

УДК 635.89

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

### АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ МАСЛЕНКА ОБЫКНОВЕННОГО (*SUILLUS LUTEUS*)

Баюров Леонид Иванович

к. с.-х. н., доцент

SPIN-код: 3777-5470, AuthorID: 270952

Тел.: +7(918)413-51-86

E-mail: [leo56@mail.ru](mailto:leo56@mail.ru)

Дмитриенко Станислав Николаевич

к.б.н., ведущий специалист

SPIN-код: 2175-0529, AuthorID: 675058

Тел.: +7(918)676-49-95

E-mail: [stas47@mail.ru](mailto:stas47@mail.ru)

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

Экологический след, оставляемый производством белка животного происхождения, является весьма значительным, что объясняется серьезными негативными воздействиями на экосистемы. Несмотря на признанные высокие качественные характеристики животного белка, наблюдается глобальная тенденция к снижению его потребления, достигаемая, в том числе, путем интеграции растительных источников белка в рацион. Значение грибов в современной диетологии и фармакологии неуклонно возрастает. Их пищевая ценность определяется не только органолептическими характеристиками, такими как текстура и выраженный вкус, но и высоким содержанием белков и аминокислот при низкой энергетической ценности. Аминокислотный профиль, являющийся фундаментальным показателем питательной ценности продуктов, в том числе и грибов, свидетельствует об их высокой биологической значимости. Отдельные аминокислоты также вносят вклад в формирование характерного, привлекательного вкуса грибов. Помимо своей роли в качестве мономеров белков, альфа-аминокислоты выполняют в организме человека функции энергетических субстратов и прекурсоров для синтеза широкого спектра биологически активных азотсодержащих соединений, включая гем, глутатион, различные гормоны, нуклеотиды, нейромедиаторы и алкалоиды. В настоящей статье представлен углубленный анализ аминокислотного состава маслят обыкновенных (*Suillus luteus*), выполненный с использованием передовых аналитических методов, включая высокоэффективную жидкостную хроматографию и биометрическую обработку статистических данных. Расчеты аминокислотных индексов

UDC 635.89

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

### AMINO ACID COMPOSITION AND BIOLOGICAL VALUE OF YELLOW BOLETUS (*SUILLUS LUTEUS*)

Bayurov Leonid Ivanovich

Cand.Agr.Sci., associate Professor

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

Tel.: +7(918)413-51-86

E-mail: [leo56@mail.ru](mailto:leo56@mail.ru)

Dmitrienko Stanislav Nikolaevich

Cand.Biol.Sci., leading specialist

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

Tel.: +7(918)676-49-95

E-mail: [stas47@mail.ru](mailto:stas47@mail.ru)

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

The environmental footprint of animal protein production is significant due to its negative impact on ecosystems. Despite the recognized high quality of animal proteins, there is a global trend towards reducing their consumption, including through the introduction of plant-based proteins into the diet. The importance of mushrooms in modern nutrition is steadily increasing. Their nutritional value is determined not only by organoleptic characteristics, such as texture and pronounced taste, but also by the high content of proteins and amino acids at low energy value. The amino acid profile, which is a fundamental indicator of the nutritional value of foods, including mushrooms, indicates their high biological significance. Individual amino acids also contribute to the characteristic, attractive taste of mushrooms. In addition to their role as protein monomers, alpha amino acids function as energy substrates and precursors in the human body to synthesize a wide range of biologically active nitrogen-containing compounds, including heme, glutathione, various hormones, nucleotides, neurotransmitters, and alkaloids. This article presents an in-depth analysis of the amino acid composition of common oil (*Suillus luteus*) using advanced analytical methods, including high-performance liquid chromatography and biometric statistical processing. Amino acid indices were calculated in accordance with current FAO/WHO recommendations (2011). The results of the study showed that butterflies have a high nutritional value due to the presence of a full-fledged protein, which includes all essential amino acids. Thus, the ratio of essential amino acids to non-essential amino acids was 57.1%, which

проводились в соответствии с актуальными рекомендациями ФАО/ВОЗ (2011). Результаты проведенного исследования показали, что маслята обладают высокой пищевой ценностью благодаря наличию полноценного белка, включающего все незаменимые аминокислоты. Так, соотношение незаменимых аминокислот к заменимым составило 57,1 %, что соответствует эталонному значению ФАО/ВОЗ (56 %)

corresponds to the FAO/WHO reference value (56%)

Ключевые слова: СЪЕДОБНЫЕ ГРИБЫ, МАСЛЕНОК ОБЫКНОВЕННЫЙ, БЕЛКИ, АМИНОКИСЛОТЫ, АМИНОКИСЛОТНЫЕ ИНДЕКСЫ И СКОРЫ

Keywords: EDIBLE FRUITS, OYSTER, PROTEINS, AMINO ACIDS, AMINO ACID INDEXES, AND SCORES

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-219-002>

**Введение.** Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО, FAO) прогнозирует, что в ближайшие годы при общей годовой потребности в 450 млн тонн мировой дефицит пищевого белка достигнет 18–20 млн тонн. Эта проблема усугубляется ростом населения планеты, что особенно остро ощущается в развивающихся странах экваториального и тропического поясов нашей планеты [14].

По статистике ВОЗ, в различных регионах мира от голода страдает треть населения. Проблема нехватки белка актуальна и для России: по оценкам специалистов, ежегодный дефицит этого нутриента в рационе россиян достигает более 1 млн тонн [4].

Белок – существенная часть сухого вещества грибов, содержащая более половины общего азота. В грибах свободные аминокислоты являются ключевыми компонентами функционально значимых соединений, которые в значительной степени определяют белковую полноценность и специфический вкус грибов.

По мнению Л. И. Баюрова и С. Н. Дмитриенко, биологическая роль аминокислот не ограничивается их функцией как строительных элементов белков: важное значение имеют и продукты их диссимиляции. Эти метаболиты играют ключевую роль в регуляции экспрессии генов, что, в свою очередь, существенно влияет на метаболические процессы в клетках раз-

<http://ej.kubagro.ru/2026/05/pdf/02.pdf>

личных тканей и органов. Следует также помнить, что в метаболизме аминокислот активно участвует и микробиота толстого кишечника [2].

Глобальное биоразнообразие маслят оценивается в диапазоне от 50 до 100 видов [16]. На территории Российской Федерации зафиксировано приблизительно 25 таксонов данного рода.

Масленок обыкновенный (*Suillus luteus*), также известный под названиями желтый, поздний, осенний или настоящий относится к роду шляпочных грибов. Принадлежит к семейству Маслёнковых (*Suillaceae*) отдела Базидиомицеты (*Basidiomycetes*) порядка Болетовые (*Boletales*).



Рисунок 1 – Масленок обыкновенный (*Suillus luteus*)

Свое русское наименование гриб получил благодаря двум отличительным признакам. Во-первых, его шляпка покрыта характерной слизистой пленкой, которая при прикосновении создает ощущение маслянистости. Во-вторых, мякоть гриба имеет нежный светло-желтый оттенок, напоминающий цвет сливочного масла. Шляпка у гриба коричневая, выпуклой формы диаметром от 4 до 12 см.

Ножка, имеющая цилиндрическую форму, характеризуется диаметром 2–3 см и высотой 5–10 см. Ее окраска варьируется от бледно-

соломенно-желтой до более темных оттенков. Гименофор представлен бледно-желтыми трубочками, у молодых особей наблюдается кольцо. Отличительной чертой данного вида, выделяющей его от других, является наличие перепончатого кольца на ножке, нижняя сторона которого у созревшего гриба приобретает коричневато-лиловую окраску (рисунок 2).



Рисунок 2 – Внешний вид кольца и гименофора маслят

По данным И. М. Скурихина и В. А. Тутельяна, в 100 г свежих маслят содержится 83,5 г влаги; 10 ккал обменной энергии; 2,4 г – белков; 0,7 г – жиров; 0,5 г – углеводов и 1,2 г – клетчатки [11]. Как указывают И. Э. Цапалова и В. И. Бакайтис, белки на 43 % представлены альбуминами и глобулинами, на 6,7 % – проламинами и на 3,5 % – глютелинами [9].

Питательная ценность пищевых продуктов может быть надежно оценена по их аминокислотному составу, играющему центральную роль в формировании функционально незаменимых соединений, присутствующих в грибах.

В связи с отсутствием в доступных источниках сведений об аминокислотном составе маслят, произрастающих в Краснодарском крае, возникла необходимость провести исследование с целью определения их

аминокислотного профиля и оценки биологической полноценности. Для этого были определены следующие задачи: 1) осуществить аминокислотный анализ шляпок и плодоножек маслят обыкновенных; 2) вычислить их аминокислотные индексы и скоры и сравнить их с нормативами ФАО/ВОЗ [15]; 3) сделать соответствующие выводы.

**Материалом исследования** явились свежие грибы маслята обыкновенные, собранные в конце октября 2025 г. в сухую облачную погоду при температуре +10...+12 °С в окрестностях ст. Крепостной Северского района Краснодарского края. Общая масса собранных образцов составила около 2,5 кг (рисунок 3).



Рисунок 3 – Собранные плодовые тела маслят обыкновенных

Для проведения аминокислотного анализа было подготовлено 9 образцов маслят, которые включали по три плодовых тела трех фракций: мелкие (10–12 г), средние (25–30 г) и крупные (50–60 г). Исходная влажность образцов шляпок маслят составила 88,7 %, а их плодоножек – 89,1 %. Первичная обработка состояла из очистки, промывки, измельчения и вакуумной сушки в термостате (при +40 ... +45 °С) до постоянной массы.

**Методы и методика исследования.** Процесс химического анализа включал отбор и подготовку навесок из шляпок и ножек плодовых тел указанных грибов. В ходе исследования были подготовлены по три навески высушенного мицелиального материала для проведения гидролиза. Средняя масса образцов шляпок составила 2,933 г, а плодоножек – 3,117 г.

Для последующего гидролитического анализа были подготовлены образцы маслят. Из каждой фракции – шляпок и плодоножек – отобрали по три пробы, каждая массой 1 г. Затем их подвергли предварительному точному гидролизу в термостате при температуре 110 °С.

В качестве гидролизующего агента применялся полуразбавленный раствор соляной кислоты с концентрацией 10–30 %, удельной плотностью 1,1 ... 1,15 г/см<sup>3</sup> и рН = 1,2.

Количественное определение содержания аминокислот осуществлялось на аминокислотном анализаторе АКА-1000 (Sevko & Co, Россия) с помощью ионообменной хроматографии, дополненной постколоночной дериватизацией нингидрином.

Высокая чувствительность нингидриновой реакции является идеальной для автоматических аминокислотных анализаторов, в которых аминокислоты сначала разделяются на катионообменной колонке, проходя через нее с индивидуальной скоростью.

Затем выходящий раствор автоматически смешивается с нингидрином, образуя окрашенный продукт, который регистрируется спектрофотометром. Оптимальное разделение аминокислот на колонке достигается путем регулировки градиента рН и ионной силы, контролируемой программным обеспечением Microsoft Clarity. Каждая из трех проб (отдельно для шляпок и плодоножек) была исследована в трех повторностях.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Для последующего анализа экспериментальных данных была применена биометрическая обработка на базе программы Microsoft Office Excel 2019 (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание общих, заменимых и незаменимых аминокислот в плодовых телах маслят обыкновенных,  $M \pm m$

Аминокислоты	Шляпки		Плодоножки		В среднем	
	мг/100 г сухого вещества	мг/г белка	мг/100 г сухого вещества	мг/г белка	мг/100 г сухого вещества	мг/г белка
<i>Незаменимые аминокислоты (НАК)</i>						
Изолейцин	48±6,5	52±5,4	11±0,8	31±4,4	29±3,6	41±5,0
Лейцин	80±11,0	86±10,6	30±5,4	85±7,5	55±8,2	85±9,0
Лизин	55±6,8	59±6,6	21±3,7	60±6,1	38±5,2	59±6,4
Метионин	12±2,1	13±1,2	3±0,4	9±1,4	7±1,2	11±1,3
Цистеин	7±0,8	8±0,9	2±0,1	6±0,7	5±0,4	7±0,8
Фенилаланин	42±5,2	45±5,3	11±0,9	31±3,4	26±11,3	38±4,3
Тирозин	25±2,9	27±3,9	8±0,9	23±4,6	16±1,9	25±4,2
Треонин	53±4,8	57±6,5	17±2,9	48±5,2	35±3,9	52±5,8
Валин	46±6,3	50±6,1	12±1,3	34±3,4	29±3,8	42±4,7
<b>Сумма НАК</b>	<b>368±28,2</b>	<b>397±22,3</b>	<b>115±11,0</b>	<b>327±16,7</b>	<b>240±16,8</b>	<b>364±19,5</b>
<i>Заменимые аминокислоты (ЗАК)</i>						
Аспарагин	85±5,3	92±10,6	28±4,8	80±10,0	56±5,0	86±5,1
Глутамин	117±9,5	126±11,6	37±8,1	105±9,9	77±8,8	115±8,7
Серин	61±7,6	66±9,2	21±3,5	60±5,0	41±5,5	63±7,2
Гистидин	105±11,8	113±14,6	97±9,2	276±17,8	101±10,5	194±16,2
Глицин	43±5,0	46±6,0	14±1,9	40±5,3	28±3,4	43±5,7
Аргинин	60±7,4	65±5,2	15±1,9	43±3,4	37±4,6	54±4,3
Аланин	47±7,2	51±7,9	14±2,8	40±4,8	30±5,0	45±6,3
Пролин	41±4,7	44±3,9	11±1,1	31±5,2	26±2,9	37±4,5
<b>Сумма ЗАК</b>	<b>619±61,2</b>	<b>603±32,9</b>	<b>237±17,2</b>	<b>675±48,3</b>	<b>396±31,5</b>	<b>637±40,6</b>
<b>Общая сумма аминокислот</b>	<b>987±70,3</b>	<b>1000±70,4</b>	<b>352±22,2</b>	<b>1002±70,0</b>	<b>636±46,2</b>	<b>1001±70,2</b>

Используя значения критериев достоверности Стьюдента для независимых выборок, были вычислены критерии достоверности разности ( $t_d$ ) и соответствующие им уровни вероятности (P) для  $v=5$  (таблица 2).

Целью данных расчетов являлась количественная оценка статистической значимости различий в концентрации как общих, так и незаменимых

(НАК) и заменимых аминокислот (НАК), содержащихся в различных биосегментах плодовых тел грибов маслят обыкновенных (*Suillus luteus*).

Таблица 2 – Значения критерия Стьюдента для разных уровней вероятности

Число степеней свободы, $\nu$	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
<b>5</b>	<b>2,01</b>	<b>2,57</b>	<b>3,36</b>	<b>4,03</b>	<b>5,89</b>	<b>6,87</b>

Эмпирические данные статистической значимости различий представлены в таблице 3.

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

Аминокислоты	$t_d$		P	
	мг/100 г СВ	мг/г белка	мг/100 г СВ	мг/г белка
1	2	3	4	5
Изолейцин	5,65	3,01	>0,99	>0,95
Лейцин	4,08	3,85	>0,99	>0,98
Лизин	4,00	3,45	>0,98	>0,98
Метионин	4,21	1,63	>0,99	<0,95
Цистеин	6,17	1,55	>0,998	<0,95
Фенилаланин	5,87	4,92	>0,99	>0,99
Тирозин	2,12	0,66	<0,95	<0,95
Треонин	6,42	0,60	>0,998	<0,95
Валин	5,29	4,87	>0,99	>0,99
<b>Сумма НАК</b>	<b>4,87</b>	<b>2,73</b>	<b>&gt;0,99</b>	<b>&gt;0,95</b>

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
Аспарагин	7,97	0,82	>0,999	<0,95
Глутамин	6,41	1,38	>0,998	<0,95
Серин	4,78	0,57	>0,99	<0,95
Гистидин	0,53	7,08	<0,95	>0,999
Глицин	5,42	0,75	>0,99	<0,95
Аргинин	5,89	3,54	0,998	<0,95
Аланин	4,27	1,19	>0,99	<0,95
Пролин	6,21	2,00	>0,998	<0,95
<b>Сумма ЗАК</b>	<b>5,18</b>	<b>2,17</b>	<b>&gt;0,99</b>	<b>&gt;0,95</b>
<b>Общая сумма АК</b>	<b>5,02</b>	<b>2,45</b>	<b>&gt;0,99</b>	<b>&gt;0,95</b>

По данным И. Э. Цапаловой и В. И. Бакайтис [9], лимитирующей аминокислотой в маслятах является изолейцин, а преобладающими – фенилаланин и лизин. В свою очередь, по данным Ю. Т. Жука, среди НАК лимитирующей в маслятах являлся метионин (2,14 г/100 г белка), а преобладающей – лизин с концентрацией около 5 г/100 г белка. Преобладающей среди ЗАК являлся глутамин (11,2 г), а лимитирующей – гистидин (3,5 г/100 г белка).

Кроме того, содержание большинства аминокислот в маслятах меньше, чем в подберезовиках, подосиновиках и моховиках. Исключение составляют валин, фенилаланин и лейцин. При этом доля НАК в маслятах достигает 25 % от их общей суммы [3].

Результаты нашего исследования показали, что удельный вес НАК составил 36,1 %. Анализ показал, что шляпки маслят содержат существенно больше аминокислот по сравнению с их плодоножками. В частности, на 100 г СВ в шляпках было 987 мг аминокислот, тогда как в плодоножках – только лишь 352 мг.

Эта разность явилась статистически высоко значимой ( $td = 5,02$  при  $P > 0,99$ ). Аналогичная тенденция прослеживается и для НАК, содержание которых в шляпках маслят превосходило плодоножки на 253 мг/100 г СВ, что также подтверждается высокой статистической достоверностью ( $td=4,87$ ;  $P > 0,99$ ).

При анализе содержания аминокислот в расчете на единицу белка, общая сумма аминокислот в плодоножках оказалась в среднем статистически достоверно выше ( $td = 2,45$ ;  $P > 0,95$ ), чем в шляпках. Однако содержание НАК на 1 г белка было статистически достоверно выше ( $td = 2,73$ ;  $P > 0,99$ ) выше в шляпках (397 мг).

Лейцин оказался самой распространенной НАК, достигнув 55 мг/100 г СВ и 85 мг/г белка. Метионин характеризовался низким содержанием в обеих частях гриба (12 и 3 мг/100 г СВ; 13 и 9 мг/г белка).

Минимальным средним уровнем среди всех НАК характеризовался цистеин: 5 мг/100 г СВ и 7 мг/г белка. Среди заменимых аминокислот (ЗАК), наименее представленным был пролин (в среднем 26 мг/100 г СВ и 37 мг/г белка), а наиболее представленным – гистидин (101/100 г СВ и 194 мг/г белка).

Как указывают В. П. Агафоновичев и В. Н. Махонина, в сравнении с белком женского молока, аминокислотный профиль растительных белков демонстрирует существенные недостатки выраженный дефицит практически по всем незаменимым аминокислотам (за исключением фенилаланина), особенно по лизину (29–35 %), валину (40–54%) и метионину (52–65 %). В то же время белки рыбы и говядины характеризуются недостатком валина (60–62 %), изолейцина (59–79 %), триптофана (42–63 %) и фенилаланина (76–81%), хотя они богаче лизином и метионином [1]. Естественно, что соя и мясные продукты содержат большее количество отдельных НАК, чем грибы. Для сравнения приведем их среднее содержание с учетом

опубликованных данных рядом отечественных исследователей [4, 7, 8] (таблица 4).

Таблица 4 – Среднее содержание НАК в различных продуктах, мг/100 г белка

Аминокислоты	Соевый изолят	Говядина	Баранина	Свинина	Конина	Курытина	Печень говяжья	Колбаса вареная «Докторская»	Колбаса сыро-копченая
Валин	7,00	5,30	4,40	5,50	5,10	4,80	6,50	5,20	5,50
Лейцин	8,25	7,56	8,05	7,50	7,60	7,70	8,20	7,10	7,60
Изолейцин	5,50	3,84	6,45	4,70	4,10	3,80	5,30	4,20	4,50
Фенилаланин	6,05	4,17	4,28	3,90	4,30	4,00	5,70	3,90	3,90
Тирозин	3,55	3,99	3,41	5,90	3,65	6,41	2,27	3,73	3,95
Метионин	1,95	2,37	2,71	2,30	2,42	2,50	2,90	2,70	3,00
Цистеин	0,85	2,05	2,02	2,35	2,95	6,41	2,25	3,43	3,65
Лизин	4,55	7,03	8,71	7,90	8,90	8,70	7,90	7,30	8,40
Гистидин	5,55	5,27	3,15	6,72	1,55	4,86	4,30	3,18	4,00
Треонин	3,35	4,45	4,26	4,70	4,70	4,80	1,870	4,10	4,20

По данным А. В. Мелещеня с коллегами, оценка аминокислотного состава телятины и индейки показала, что их питательная ценность ограничена содержанием метионина и цистина. В то же время, для мяса цыплят-бройлеров и страусов лимитирующим фактором является содержание валина. В отличие от этого, крольчатина, говядина и свинина характеризуются полным спектром НАК, превышающим 100 % от рекомендуемых норм [5].

Признано, что ключевым фактором, определяющим качество белка, является сбалансированность его аминокислотного профиля. Учитывая это обстоятельство, мы провели анализ данного параметра в грибах-маслятах.

Для этого в изученных образцах, были рассчитаны аминокислотные индексы, значения которых приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Аминокислотные индексы плодовых тел маслят обыкновенных

Вид гриба	Содержание аминокислот, мг/г белка			Соотношение, %	
	в среднем	незаменимых (НАК)	заменимых (ЗАК)	НАК/ЗАК	НАК/сумма АК
Масленок обыкновенный	1001 ± 70,2	364 ± 19,5	637 ± 40,6	57,1	36,4

Результаты анализа образцов плодовых тел маслят свидетельствуют о их высоко значимой аминокислотной питательной ценности. Отмечено превышение эталонного показателя ФАО/ВОЗ: соотношение незаменимых аминокислот (НАК) к заменимым (ЗАК) составило 57,1 % против 56 % – по стандарту. Кроме того, доля НАК в общем количестве аминокислот достигла приблизительно 57 %, что в 1,6 раза выше значения, рекомендованного ФАО/ВОЗ – 36 %. Это подтверждает, что маслята являются очень ценным источником белка.

Современная система оценки аминокислотного состава призвана определить, насколько «полезен» пищевой белок в обеспечении организма незаменимыми аминокислотами. Ее ключевой принцип – это сравнение уровня незаменимых аминокислот в конкретном белке с рекомендованными нормами для человека. По мнению Л. Баюрова и С. Дмитриенко, актуальные научные данные подтверждают, что качество различных пищевых белков имеет большое значение не только для соблюдения минимальных суточных норм, но и при их потреблении в больших количествах. При этом существующие методы оценки качества белков не охватывают всего

многообразия функций НАК, выходящих за рамки их участия в росте и развитии организма для поддержания положительного азотистого баланса или равновесия [2].

Оценка биологической ценности белков с помощью химических подходов базируется на взаимосвязи между физиологическими функциями организма и доступностью незаменимых аминокислот. Наиболее распространенным является метод, предложенный Х. Митчеллом и Р. Блоком [13], который позволяет определить аминокислотный скор. Аминокислота, демонстрирующая минимальное значение данного показателя, идентифицируется как первая лимитирующая аминокислота.

В связи с этим, мы провели расчет аминокислотных скоров (АС) для различных компонентов плодовых тел маслят обыкновенных, сравнив полученные значения с рекомендованными стандартами ФАО/ВОЗ (2011) [15], представленными в таблице 6.

Таблица 6 – Аминокислотные скоры (АС) плодовых частей маслят, %

НАК	Эталон ФАО/ВОЗ, мг/г белка	Шляпки		Плодоножки		Средний АС, %
		мг/г белка	АС, %	мг/г белка	АС, %	
Изолейцин	30	54	180,0	31	103,3	141,6
Лейцин	61	86	141,0	85	139,3	140,1
Лизин	48	59	122,9	60	101,7	112,3
Метионин + цистеин	23	21	91,3	15	65,2	78,2
Фенилаланин + тирозин	41	72	175,6	54	131,7	153,6
Треонин	25	57	228,0	48	192,0	210,0
Валин	40	50	125,0	34	85,0	105,0
<b>Итого:</b>	<b>268</b>	<b>399</b>	<b>148,9</b>	<b>327</b>	<b>122,0</b>	<b>135,4</b>

Наивысшие средние значения АС были отмечены для треонина (210%) и суммарного содержания фенилаланина и тирозина (153,6%). Напротив, минимальные средние значения АС были зафиксированы для комбинации метионина и цистеина (78,2 %) и валина (105 %).

Для сравнения приведем данные, полученные И. Э. Цапаловой и В. И. Бакайтис [9]. Так, по лизину АС составил 90 %; метионину + цистеину – 100; фенилаланину + тирозину – 129; треонину – 116 и валину – 118 %.

Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава (КРАС) был рассчитан по формуле 1:

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

где  $\Delta PАС$  – избыток сора конкретной НАК;  
 $n$  – количество НАК.

КРАС служит индикатором того, насколько профиль НАК отклоняется от физиологически идеального баланса. Он вычисляется как среднее значение превышения АС каждой из НАК над минимальным АС согласно формуле 2:

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

где  $C_i$  – аминокислотный скор (АС) учитываемой НАК;  
 $C_{min}$  – минимальный АС НАК исследуемого белка, %.

Таблица 7 – Избыток аминокислотных скоров НАК в сравнении с лимитом

Незаменимые аминокислоты	АС, %		Разность с лимитом, %
	факт	лимит	
1	2	3	4
Изолейцин	141,6	78,2	63,4
Лейцин	140,1	78,2	61,9
Лизин	112,3	78,2	34,1
Метионин + цистеин	78,2	78,2	0
Фенилаланин + тирозин	153,6	78,2	75,4
Треонин	210,0	78,2	131,8
Валин	105,0	78,2	26,8
<b>ΣΔРАС</b>	-	-	<b>393,4</b>

Результаты оценки расхождений аминокислотных скоров НАК с лимитным значением (78,2 %) приведены в таблице 7. Как видно из приведенных данных, суммарное значение ΔРАС составило 393,4 %.

Следовательно, согласно формуле 1, коэффициент разбалансированности аминокислотного состава белка маслят обыкновенных будет равен:

$$\text{КРАС} = 393,4 : 9 = 43,7 \text{ \%}.$$

Биологическая ценность (БЦ) является ключевым индикатором качества диетического белка, характеризующим эффективность его усвоения и включения в эндогенные белковые структуры.

Высокий уровень БЦ указывает на оптимальную трансформацию экзогенного пищевого белка. С учетом этого, биологическая ценность белка, содержащегося в исследованных плодовых телах маслят, была рассчитана согласно формуле 3:

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

$$\text{БЦ маслят} = 100 - 43,7 = 56,3 \text{ \%}$$

Это свидетельствует о среднем уровне БЦ, так как при потреблении маслят организм человека не сможет использовать около 44 % белкового азота. В то же время, по данным Е. В. Царегородцевой, биологическая ценность говяжьего белка достигает почти 80 %, соевого изолята – 65,5, а у молочного белка – 54,6 % [10].

Показатель сопоставимой избыточности рассчитывают по формуле 4:

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

где  $\sigma$  – 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.

При этом чем меньше этот показатель, тем лучше используется белок организмом человека, и, соответственно, для идеального белка при  $\sigma = 0$ , все НАК сбалансированы и утилизируются на 100 %. Для сравнения укажем, что соевый белок обладает полным набором из 16 аминокислот, включая все незаменимые. Его аминокислотный профиль соответствует стандартам ФАО/ВОЗ и отличается высокой усвояемостью [14, 15].

Расчет сопоставимой избыточности НАК белка маслят обыкновенных приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет коэффициента сопоставимой избыточности НАК

НАК	C <sub>min</sub> , ед.	A <sub>ж</sub> , г/100 г белка	C <sub>min</sub> × A <sub>ж</sub>	A <sub>ж</sub> - (C <sub>min</sub> × A <sub>ж</sub> ), г/100 г белка
1	2	3	4	5
Изолейцин	0,782	30	23,46	6,54
Лейцин	0,782	61	47,70	13,30
Лизин	0,782	48	37,54	10,46
Метионин + цистеин	0,782	23	17,99	5,01
Фенилаланин + тирозин	0,782	41	32,06	8,94
Треонин	0,782	25	19,55	5,45
Валин	0,782	40	31,28	8,72
<b>Σ</b>	-	-	-	<b>28,12</b>

С учетом полученного результата, можно заключить, что коэффициент сопоставимой избыточности НАК имеет сравнительно невысокое значение, что является положительным фактором, характеризующим биологическое качество белка маслят.

#### **Выводы:**

1. Результаты проведенного исследования показали, что общее содержание аминокислот с учетом входящих в их состав НАК и ЗАК в изученных грибах-маслятах было значительным, и что они могут быть важными компонентами пищевого рациона людей с учетом высокой биологической полноценности их протеина. При этом шляпки грибов содержат значительно большую сумму аминокислот, чем плодоножки.

2. Среди незаменимых аминокислот, цистеин оказался лимитирующим фактором, его средние показатели составляли 5 мг/100 г СВ и 7 мг/г белка. Лейцин же, напротив, был обнаружен в наибольшей концентрации: 55 мг/100 г СВ и 85 мг/г белка.

3. Маслята продемонстрировали высокие показатели по содержанию белка. Так, соотношение незаменимых аминокислот к заменимым составило 57,1 %, что выше эталонного значения ФАО/ВОЗ в 56 %.

Особенно важно то, что доля НАК в общем аминокислотном профиле достигла примерно 57%, что значительно (в 1,6 раза) превышает рекомендованные 36 %.

4. Среди всех исследованных НАК наивысшие средние значения АС были отмечены для треонина (210 %) и суммарного содержания фенилаланина и тирозина (153,6 %). Минимальные средние значения АС были зафиксированы для комбинации метионина и цистеина (78,2 %) и валина (105 %).

5. Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава составил 43,7 %, что характеризует среднее значение данного показателя.

6. Биологическая ценность белка маслят обыкновенных характеризуется средним значением (56,3 %).

7. Коэффициент сопоставимой избыточности НАК имеет сравнительно невысокое значение (28,1 г/100 г белка), что является положительным фактором, характеризующим биологическое качество белка маслят.

Таким образом, маслята обыкновенные – являются дополнительным источником полноценного белка. В них содержится оптимальное количество всех необходимых аминокислот, как тех, что наш организм может синтезировать сам, так и тех, которые должны входить в состав пищи.

#### Список литературы:

1. Агафонычев В.П. Куриные яйца – ценные компоненты комбинированных мясо-яичных продуктов / В. П. Агафонычев, В. Н. Махонина // Пищевая индустрия. – 2018. – № 3. – С. 23-25.
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. Жук Ю.Т. Консервирование и хранение грибов (биохимические основы) / Ю. Т. Жук. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 144 с.

4. 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.
5. Мелещеня А.В. Разработка высококачественных мясных продуктов для повышения адаптации организма к высоким физическим нагрузкам / А. В. Мелещеня, О. В. Дымар, С. А. Гордынец, И. В. Калтович // Современные и традиционные системы оздоровления и единоборства – выбор приоритетов : сб. статей III Международной науч.-практич. конф. «Инновационные процессы в физическом воспитании студентов IFFA – 2012». – Минск : БГУ, 2013. – С.274-284.
6. Нутрициология-2040. Горизонты науки глазами ученых / Под редакцией В. В. Бессонова, В. Н. Княгинина, М. С. Липецкой. – СПб. : Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2017. – 105 с.
7. Рудаков О.Б. Аминокислотный анализ белков мяса / О. Б. Рудаков, Л. В. Рудакова // Мясные технологии. – 2020. – № 2. – С. 29–35.
8. Рудаков О.Б. Аминокислотный состав соевого белка / О. Б. Рудаков, Л. В. Рудакова // Мясные технологии. – 2020. – № 4. – С. 28-31.
9. Цапалова И.Э. Дикорастущие съедобные грибы как источник белковых веществ / И. Э. Цапалова, В. И. Бакайтис // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2004. – № 1. – С. 64.
10. 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.
11. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. - М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
12. Храмцов А. Г. Компонентный состав и пребиотические свойства соевой пищевой окары / А. Г. Храмцов, В. В. Садовой, В. А. Самылина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 4. – С. 50-53.
13. Block R.J. and Mitchell H.H. (1946) The Correlation of Amino Acid Composition of Proteins with Their Nutritive Value. Nutrition Abstracts & Reviews, 16, 249-278.
14. 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.
15. OECD-FAO Agricultural outlook 2017–2026. – Paris: OECD Publishing, 2017. – 144 p., doi.org/10.1787/19991142.
16. Phylogenetic assessment of global *Suillus* ITS sequences supports morphologically defined species and reveals synonymous and undescribed taxa / Nguyen N.H., Vellinga E.C., Bruns T.D., Kennedy P.G. Mycologia. 2016 Nov/Dec;108(6):1216-1228.

### References

1. Agafonychev V.P. Kurinye yajca – cennye komponenty kombinirovannyh myaso-yaichnyh produktov / V. P. Agafonychev, V. N. Mahonina // Pishchevaya industriya. – 2018. – № 3. – S. 23-25.
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. ZHuk YU.T. Konservirovanie i hranenie gribov (biohimicheskie osnovy) / YU. T. ZHuk. – М. : Legkaya i pishhevaya promyshlennost', 1982. – 144 s.
4. Zubairova L.A. Tekhnologiya myasa i myasnyh produktov v 2-h chastyakh (CHast' II) : ucheb. posobie / L. A. Zubairova, R.S. Iskhakov. – Ufa : BashGAU, 2017. – 120 s.

5. Meleshchenya A.V. Razrabotka vysokokachestvennyh myasnyh produktov dlya povysheniya adaptacii organizma k vysokim fizicheskim nagruzkam / A. V. Meleshchenya, O. V. Dymar, S. A. Gordynec, I. V. Kaltovich // *Sovremennye i tradicionnyye sistemy ozdorovleniya i edinoborstva – vybor prioritetov : sb. statej III Mezhdunarodnoj nauch.-praktich. konf. «Innovacionnyye processy v fizicheskom vospitanii studentov IFFA – 2012»*. – Minsk : BGU, 2013. – S.274-284.

6. Nutricitologiya-2040. Gorizonty nauki glazami uchenyh / Pod redakciej V. V. Bessonova, V. N. Knyaginina, M. S. Lipeckoj. – SPb. : Fond «Centr strategicheskikh razrabotok «Severo-Zapad», 2017. – 105 s.

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

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

9. Capalova I.E. Dikorastushchie s"edobnye griby kak istochnik belkovyh ve-shchestv / I. E. Capalova, V. I. Bakajtis // *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya*. – 2004. – № 1. – S. 64.

10. Caregorodceva E.V. Kachestvo belkovej 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.

11. Himicheskij sostav rossijskich pishchevyh produktov: Spravochnik / Pod red. chlen-korr. MAI, prof. I. M. Skurikhina i akademika RAMN, prof. V. A. Tutel'jana. -M.: DeLi print, 2002. – 236 s.

12. Hramcov A.G. Komponentnyj sostav i prebioticheskie svojstva soevoj pishchevoj okary / A. G. Hramcov, V. V. Sadovoj, V. A. Samylina // *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*. – 2004. – № 4. – S. 50-53.

13. Block R.J. and Mitchell H.H. (1946) The Correlation of Amino Acid Composition of Proteins with Their Nutritive Value. *Nutrition Abstracts & Reviews*, 16, 249-278.

14. 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.

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

16. Phylogenetic assessment of global *Suillus* ITS sequences supports morphologically defined species and reveals synonymous and undescribed taxa / Nguyen N.H., Vellinga E.C., Bruns T.D., Kennedy P.G. *Mycologia*. 2016 Nov/Dec;108(6):1216-1228.