября 2025 г. в сухую безоблачную погоду при температуре +15...+17 °С в окрестностях станицы Северской Краснодарского края. Общая масса собранных образцов составила около 2,6 кг (рисунк 2).

Методы и методика исследования. Для аминокислотного анализа было подготовлено 9 образцов моховиков, каждый из которых состоял из трех плодовых тел разных фракций по массе: мелкие (10–15 г), средние (25–30 г) и крупные (45–60 г). Исходная влажность шляпок составляла 87,9 %, а плодоножек – 88,4 %. Образцы подверглись первичной обработке, включающей очистку, промывку, измельчение и вакуумную сушку в термостате при +40...+45 °С до достижения постоянной массы. После этого образцы были измельчены на лабораторном гомогенизаторе MPW-302 компании MPW Med. Instruments (Польша).

Затем были подготовлены по три навески высушенного мицелиального материала. Средняя масса образцов шляпок составила 4,219 г, а плодоножек — 2,860 г. Для последующего гидролитического анализа были отобраны образцы моховиков. Из каждой фракции — шляпок и плодоножек — взяли по три пробы массой по 1 г. Затем образцы подвергли предварительному суточному гидролизу в термостате при температуре +110 °С. В качестве гидролизующего агента использовался полуразбавленный 20%-ный раствор соляной кислоты удельной плотностью 1,1 г/см³ и рН = 1,2.

Количественное определение аминокислот проводили с помощью аминокислотного анализатора АКА-1000 (Sevko & Co, Россия), использующего ионообменную хроматографию с постколоночной дериватизацией нингидрином. Благодаря высокой чувствительности нингидриновой реакции, данный метод отлично подходит для автоматических аминокислотных анализаторов, в которых аминокислоты сначала разделяются на катионообменной колонке и проходят через нее с индивидуальной скоростью.

Постколоночная дериватизация основана на химической модификации аминокислот после их элюирования из хроматографической колонки. Аминокислоты реагируют с нингидрином, образуя детектируемые соединения. Эти производные регистрируются спектрофотометром на фиксированных длинах волн 440 и 570 нм (нанометров). Такой подход позволяет успешно анализировать аминокислоты, которые сами по себе не поглощают свет как в ультрафиолетовом, так и видимом диапазоне электромагнитных волн.

К достоинствам постколоночной дериватизации относятся: высокая надежность результатов, не зависящая от степени загрязнения образца; исключение необходимости в предварительной подготовке образцов; повышенная точность в идентификации и количественном определении аминокислот, а также сокращение затрат времени на подготовку и проведение анализа. Процесс исследования включал анализ трех проб (шляпок и плодоножек моховиков по отдельности), каждая из которых была протестирована в трех повторностях.

Результаты исследования и их обсуждение. Последующий анализ экспериментальных данных осуществлялся посредством биометрической обработки в Microsoft Office Excel 2019 (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Содержание аминокислот в частях плодовых тел
моховиков зеленых, $M \pm m$

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	0,047±0,005	51±4,3	0,029±0,003	39±5,0	0,038±0,04	45±4,7
Лейцин	0,078±0,010	85±7,2	0,061±0,004	83±8,0	0,069±0,007	84±7,6
Лизин	0,057±0,008	62±6,1	0,041±0,004	56±4,4	0,049±0,006	59±5,2
Метионин	0,011±0,001	12±1,1	0,009±0,001	12±1,0	0,010±0,001	12±1,0
Цистеин	0,007±0,001	8±0,4	0,005±0,001	7±0,5	0,006±0,001	7,5±0,4
Фенилаланин	0,045±0,005	49±5,4	0,030±0,003	41±4,3	0,037±0,004	45±4,8
Тирозин	0,033±0,005	36±3,7	0,021±0,003	29±3,2	0,027±0,004	32±3,4
Треонин	0,052±0,007	57±6,0	0,053±0,005	54±5,1	0,052±0,006	55±5,5
Валин	0,045±0,005	49±4,6	0,034±0,003	46±3,6	0,039±0,004	47±4,0
Сумма НАК	0,375±0,075	409±31,5	0,283±0,028	367±30,8	0,329±0,051	388±31,1
<i>Заменимые аминокислоты (ЗАК):</i>						
Аспарагин	0,091±0,011	99±7,0	0,064±0,004	87±10,5	0,077±0,007	93±8,8
Глутамин	0,116±0,010	127±7,8	0,086±0,005	117±8,8	0,101±0,007	122±8,3
Серин	0,058±0,006	63±5,1	0,050±0,004	68±6,1	0,054±0,005	65±5,6
Гистидин	0,078±0,010	85±7,1	0,123±0,011	167±12,4	0,100±0,010	126±9,8
Глицин	0,043±0,003	47±4,6	0,014±0,002	45±6,3	0,028±0,002	46±5,4
Аргинин	0,053±0,005	58±6,1	0,037±0,002	50±4,4	0,045±0,003	53±5,2
Аланин	0,049±0,005	54±5,9	0,037±0,003	50±4,8	0,043±0,004	53±5,4
Пролин	0,052±0,004	57±4,8	0,035±0,004	48±4,4	0,043±0,004	52±4,6
Сумма ЗАК	0,540±0,052	590±48,4	0,446±0,036	632±57,7	0,493±0,044	611±53,1
Общая сумма аминокислот	0,915±0,091	999±79,9	0,729±0,092	999±88,5	0,822±0,047	999±84,2

На основе базы данных критерия достоверности Стьюдента для независимых выборок, приведенных в таблице 2, произвели расчет критериев достоверности разности (t_d) и определили соответствующие им уровни вероятности (P) при $v = 5$.

Таблица 2 – Уровни вероятности для разных значений критерия Стьюдента

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

В таблице 3 приведены критерии достоверности разности по содержанию различных аминокислот и уровни вероятности.

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

Аминокислоты	t_d		Уровень вероятности P	
	г/100 г СВ	мг/г белка	г/100 г СВ	мг/г белка
Изолейцин	3,60	1,8	>0,98	<0,95
Лейцин	1,70	0,18	<0,95	<0,95
Лизин	1,80	0,80	<0,95	<0,95
Метионин	1,41	0	<0,95	0
Цистеин	1,41	1,56	<0,95	<0,95
Фенилаланин	2,59	1,16	>0,95	<0,95
Тирозин	2,09	1,43	>0,95	<0,95
Треонин	0,12	0,38	<0,95	<0,95
Валин	1,89	0,51	<0,95	<0,95
Сумма НАК	0,39	0,95	<0,95	<0,95
Аспарагин	2,31	0,95	>0,95	<0,95
Глутамин	2,73	0,85	>0,95	<0,95
Серин	1,11	0,63	<0,95	<0,95
Гистидин	3,04	5,74	>0,95	>0,99
Глицин	4,14	0,26	>0,99	<0,95
Аргинин	2,97	1,06	>0,95	<0,95
Аланин	2,07	0,53	<0,95	<0,95
Пролин	3,00	1,38	>0,95	<0,95
Сумма ЗАК	1,49	0,56	<0,95	<0,95
Общая сумма АК	1,44	0	<0,95	0

Результаты проведенного исследования выявили статистически недостоверное превосходство шляпок моховиков по содержанию НАК. Так, в 100 г сухого вещества (СВ) шляпок содержалось 0,375 г НАК, а в плодονожках – 0,283 г/100 г СВ. Аналогичная картина наблюдалась и для суммы заменимых аминокислот (ЗАК): их содержание в шляпках (0,915 г/100 г СВ), а в плодονожках – 0,729 г/100 г СВ, что также оказалось статистически недостоверно. Статистически достоверные различия в пользу шляпок моховиков коснулись лишь следующих НАК: изолейцина ($t_d = 3,60$; $P > 0,98$), фенилаланина ($t_d = 2,59$; $P > 0,95$) и тирозина ($t_d = 2,09$; $P > 0,95$).

По общему содержанию заменимых аминокислот (ЗАК) между шляпками и плодονожками моховиков также не получено статистически достоверных различий, хотя по отдельным аминокислотам (аспарагину, глутамину, гистидину, глицину и аргинину) они были получены с вероятностью $P > 0,95–0,99$. По данным И. Э. Цапаловой и В. И. Бакайтис [12], доля НАК в грибах составляет 33–44 %, и по нашим данным этот показатель в моховиках зеленых составил 40 %.

В расчете на грамм белка шляпки исследованных нами моховиков содержали 409 мг НАК, что на 42 мг больше, чем в плодονожках (367 мг). Однако это различие не было статистически значимым ($t_d = 0,95$; $P < 0,95$). Что касается ЗАК, то их общее содержание на грамм белка было незначительно выше в плодονожках (632 мг), чем в шляпках (590 мг), что также не было статистически достоверным ($t_d = 0,56$; $P < 0,95$).

Среди всех незаменимых аминокислот цистеин оказался лимитирующей: его среднее содержание составило 6 мг на 100 г СВ и 7,5 мг на грамм белка. Хотя содержание цистеина в шляпках (7 мг/100 г СВ и 8 мг/г белка) было выше, чем в плодονожках (5 мг/100 г СВ и 7 мг/г белка), эти различия не были статистически значимыми.

Анализ аминокислотного состава показал, что среди всех исследованных незаменимых аминокислот уровень лейцина оказался наибольшим.

Так, в плодовых телах моховиков в среднем его концентрация составила 69 мг на 100 г сухого вещества и 84 мг на 1 г белка.

Хотя статистическая значимость различий отсутствовала ($P < 0,95$), уровень лейцина в шляпках, рассчитанный на 100 г СВ и на грамм белка, был выше, чем в плодоножках (78 и 61 мг; 85 и 83 мг – соответственно).

Среднее содержание лизина достигало 49 мг на 100 г СВ и 59 мг на грамм белка. В шляпках эти показатели были выше — 57 мг/100 г СВ и 62 мг/г белка, тогда как в плодоножках значения составили 41 и 56 мг соответственно. По аналогии с лизином, метионин присутствовал в небольших количествах: в среднем 10 мг на 100 г СВ и 12 мг на 1 г белка. В шляпках моховиков уровни метионина были немного выше — 11 мг/100 г СВ и 12 мг/г белка, а в плодоножках — 9 мг на 100 г. В расчете на грамм белка концентрация метионина в шляпках и плодоножках оказалась одинаковой — 12 мг/г.

Анализ содержания заменимых аминокислот показал, что у глицина был наименьший средний показатель: 28 мг/100 г СВ и 46 мг/г белка. В противоположность этому, гистидин присутствовал в максимальных концентрациях: 100 мг/100 г СВ и 126 мг/г белка). Примечательно, что уровень гистидина в плодоножках (167 мг/г белка) значительно и статистически высоко достоверно ($t_d = 5,74$; $P > 0,99$) превышал его содержание в шляпках (85 мг), что является нетипичным для грибов. Содержание фенилаланина в плодовых телах моховиков в среднем составило 37 мг/100 г СВ и 45 мг/г белка.

В то же время, по данным Ю. Т. Жука, среди трубчатых грибов, моховики демонстрируют повышенное содержание фенилаланина. Кроме того, их уровень лизина сопоставим с показателями белых грибов. В сравнении с другими грибами, белки моховиков обладают наиболее сбалансированным аминокислотным профилем, хотя, по сравнению с идеальным, в них наблюдается незначительный дефицит метионина [4].

Как указывают И. Э. Цапалова и В. И. Бакайтис [12], преобладающими среди аминокислот в грибах являются фенилаланин и лейцин, а лимитирующей – изолейцин. Согласно данным О. А. Рязановой и др., уровень лизина в моховиках достигает 5,1 г/100 г белка; изолейцина + лейцина – 8,5 г; метионина + цистеина — 4,2 г; фенилаланина + тирозина – 6,1 г; треонина — 3,7 г; валина — 4,9 г, а триптофана – 1,3 г [1].

Очевидно, что количество незаменимых аминокислот в мясных продуктах существенно выше, чем в грибах, включая и зеленые моховики. Так, по сведениям ряда отечественных исследователей, в баранине I категории сумма НАК равна в среднем 41,7 г/100 г белка, в говядине I категории – 43,3 г; в беконной и мясной свинине – 44,9 г и 44,2 г; в телятине I и II категории — 43,4 г и 43,8 г/100 г белка [3, 4, 8]. В соевом изоляте, помимо метионина и цистеина (1,1–2,8 и 0,8–1,2 г/100 г белка), ограничивающей аминокислотой выступает триптофан – 1,1–1,8 г/100 г белка [7–10].

Согласно информации от А. Б. Лисицына и его коллег, метионин и цистеин являются ключевыми ограничивающими аминокислотами для жирной, беконной и мясной свинины, телятины I и II категорий, баранины II категории, а также таких субпродуктов, как свиные, телячьи сердца и почки [6].

В свою очередь И. М. Скурихин и М. Н. Волгарёв [11] указывают на то, что в бобовых культурах также существует дефицит метионина (59 % от нормы). Другие источники также демонстрируют недостаток определенных аминокислот: злаки бедны лизином (56 %), перловая крупа – треонином (62), пшено – лизином (49) и валином (79 %). В свою очередь, в коровьем молоке наблюдается пониженный уровень метионина с цистеином (78 %) и триптофана (82 %).

Поскольку сбалансированность аминокислотного состава является определяющим фактором качества белка, мы провели вычисление аминокислотных индексов исследованных моховиков (таблица 4).

Таблица 4 – Аминокислотные индексы моховиков зеленых

Части плодовых тел	Аминокислоты, мг/г белка			Индексы, %	
	всего	НАК	ЗАК	НАК/ЗАК	НАК/сумма АК
Шляпки	999	409	590	69,3	40,9
Плодоножки	999	367	632	58,1	36,7
В среднем	999	388,0	611,0	63,5	38,8

Результаты расчета аминокислотных индексов зеленых моховиков демонстрируют их достаточно высокую пищевую ценность, особенно в части незаменимых аминокислот. Соотношение незаменимых аминокислот к заменимым в шляпках этих грибов достигло 69,3 %, а в среднем по всему плодовому телу – 63,5 %. Эти показатели значительно превышают нормы, установленные ФАО/ВОЗ, согласно которым доля НАК должна составлять не менее 56 % от заменимых и не менее 36 % от общей суммы аминокислот. Таким образом, зеленые моховики не только соответствуют, но и значительно превосходят эти стандарты, демонстрируя превышение на 113,4 % и 107,8 % по соответствующим индексам.

Качество белка выступает в качестве основополагающего фактора, влияющего на метаболические процессы, что подтверждается многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных авторов. Эта зависимость прослеживается как при соблюдении минимальных норм потребления, так и при их существенном превышении [2].

На основании этого, были выполнены расчеты аминокислотных скоров (АС) для отдельных частей плодовых тел зеленых моховиков. Полученные значения были сопоставлены с нормативными показателями ФАО/ВОЗ [15] и представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Аминокислотные scores плодовых частей
моховиков зеленых, %

НАК	Эталон ФАО/ВОЗ, мг/г белка	Шляпки		Плодоножки		Средний АС, %
		мг/г белка	АС, %	мг/г белка	АС, %	
Изолейцин	30	51	170,0	39	76,5	123,2
Лейцин	61	85	139,3	83	136,1	137,7
Лизин	48	62	129,2	56	116,7	122,9
Метионин + цистеин	23	20	86,9	19	82,6	84,7
Фенилаланин + тирозин	41	85	207,3	70	170,7	189,0
Треонин	25	57	228,0	54	216,0	222,0
Валин	40	49	122,5	46	115,0	118,7
Итого:	268	409	152,6	367	136,9	144,8

В результате проведенного анализа установлено, что треонин, фенилаланин + тирозин и лейцин продемонстрировали наивысшие средние показатели АС среди всех НАК: 222, 189 и 137,7 % – соответственно. В свою очередь, самые низкие средние значения АС были у комбинации метионина и цистеина (84,7 %) и валина (118,7 %).

Для сравнения приведем данные, полученные И. Э. Цапаловой и В. И. Бакайтис [12]. Так, по лизину АС составил 92 %; метионину + цистеину – 121; фенилаланину + тирозину – 101; треонину – 93 и валину – 98 %. Согласно данным, полученным О. А. Рязановой с соавторами, уровень АС лизина достигает 92 %; метионина + цистеина — 121; треонина — 93; суммы фенилаланина и тирозина – 101 и валина — 98 % [1].

Определение аминокислотного профиля современных пищевых белков является ключевым для оценки их биологической ценности, в первую очередь, их способности поставлять организму незаменимые аминокислоты. Современные исследования убедительно показывают, что питательная ценность различных источников белка имеет решающее значение не только для покрытия базовых суточных потребностей, но и при повышенном потреблении.

Однако существующие методы оценки качества белков не в полной мере отражают весь спектр функциональных возможностей незаменимых аминокислот в процессах роста, развития и поддержания положительного азотистого баланса организма [2].

В связи с этим мы провели расчет коэффициента разбалансированности аминокислотного состава (КРАС) по формуле 1:

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

где ΔPAC – избыток сора конкретной НАК;
 n – количество НАК.

Показатель КРАС отражает степень отклонения профиля НАК от физиологически оптимального равновесия. Его расчет основан на усредненном значении превышения АС каждой из НАК над минимальным уровнем АС, определяемым по формуле 2:

$$\Delta PAC = Ci - Cmin \quad (2)$$

где Ci – аминокислотный скор (АС) учитываемой НАК;
 $Cmin$ – минимальный АС НАК исследуемого белка, %.

В таблице 6 представлены итоги сопоставления аминокислотных показателей НАК с установленным лимитным значением (84,7 %).

Таблица 6 – Избыток аминокислотных скоров НАК в сравнении с лимитом

Незаменимые аминокислоты	АС, %		Разность с лимитом, %
	факт	лимит	
Изолейцин	123,2	84,7	38,5
Лейцин	137,7	84,7	53,0
Лизин	122,9	84,7	38,2
Метионин + цистеин	84,7	84,7	0
Фенилаланин + тирозин	189,0	84,7	104,3
Треонин	222,0	84,7	137,3
Валин	118,7	84,7	34,0
ΣΔРАС	-	-	405,3

Суммарное значение ΔРАС, согласно приведенным данным, составило 405,3 %. Таким образом, согласно формуле 1, коэффициент несбалансированности аминокислотного состава белка моховиков зеленых будет равен:

$$\text{КРАС} = 405,3 : 9 = 45,0 \text{ \%}.$$

Биологическая ценность (БЦ) служит фундаментальным критерием оценки качества пищевого белка, отражая степень его абсорбции и интеграции в эндогенные белковые и аминокислотные пулы. Высокие значения БЦ свидетельствуют о высокой конверсии экзогенного белка.

Исходя из этого, биологическая ценность белка в исследованных плодовых телах моховиков, была определена нами согласно формуле 3:

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

$$\text{БЦ моховиков} = 100 - 45,0 = 55,0 \text{ \%}$$

Это свидетельствует о том, что белок моховиков зеленых обладает средней питательной ценностью. Для наглядности, по данным Е. В. Царгородцевой, биологическая ценность говяжьего белка гораздо выше – около 80 %; соевый изолят имеет показатель 65,5, а молочный белок – 54,6 % [13].

Показатель сопоставимой избыточности рассчитывали по формуле 4:

$$\sigma = \sum_{j=1}^n (A_j - C_{\min} \cdot A_{jэ}), \quad (4)$$

где σ – коэффициент сопоставимой избыточности, г/100 г белка;

A_j – массовая доля j -й НАК в исследуемом белке, г/100 г белка;

$C_{\min}$ – минимальный скор среди всех НАК (в долях единицы);

$A_{jэ}$ – массовая доля j -й НАК в эталонном белке, г/100 г белка;

n – количество НАК.

Чем ниже значение данного показателя, тем эффективнее организм усваивает белок. В идеальном случае, когда $\sigma = 0$, все НАК находятся в оптимально сбалансированном состоянии и полностью утилизируются.

Показатель сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот отражает суммарную массу НАК, которые не могут быть задействованы в анаболических процессах из-за несбалансированности аминокислотного профиля в исследуемом белке. Эта величина определяется в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое по содержанию потенциально утилизируемых НАК эквивалентно их количеству в 100 г эталонного белка.

Расчет коэффициента сопоставимой избыточности НАК белка моховиков приведен в таблице 7. Анализ полученных данных позволяет констатировать, что показатель сопоставимой избыточности НАК находится на относительно низком уровне.

Таблица 7 – Расчет коэффициента сопоставимой избыточности НАК

НАК	C _{min} , ед.	A _ж , г/100 г белка	C _{min} × A _ж	A _ж - (C _{min} × A _ж), г/100 г белка
Изолейцин	0,847	30	25,41	4,59
Лейцин	0,847	61	51,67	9,33
Лизин	0,847	48	40,66	7,34
Метионин + цистеин	0,847	23	19,48	3,52
Фенилаланин + тирозин	0,847	41	34,73	6,27
Треонин	0,847	25	21,17	3,83
Валин	0,847	40	33,88	6,12
σ	-	-	-	41,00

Выводы:

1. Статистическая обработка результатов исследования не подтвердила существенного превосходства шляпок моховиков над их плодоножками в отношении содержания НАК и ЗАК.

2. Исследование аминокислотного профиля зеленых моховиков выявило их значительный питательный потенциал, обусловленный высоким содержанием незаменимых аминокислот. В частности, доля незаменимых аминокислот по отношению к заменимым составила 69,3 % в шляпках, 58,1% – в плодоножках и 63,5 % – в среднем, что превышает нормы ФАО/ВОЗ (2011).

3. Среди всех незаменимых аминокислот цистеин оказался лимитирующей: его среднее содержание составило 6 мг на 100 г СВ и 7,5 мг на 1 г белка, а уровень лейцина оказался наибольшим: в плодовых телах моховиков его содержание в среднем составило 69 мг на 100 г СВ и 84 мг на 1 г белка.

4. Анализ показал, что наибольшие средние значения АС отмечены у треонина, комбинации фенилаланина с тирозином и у лейцина – 222, 189 и

137,7 % – соответственно. Наименьшие средние значения скоров зафиксированы у метионина в сочетании с цистеином (84,7 %) и валина (118,7 %).

5. Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава составил 45 %, что характеризует среднее значение данного показателя. Биологическая ценность белка зеленых моховиков также характеризуется средним значением (55 %).

6. Показатель сопоставимой избыточности НАК находится на сравнительно низком уровне, что указывает на значительную биологическую ценность белка, содержащегося в зеленых моховиках.

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что моховики зеленые являются хорошим источником полноценного белка в рационах питания людей.

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. Баюров Л.И. Шампиньоны и их полезные качества / Л. И. Баюров, С. Н. Дмитриенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 213. – С. 1-19.
3. Гриб моховик: описание разновидностей и особенности приготовления [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dachadecor.ru/gribi/grib-mochovik-opisanie-raznovidnostey-i-osobennosti-prigotovleniya> (дата обращения 17.03.2026).
4. Жук Ю.Т. Консервирование и хранение грибов (биохимические основы) / Ю. Т. Жук. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 144 с.
5. Зубаирова Л.А. Технология мяса и мясных продуктов в 2-х частях (Часть II) : учеб. пособие / Л. А. Зубаирова, Р. С. Исхаков. – Уфа : БашГАУ, 2017. – 120 с.
6. Лисицын А.Б. Химический состав мяса: справочные таблицы общего химического, аминокислотного, жирнокислотного, витаминного, макро- и микроэлементного составов и пищевой (энергетической и биологической) ценности мяса : справочник / А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, Т. Г. Кузнецова [и др.] – М. : ВНИИМП, 2011. – 104 с.
7. Общая характеристика соевого изолята [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.infomeat.ru/sprav_tmp/spr_pre.php?select=5&ref=171 (дата обращения 06.04.2026).
8. Рудаков О.Б. Аминокислотный анализ белков мяса / О. Б. Рудаков, Л. В. Рудакова // Мясные технологии. – 2020. – № 2. – С. 29-35.
9. Рудаков О.Б. Аминокислотный состав соевого белка / О. Б. Рудаков, Л. В. Рудакова // Мясные технологии. – 2020. – № 4. – С. 28-31.
10. Соевый протеиновый изолят. Химический состав и пищевая ценность. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/18457.php (дата обращения 06.04.2026).

11. 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. Волгарёва. – М. : Агропромиздат, 1987. – 360 с.

12. Цапалова И.Э. Дикорастущие съедобные грибы как источник белковых веществ / И. Э. Цапалова, В. И. Бакайтис // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2004. – № 1. – С. 64.

13. Царегородцева Е.В. Качество белковой составляющей животных и растительных белков / Е. В. Царегородцева // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2018. – № 20. – С. 192.

14. Arora D (1986). Mushrooms Demystified: A Comprehensive Guide to the Fleshy Fungi (2nd ed.). Berkeley, California: Ten Speed Press. pp. 517-518.

15. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013. – Mode of access: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>. – Date of access: 31.03.2026.

16. ECD-FAO Agricultural outlook 2017–2026. – Paris: OECD Publishing, 2017. – 144 p., doi.org/10.1787/19991142.

17. Nuhn ME, Binder M, Taylor AF, et al. (2013). Phylogenetic overview of the *Boletineae*. Fungal Biology. 117 (7–8): 479-511. doi:10.1016/j.funbio.2013.04.008.

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 с.

2. Bayurov L.I. SHampin'onny i ih poleznye kachestva / L. I. Bayurov, S. N. Dmitrienko // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2025. – № 213. – S. 1-19.

3. Grib mohovik: opisanie raznovidnostej i osobennosti prigotovleniya [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://dachadecor.ru/gribi/grib-mochovik-opisanie-raznovidnostej-i-osobennosti-prigotovleniya> (data obrashcheniya 17.03.2026).

4. ZHuk YU.T. Konservirovanie i hranenie gribov (biohimicheskie osnovy) / YU. T. ZHuk. – М. : Legkaya i pishhevaya promyshlennost', 1982. – 144 s.

5. Zubairova L.A. Tekhnologiya myasa i myasnyh produktov v 2-h chastyah (CHast' II) : ucheb. posobie / L. A. Zubairova, R. S. Iskhakov. – Ufa Bash-GAU, 2017. – 120 s.

6. Lisicyn A.B. Himicheskij sostav myasa: spravochnye tablicy obshchego himicheskogo, aminokislotnogo, zhirnokislotnogo, vitaminnogo, makro- i mikroelementnogo sostavov i pishchevoj (energeticheskoy i biologicheskoy) cennosti myasa : spravochnik / A. B. Lisicyn, I. M. CHernuha, T. G. Kuznecova [i dr.] – М. : VNIIMP, 2011. – 104 s.

7. Obshchaya harakteristika soevogo izolyata [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: https://www.infomeat.ru/sprav_tmp/spr_pre.php?select=5&ref=171 (data obrashcheniya 06.04.2026).

8. Rudakov O.B. Aminokislotnyj analiz belkov myasa / O. B. Rudakov, L. V. Rudakova // Myasnye tekhnologii. – 2020. – № 2. – S. 29-35.

9. Rudakov O.B. Aminokislotnyj sostav soevogo belka / O. B. Rudakov, L. V. Rudakova // Myasnye tekhnologii. – 2020. – № 4. – S. 28-31.

10. Soevyj proteinovyj izolyat. Himicheskij sostav i pishhevaya cennost'. [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/18457.php (data obrashcheniya 06.04.2026).

11. Himicheskij sostav pishchevyh produktov. Kn.2. Spravochnye tablicy soderzhaniya aminokislot, vitaminov, makro-mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov / pod red. I. M. Skurikhina i M. N. Volgareva. – М. : Агропромиздат, 1987. – 360 с.

12. Capalova I.E. Dikorastushchie s"edobnye griby kak istochnik belkovyh veshchestv / I. E. Capalova, V. I. Bakajtis // Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya. – 2004. – № 1. – S. 64.
13. Caregorodceva E.V. Kachestvo belkovoj sostavlyayushchej zhivotnyh i rastitel'nyh belkov / E. V. Caregorodceva // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkci sel'skogo hozyajstva. – 2018. – № 20. – S. 192.
14. Arora D (1986). Mushrooms Demystified: A Comprehensive Guide to the Fleshy Fungi (2nd ed.). Berkeley, California: Ten Speed Press. pp. 517-518.
15. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2013. – Mode of access: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>. – Date of access: 31.03.2026.
16. ECD-FAO Agricultural outlook 2017–2026. – Paris: OECD Publishing, 2017. – 144 p., doi.org/10.1787/19991142.
17. Nuhn ME, Binder M, Taylor AF, et al. (2013). Phylogenetic overview of the *Boletineae*. Fungal Biology. 117 (7–8): 479-511. [doi:10.1016/j.funbio.2013.04.008](https://doi.org/10.1016/j.funbio.2013.04.008).