

УДК 635.89

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

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И БЕЛКОВАЯ ЦЕННОСТЬ ОПЯТ ОСЕННИХ (*ARMILLARIA MELLEAE*)**

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*

Как известно, съедобные грибы являются важным источником питательных веществ. Они являются одной из лучших альтернатив традиционным белкам, поскольку содержат все незаменимые аминокислоты, присутствующие в белках животного происхождения и редко встречающиеся в растительных. Содержание нутриентов в грибной продукции подвержено значительным колебаниям, обусловленным рядом факторов. Ключевыми из них являются видовая и штаммовая принадлежность, анализируемая часть плодового тела, тип субстрата, стадия созревания, а также сроки и условия сбора. Такая многофакторность существенно усложняет точную нутриентную оценку конкретных образцов. Хотя уже точно известно, что питательные свойства шляпок по большинству показателей превышает таковые для плодоножек. Кроме того, они содержат такие соединения, как фенолы, терпены, стероиды и полисахариды. В течение многих лет исследователи выделяли из опят многочисленные биологически активные вещества, такие как сесквитерпеноиды, органические кислоты, стеролы, нуклеозиды и полисахариды. В экстрактах этих грибов обнаружена уникальная армилляриновая кислота, которая обладает ценными антибиотическими свойствами, эффективными против ряда грамположительных бактерий и дрожжевых грибов. Уникальность грибов рода *Armillaria* заключается также в их способности синтезировать меллеолидные антибиотики, известные своим цитотоксическим действием, представляющие значительный интерес для исследований

Ключевые слова: СЪЕДОБНЫЕ ГРИБЫ, ОПЯТА ОСЕННИЕ, БЕЛКИ, АМИНОКИСЛОТЫ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-217-005>

<http://ej.kubagro.ru/2026/03/pdf/05.pdf>

UDC 635.89

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

**BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PROTEIN VALUE OF AUTUMN HONEY MUSHROOM (*ARMILLARIA MELLEAE*)**

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*

As we know, edible mushrooms are an important source of nutrients. They are one of the best alternatives to traditional proteins, as they contain all the essential amino acids present in animal proteins and rarely found in plant proteins. Nutrient content in mushroom products is subject to significant fluctuations due to a number of factors. The key ones are species and strain affiliation, the analyzed part of the fruiting body, the type of substrate, the stage of maturation, as well as the timing and conditions of collection. This multifactorial nature significantly complicates the accurate nutrient evaluation of specific samples. Although it is already known for sure that the nutritional properties of the caps in most respects exceed those of the stalks. In addition, they contain compounds such as phenols, terpenes, steroids and polysaccharides. For many years, researchers have isolated numerous biologically active substances from mushrooms, such as sesquiterpenoids, organic acids, sterols, nucleosides and polysaccharides. In the extracts of these fungi, unique armillaric acid was found, which has valuable antibiotic properties effective against a number of gram-positive bacteria and yeast fungi. The uniqueness of the fungi of the genus *Armillaria* also lies in their ability to synthesize melleolide antibiotics, known for their cytotoxic effect, of significant interest for research

Keywords: EDIBLE MUSHROOMS, HONEY MUSHROOMS, PROTEINS, AMINO ACIDS

**Введение.** Прогнозируется, что к 2050 г. спрос на полноценный пищевой белок значительно возрастет в связи с существенным ростом численности населения, приближающейся к 9 млрд. человек. Устойчивые рационы питания обеспечивают продовольственную и пищевую безопасность, способствуя здоровому образу жизни нынешнего и будущих поколений, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду.

Такие рационы должны быть доступными для населения, экономически оправданными, питательно сбалансированными, безопасными и полезными для здоровья, оптимизируя при этом использование природных и человеческих ресурсов. В связи с этим в течение последнего десятилетия ученые и практики все чаще ищут пищевые ингредиенты, которые являются экологически устойчивыми, обладают высокой питательной ценностью и представляют собой более здоровую альтернативу традиционным белкам.

Грибы представляют собой полноценный источник белка, обеспечивающий организм всеми незаменимыми аминокислотами. Высокое содержание белка (15–37 % от сухой массы) и полный аминокислотный состав делают их отличной альтернативой мясу. Производство требует меньше ресурсов (места, энергии), что критически важно для растущего населения и последствиями изменений климата и окружающей среды.

С экономической точки зрения, культивирование этих источников белка в промышленных масштабах является более рентабельным, чем использование традиционных аналогов. Грибы могут успешно культивироваться на различных отходах агропромышленного производства и гидропонике, демонстрируя высокую урожайность за сжатые сроки. Это позволяет производить из них широкий ассортимент пищевых продуктов, обогащенных высококачественным белком и обладающих улучшенными функциональными характеристиками, что делает их более ценными.

Кроме того, они содержат такие соединения, как фенолы, терпены, стероиды и полисахариды. Содержание нутриентов в грибной продукции подвержено значительным колебаниям, обусловленным рядом факторов. Ключевыми из них являются видовая и штаммовая принадлежность, анализируемая часть плодового тела, тип субстрата, стадия созревания, а также сроки и условия сбора. Такая многофакторность существенно усложняет точную нутриентную оценку конкретных образцов.

Сегодня во всем мире промышленное производство грибов и их сбор в природе существенно возросли: если в 2020 г. объем мирового рынка грибов оценивался в 14,35 млн т, то к 2028 г., по оценкам ряда экспертов, он вырастет до 24,05 млн т, то есть в 1,7 раза [10]. С учетом ценового эквивалента в 2024 г. мировой рынок грибов достиг отметки в 71,5 млрд. долларов США.

Прогнозируется, что в период с 2025 по 2033 гг. этот рынок будет демонстрировать уверенный рост, со среднегодовым темпом прироста около 8,5 %, что обусловлено возрастающим интересом потребителей к продуктам растительного происхождения.

Грибы питаются отмершими частями растений и могут вызывать у деревьев грибковую корневую гниль, которая распространяется через корнеподобные структуры – *ризоморфы* (от др.-греч. *ρίζα* + «корень» + *μορφή* – «вид», «форма»).

Показанные на рисунке 1 ризоморфы, вначале развиваются под кроной лиственных пород деревьев, которая, в конце концов отслаиваясь, обнажает нити мицелия. У осенних опят ризоморфы обычно достигают 2 мм в диаметре, но, формируя сплетения групп, могут образовывать очень толстые «нити» диаметром до 3–5 см.



Рисунок 1 – Ризоморфы опенка осеннего на стволе дерева

При этом ризоморфы являются высокоэффективными структурами для абсорбции воды и минеральных веществ из почвы. Одна грибница в лесу может распространить свой мицелий и ризоморфы на площадь до 15 га и более. Так, в национальном заказнике дикой природы округа Малур американского штата Орегон обнаружена крупнейшая в мире колония опят. Она площадью около 900 га. По разным оценкам возраст этого уникального образования варьируется от двух до восьми тысяч лет.

Опенк осенний (*Armillaria mellea* от лат. *armilla* – «браслет» + *mellea* – «мед») – вид грибов подтипа *Basidiomycota*, порядка *Agaricales*, семейства Физалакриевые (*Physalacriaceae*), рода Опенок (*Armillaria*). Видовое название связано не со вкусом гриба, а с окраской его шляпки.

Опенк осенний был впервые описан в 1790 г. датским ученым Мартином Валем, давшим ему видовое название *Agaricus mellea* (Vahl). Однако в 1871 г. знаменитый немецкий миколог Пауль Куммер перенес опенок

обыкновенный (или медовый) в его настоящий род, после чего его научным названием стало *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm.

Хотя все виды рода *Armillaria* в течение многих лет считались съедобными при условии тщательной термической обработки, некоторые его представители, в том числе и осенний опенок, при недостаточной проварке, могут вызвать легкое пищевое отравление. Опенок широко представлен в природе и способен развиваться на разнообразных питательных средах. Он усваивает вещества различного химического состава, включая как простейшие соединения, так и молекулы с высокой степенью структурной сложности. При этом опять особенно любят расти на корнях и старых стволах лиственных пород деревьев, образуя огромные скопления плодовых тел (рисунок 2).



Рисунок 2 – Плодовые тела опят осенних на стволе старого дерева

Их шляпки имеют диаметр 5–15 см, а их цвет варьируется от медово-желтого до красно-коричневого, с более темным участком в центре. Высота гриба составляет от 6 до 15 см, а диаметр плодоножки достигает 1–2 см. У молодых грибов они вначале выпуклые, но затем уплощаются и часто приобретают волнисто-бороздчатые края (рисунок 3).



Рисунок 3 – Опята осенние (*Armillaria mellea*) разного возраста

Молодые шляпки покрыты мелкими чешуйками, особенно заметными ближе к центру. По мере достижения полной зрелости эти чешуйки могут исчезнуть. Мякоть у шляпки белая и плотная. Сросшиеся или, чаще, слабо расходящиеся пластинки на нижней поверхности шляпок у опят расположены близко друг к другу и имеют телесный цвет, который постепенно становится желтоватым, а в зрелом возрасте на них появляются коричневато-желтые пятна. В молодом возрасте плодоножки у опят ножки белые, но по мере созревания плодового тела становятся желтыми или жел-

товато-коричневыми и слегка опушенными. Мякоть ножки белая, плотная и довольно твердая (рисунок 4).



Рисунок 4 – Полностью созревшие плодовые тела опят осенних

Бледно-желтое кольцо на ножке у опенка осеннего обычно сохраняется до зрелого состояния гриба (рисунок 5), что помогает легко отличить его от других видов рода, такого, например, как опенка темного (*Armillaria ostoyae*), кольцо на плодоножке у которого имеет белую окраску с темно-коричневыми или черными чешуйками на нижней стороне.



Рисунок 5 – Кольцо на плодоножке опенка осеннего

Мицелий (ризоморфы) этих грибов обладает биолюминесцентными свойствами: он может светиться в темноте. Механизм этого явления основан на биохимической реакции ферментативного окисления светоизлучающего субстрата – люциферина под действием фермента – люциферазы (от лат. *lucifer* – «несущий свет») (рисунок 6).

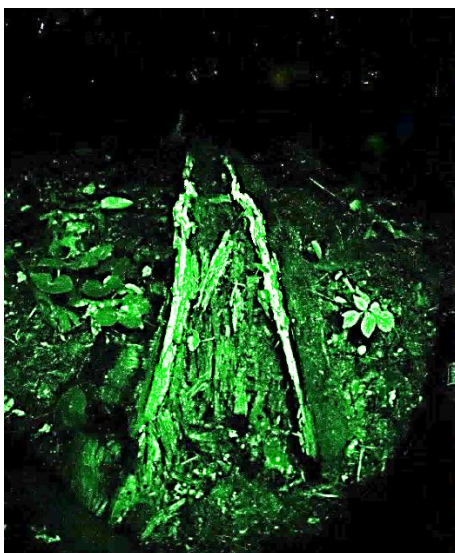


Рисунок 6 – Биолюминесценция ризоморф опенка осеннего

Калорическая ценность 100 г сырых опят составляет 20–22 ккал, содержание влаги – 90–92 %, белка – 21; жира – 6–6,2; золы – 12 %. По сведениям сербских исследователей, химический анализ образцов природных опят осенних показал высокое содержание углеводов – 81,2 г/100 г сухого вещества (СВ), минеральных веществ, липидов и белка в концентрациях 8,8 г/100 г; 2,0 г/100 г и 1,8 г/100 г СВ – соответственно. Среди изомеров токоферолов доминировала  $\delta$ -форма: 42 мкг/100 г СВ. В профиле жирных кислот наблюдалось преобладание полиненасыщенных форм, за которыми следовали насыщенные и мононенасыщенные жирные кислоты [8].

В течение многих лет исследователи выделяли из опят многочисленные биологически активные вещества, такие как сесквитерпеноиды, органические кислоты, стеролы, нуклеозиды и полисахариды. В 2011 г. были

обнаружены тритерпены – фриделан и фриделин. Среди индольных соединений, которые были найдены, числятся триптамин, L-триптофан и серотонин [7, 12]. В экстрактах этих грибов обнаружена уникальная армилляриновая кислота, обладающая выраженными антибиотическими свойствами, эффективными против ряда грамположительных бактерий и дрожжевых грибов.

Уникальность грибов рода *Armillaria* заключается в их способности синтезировать меллеолидные антибиотики – особый класс протоиллуденовых спиртов, связанных с орселлиновой кислотой и ее производными. Эти природные соединения, известные своим антимикробным и цитотоксическим действием, представляют значительный интерес для исследований.

Многочисленные эксперименты подтвердили, что препараты, изготовленные из экстрактов *Armillaria mellea* могут с успехом использоваться для лечения пациентов с параличными явлениями, эпилепсией, головной болью, неврастенией, бессонницей, онемением конечностей и судорогами. Осенний опенок – отличный источник антиоксидантов, которые помогают нейтрализовать патогенные свободные радикалы и защищают от хронических заболеваний. Проведенные исследования показали, что несколько специфических соединений, выделенных из этого гриба, могут эффективно нейтрализовать свободные радикалы и предотвращать окислительное повреждение клеток.

Несколько соединений, полученных из опята, обладают потенциальным противоопухолевым или цитотоксическим действием, в том числе армилларикин, армилларидин и арнамиал. Так, например, доказано, что армилларикин оказывает токсическое действие на клеточные линии гепатоцеллюлярной карциномы человека (Huh7, HA22T, HepG2) [5, 10].

Высокий уровень сахара в крови может привести к серьезным последствиям: от головных болей и повышенного чувства жажды до замедленного заживления ран и проблем со зрением. Установлено, что экстракты из

*Armillaria mellea* обладают мощными антиоксидантными свойствами и способностью снижать уровень сахара в крови, что позволяет использовать их для разработки пищевых добавок и фармацевтических продуктов, предназначенных для лечения диабета [4].

Одним из наиболее перспективных способов применения лечебных свойств опять является их способность улучшать работу мозга и защищать от нейродегенеративных заболеваний. На самом деле одна из моделей на животных показала, что экстракты, полученные из *Armillaria mellea*, эффективно улучшают работу нейронов, предотвращают повреждение клеток и уменьшают накопление в мозге белков, связанных с болезнью Альцгеймера. Установлено также, свежие опята и продукты их ферментации могут излечить гиперурикемию, повышая уровень белков ОАТ1 и ОАТ3, снижая тем самым содержание мочевой кислоты, креатинина и азота мочевины в организме [9]. Одним из наиболее значимых полезных свойств опять является их способность поддерживать здоровье иммунной системы. Углеводы, в том числе полисахариды, являются основными компонентами клеточной стенки грибов. Среди них важную роль играют гомо- и гетерополимерные молекулы глюканов, так как они не только защищают клетки самих грибов, но и оказывают положительное биологическое воздействие на организм животных и человека. Например, доказано, что  $\beta$ -глюканы, содержащиеся в опятах, стимулируют функции фагоцитов и В-лимфоцитов, помогая организму усилить иммунитет для борьбы с различными инфекционными заболеваниями [6].

Воспаление – это естественная реакция организма на травму или инфекцию, но при хроническом течении оно может нанести вред. Опята осенние содержат соединения, которые помогают уменьшить воспаление в организме, поддерживая общее состояние здоровья и самочувствие. Современные исследования указывают на то, что применение биомассы мицелия высших грибов, в частности опят, в биотехнологии хлебопекарного

производства является весьма перспективным [1, 2]. Помимо множества полезных свойств, опята вкусны, универсальны и подходят для приготовления самых разных блюд. Их можно обжарить для приготовления простого гарнира или смешать с другими овощами для получения питательного рагу. Кроме того, можно добавлять эти грибы в гарниры вторых блюд, супы или начинки, чтобы обогатить их антиоксидантами и придать дополнительный вкус. Экстракт, получаемый в результате ферментации опят, обогащен разнообразными летучими соединениями, включая спирты, кетоны и эфиры. Они обладают выраженным ароматом и могут быть использованы в качестве натуральных пищевых ароматизаторов для придания вкуса и запаха продуктам питания и напиткам.

**Целью исследования** явилась характеристика аминокислотного состава с учетом пищевой полноценности грибов вида опенок осенний (*Armillaria mellea*). Для ее достижения ставились следующие задачи: 1) провести аминокислотный анализ шляпок и плодовых тел опят; 2) рассчитать их аминокислотные индексы; 3) определить аминокислотные скоры составных частей плодовых тел и сравнить их с учетом действующей нормы ФАО/ВОЗ (2011); 4) сделать соответствующие выводы и рекомендации по использованию плодовых тел опят.

**Материалом исследования** явились свежие опята, приобретенные 18-19 октября 2025 г. на нескольких продовольственных рынках и ярмарках города Краснодара. Общая масса 4-х образцов, собранных в окрестностях станиц Крепостной, Смоленской Северского района и поселка Афипского в сухую солнечную погоду при температуре +10...+12 °С, составила около 1,5 кг.

**Методика исследования.** Для аминокислотного биохимического анализа были составлены четыре навески, состоящие из натуральных шляпок и ножек плодовых тел опят осенних массой по 370 г. Используя принцип рендомичности и репрезентативности нами были подготовлены и ото-

браны средние пробы шляпок и плодоножек с последующим высушиванием до постоянной массы в термостате при температуре +40 °С. В результате этого рассчитали влажность образцов шляпок и плодоножек, которая составила 87,2 % и 86,6 % – соответственно. Из высушенных частей плодовых тел опять для последующего их гидролиза были составлены средние навески шляпок массой 3,018 г и плодоножек массой 3,417 г, которые затем были измельчены на механическом гомогенизаторе марки Daihan HG-15A-Set-B. Каждая из навесок была разделена на три части массой около 1006–1140 мг. Гидролиз осуществлялся полуразбавленной соляной кислотой (концентрация: 10–30 % HCl; удельная плотность: 1,05–1,19 г/см<sup>3</sup>; pH = 0,5–1,5) в термостате при температуре 110 °С в течение 24 часов. Количественный анализ свободных аминокислот проводится на аминокислотном анализаторе АКА-1000 (производство Россия) созданный на базе на базе жидкостного хроматографа «Скоростар» с модулем постколоночной дериватизации методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с использованием предварительной модификации аминокислот на основе компьютерной программы Microsoft Clarity.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Биометрическая обработка опытных данных производилась на основе программы Microsoft Office Excel 2019 (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание аминокислот в частях плодовых тел  
опят осенних, М±m

Аминокислоты	Шляпки		Плодоножки		Всего	
	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	0,071±0,009	56±7,3	0,037±0,003	49±6,2	0,108±0,013	105±8,4
Лейцин	0,109±0,012	85±6,2	0,063±0,009	83±5,9	0,172±0,019	168±9,0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Лизин	0,061±0,011	48±1,9	0,032±0,002	42±1,6	0,093±0,009	90±4,7
Метионин	0,016±0,003	13±1,6	0,007±0,001	9±0,9	0,023±0,001	22±1,6
Цистеин	0,009±0,001	7±0,6	0,005±0,001	7±0,5	0,014±0,001	14±1,1
Фенилаланин	0,070±0,008	55±7,4	0,032±0,002	42±5,3	0,102±0,006	97±6,2
Тирозин	0,047±0,005	37±4,9	0,020±0,002	26±4,2	0,067±0,004	63±6,0
Треонин	0,072±0,009	56±7,9	0,040±0,003	53±7,5	0,112±0,006	109±7,6
Валин	0,062±0,009	48±7,6	0,030±0,003	40±5,6	0,092±0,006	88±6,5
<b>Сумма НАК</b>	<b>0,517±0,091</b>	<b>405±28,8</b>	<b>0,266±0,022</b>	<b>351±23,3</b>	<b>0,783±0,006</b>	<b>756±46,2</b>
<i>Заменимые аминокислоты (ЗАК):</i>						
Аспарагин	0,124±0,011	97±7,3	0,067±0,008	89±13,5	0,191±0,015	186±12,0
Глутамин	0,150±0,016	117±8,8	0,079±0,009	105±9,9	0,229±0,018	222±12,4
Серин	0,074±0,008	58±5,9	0,042±0,007	56±7,5	0,116±0,007	114±7,1
Гистидин	0,151±0,014	118±12,1	0,165±0,015	219±15,9	0,316±0,021	337±20,4
Глицин	0,059±0,007	46±6,6	0,034±0,006	45±7,3	0,093±0,006	91±5,6
Аргинин	0,076±0,010	53±9,0	0,040±0,005	53±9,0	0,116±0,08	106±7,8
Аланин	0,066±0,011	52±7,9	0,032±0,005	42±6,8	0,098±0,007	94±6,8
Пролин	0,062±0,009	48±6,8	0,030±0,006	40±4,4	0,092±0,007	88±7,2
<b>Сумма ЗАК</b>	<b>0,762±0,051</b>	<b>589±23,6</b>	<b>0,489±0,065</b>	<b>649±28,8</b>	<b>1,251±0,010</b>	<b>1238±80,9</b>
<b>Общая сумма аминокислот (АК)</b>	<b>1,279±0,098</b>	<b>994±26,5</b>	<b>0,755±0,092</b>	<b>1000±29,9</b>	<b>2,034±0,138</b>	<b>1994±126,7</b>

Таблица 2 – Значения критерия Стьюдента для разных уровней вероятности

Число степеней свободы, $\nu$	Уровни вероятности P:					
	0,10	0,05	0,02	0,01	0,002	0,001
1	6,314	12,710	31,820	63,66	318,300	636,60
2	2,920	4,303	6,965	9,925	22,330	31,600
3	2,353	3,182	4,541	5,841	10,210	12,920
4	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,869

С учетом значений критериев достоверности Стьюдента для независимых выборок (таблица 2), рассчитали критерии достоверности разности ( $t_d$ ) и уровни вероятности (P) по содержанию аминокислот в частях плодовых тел изученных опят (таблица 3).

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

Показатель	$t_d$		P	
	г/100 г СВ	мг/г белка	г/100 г СВ	мг/г белка
Изолейцин	3,58	0,73	>0,95	<0,95
Лейцин	3,07	0,23	>0,95	<0,95
Лизин	2,59	2,42	>0,95	<0,95
Метионин	3,00	2,16	>0,95	<0,95
Цистеин	2,86	0	>0,95	0
Фенилаланин	4,75	1,43	>0,99	<0,95
Тирозин	5,40	1,70	>0,99	<0,95
Треонин	3,56	0,27	>0,98	<0,95
Валин	3,56	0,85	>0,98	<0,95
<b>Сумма НАК</b>	<b>2,78</b>	<b>1,46</b>	<b>&gt;0,95</b>	<b>&lt;0,95</b>
Аспарагин	5,18	0,52	>0,99	<0,95
Глутамин	3,94	0,91	>0,98	<0,95
Серин	2,91	0,21	>0,95	<0,95
Гистидин	0,70	5,05	<0,95	>0,99
Глицин	2,78	0,10	>0,95	<0,95
Аргинин	3,27	0	>0,95	0
Аланин	2,83	0,96	>0,95	<0,95
Пролин	2,91	0,99	>0,95	<0,95
<b>Сумма ЗАК</b>	<b>3,29</b>	<b>1,61</b>	<b>&gt;0,95</b>	<b>&lt;0,95</b>
<b>Общая сумма АК</b>	<b>3,91</b>	<b>0,15</b>	<b>&gt;0,98</b>	<b>&lt;0,95</b>

Обращает на себя внимание тот факт, практически по всем НАК и ЗАК и их суммам в расчете на 100 г СВ их содержание в шляпках было достоверно выше, чем в плодоножках с уровнями вероятности  $P$  от 0,95 до 0,99. В частности, было установлено, что суммарное содержание НАК в расчете на 100 г СВ, в шляпках опять было достоверно выше ( $t_d=2,78$ ;  $P>0,95$ ) в сравнении с их плодоножками: 517 мг и 266 мг/100 г СВ – соответственно.

Содержание ЗАК также было достоверно выше ( $t_d=3,29$ ;  $P>0,95$ ) в шляпках, чем в плодоножках (762 и 489 мг/100 г СВ – соответственно). В расчете на 1 г белка сумма всех НАК в шляпках опять – 405 мг – хотя и недостоверно ( $P < 0,95$ ), превысила этот показатель в плодоножках – 351 мг/г белка. Сумма ЗАК в расчете на 1 г белка была статистически недостоверно выше ( $t_d=1,61$ ) в плодоножках, чем в шляпках: 649 и 589 мг/г белка – соответственно.

Среди всех НАК цистеин явился лимитирующей (в целом по 14 мг в 100 г СВ и в 1 г белка). Содержание в расчете на 1 г белка оказалось равным в шляпках и в плодоножках – 7 мг, а в расчете на 100 г СВ его уровень в шляпках в 1,8 раза превышал этот показатель в плодоножках – 9 и 5 мг.

Наибольшим уровнем содержания среди всех НПК отличался лейцин: 172 мг/100 г СВ и 168 мг/г белка. При этом статистически достоверная разность ( $P > 0,99$  при  $t_d=3,07$ ) получена по его содержанию в шляпках в расчете на 100 г СВ (109 мг) в сравнении с плодоножками (63 мг). Но, в расчете на 1 г белка и в шляпках, и в плодоножках его содержание было практически идентичным: 85 и 83 мг/г белка – соответственно.

Анализ выявил сравнительно невысокий уровень содержания другой важной НАК – лизина,  $C_6H_{14}N_2O_2$  (2,6-диаминогексановой кислоты). В целом уровень его содержания в 100 г СВ составил 93 мг, а в расчете на 1 г

белка – 90 мг. В проведенном исследовании концентрация лизина в шляпках опят составила 61 мг/100 г СВ и 48 мг/г белка, а в их плодоножках – 32 мг/100 г СВ и 42 мг/г белка. При этом уровень вероятности статистического различия в расчете на 100 г СВ в пользу шляпок составил достоверные значения ( $P > 0,95$  при  $t_d=2,59$ ).

Низкая концентрация наблюдалась у другой важнейшей НАК – метионина,  $C_5H_{11}NO_2S$  (2-амино-4-метилмеркаптомасляной кислоты). В проведенном исследовании общее содержание метионина в плодовых телах опят осенних составило 23 мг/100 г СВ и 22 мг/г белка. При этом в шляпках его содержание в расчете на 100 г СВ более чем в 2 раза превысило концентрацию в плодоножках: 16 и 7 мг – соответственно ( $t_d=3,0$  при  $P > 0,95$ ). В расчете на 1 г белка содержание лизина было также выше на 6 мг/г в шляпках опят, чем в их плодоножках, хотя статистически достоверной разности обнаружено не было ( $t_d=2,16$  при  $P < 0,95$ ).

Среди всех ЗАК наиболее низким средним уровнем содержания в плодовых телах опятах отличались глицин и пролин (93 мг/100 г СВ; 91 мг/г белка и 92 мг/100 г СВ и 88 мг/г белка – соответственно), а наиболее высоким – гистидин (в целом 316 мг/100 г СВ и 337 мг/г белка). Хотя данные, полученные И. В. Щегловой и А. Л. Верещагиным в Алтайском крае [3], свидетельствуют о том, что в составе опят, ограничивающими являлись лейцин, изолейцин и треонин, а наибольшее содержание имели метионин + цистеин. По всей видимости сказались климатические и почвенные факторы данного региона.

Нами были также рассчитаны аминокислотные индексы исследованных грибов опят (таблица 4).

Таблица 4 – Аминокислотные индексы составных частей плодовых тел опят

Части плодовых тел	Аминокислоты, мг/г белка			Соотношение, %	
	Всего	НАК	ЗАК	НАК/ЗАК	НАК/сумма АК
Шляпки	994	405	589	68,8	40,7
Плодоножки	1000	351	649	54,1	35,1
<b>В среднем</b>	<b>997</b>	<b>378</b>	<b>619</b>	<b>61,1</b>	<b>37,9</b>

Их анализ показал, что опята осенние представляют собой довольно ценный источник НАК. При этом наиболее высоким индекс НАК/ЗАК был в шляпках – 40,7 %. Средний аминокислотный индекс НАК/ЗАК составил в плодовых телах опят 61,1 % с вариацией от 54,1 % в плодоножках до 68,8 % – в шляпках. Наибольшим индексом НАК/сумма АК отличались шляпки – 40,7 %. Также были рассчитаны аминокислотные скоры (АС) частей плодовых тел опят в сравнении с требованиями ФАО/ВОЗ (2011) (таблица 5).

Таблица 5 – Аминокислотные скоры (АС) частей плодовых тел опят, %

НАК	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
<b>Итого:</b>	<b>268</b>	<b>405</b>	<b>151,1</b>	<b>351,0</b>	<b>131,0</b>	<b>141,0</b>

Как видно из приведенных данных, по большинству незаменимых аминокислот опята осенние существенно превышают минимальные требова-

ния их сора ФАО/ВОЗ. Максимальным уровнем при этом (218 %) отличался треонин. Уступали эталонным требованиям аминокислотные сора лизина и суммы метионина и цистеина. Однако эти различия не были существенными.

Таблица 6 – Биологическая ценность белка плодовых тел опят осенних с учетом действующих норм ФАО/ВОЗ (2011)

Незаменимые аминокислоты	Массовая доля НАК, г/100 г белка		Аминокислотный скор (АС), %
	эталон	опята осенние	
Изолейцин	3,2	10,5	328,1
Лейцин	6,6	16,8	254,5
Лизин	5,7	9,0	157,9
Метионин + цистеин	2,7	3,6	133,3
Фенилаланин + тирозин	5,2	16,0	307,7
Треонин	3,1	10,9	351,6
Валин	4,3	8,8	204,6
<b>В среднем:</b>	<b>4,4</b>	<b>10,8</b>	<b>245,4</b>

Также нами была определена биологическая ценность белка опят с учетом вхождения в него важнейших незаменимых аминокислот (таблица 6). Как видно из приведенных в ней данных, средний показатель АС плодовых тел опят составил более 245 %. При этом максимальным уровнем отличался показатель по сумме фенилаланина и тирозина (307,7 %), а минимальным – сумма метионина и цистеина (133,3 %).

**Выводы.** Новизна проведенного исследования состоит в первом подобном проведении аминокислотного анализе опят осенних, собранных в пригороде г. Краснодара. Установлено, что белок опят осенних (*Armillaria mellea*) обладает высокой биологической ценностью с учетом входящих в него НАК: в сравнении с действующими нормами ФАО/ВОЗ (2011), его АС в суммарном выражении составил более 245 %.

Аминокислотный анализ плодовых тел опят осенних показал, что лейцин являлся наиболее представленной из НАК, находясь в самой высо-

кой концентрации – 168 мг/г белка. Содержание метионина было самым низким – 22 мг/г белка. При сравнении содержания НАК на 1 г белка было установлено, что в плодоножках их сумма (649 мг) была выше, чем в шляпках (589 мг), хотя эта разность была статистически недостоверной ( $P < 0,95$ ). Это обстоятельство свидетельствует о достаточно высокой аминокислотной полноценности не только шляпок, но и плодоножек опять, что не наблюдается у многих съедобных грибов. Таким образом, опять осенние *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm являются очень важным источником полноценного белка, что делает их не только важным ингредиентом пищевого рациона людей, но и перспективным компонентом для разработки новых лекарственных препаратов.

#### Список литературы:

1. Минаков Д.В. Особенности созревания теста и формирования качества хлеба с биомассой мицелия *Armillaria mellea* / Д. В. Минаков, Л. А. Козубаева, С. С. Кузьмина, Е. Ю. Егорова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2022. – № 1. – С. 145-156.
2. Музалевская Р.С. Обогащение хлебобулочных изделий продуктами переработки дикорастущих грибов / Р. С. Музалевская, М. В. Власова // Пищевая промышленность. – 2010. – № 6. – С. 56-57.
3. Щеглова И.В. Влияние вакуумно-импульсной обработки грибов на аминокислотный состав и трипсинингибирующую активность / И. В. Щеглова, А. Л. Верещагин // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 1. – С. 25-28.
4. Chen CC, Kuo YH, Cheng JJ, et al. Three new sesquiterpene aryl esters from the mycelium of *Armillaria mellea*. *Molecules*. 2015;20(6):9994-10003.
5. Chi CW, Chen CC, Chen YJ. Therapeutic and radiosensitizing effects of armillaridin on human esophageal cancer cells. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2013;2013:459271.
6. Erbiai EH, da Silva LP, Saidi R, et al. Chemical Composition, Bioactive Compounds, and Antioxidant Activity of Two Wild Edible Mushrooms *Armillaria mellea* and *Macrolepisma procera* from Two Countries (Morocco and Portugal). *Biomolecules* 2021, 11, 575.
7. Guo WJ, Guo SX. Triterpene from *Armillaria mellea*. *Chemistry of Natural Compounds*. 46 (6):995-996. Bibcode:2011CNatC.46.995J. doi:10.1007/s10600-011-9809-4. S2CID 189785379.
8. Kostić M., Smiljković M., Petrović J., et al. Chemical, nutritive composition and a wide range of bioactive properties of honey mushroom *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) Kummer. *Food Funct*. 2017 Sep 20;8(9):3239-3249. doi: 10.1039/c7fo00887b.
9. Li Z-L, Wang S-M, Wang H Honey Mushroom, *Armillaria mellea* (*Agaricomycetes*) and Its Fermentation Products Target Regulation of OAT1/OAT3 Proteins to Reduce Hyperuricemia in Mice. *W Frontiers in Bioscience-Landmark*. September 2023 28(9):228. doi: 10.31083/j.fbl2809228.

10. Liu TP, Chen CC, Shiao PY, et al. Armillaridin, a honey medicinal mushroom, *Armillaria mellea* (higher *Basidiomycetes*) component, inhibits differentiation and activation of human macrophages. *Int J Med Mushrooms*. 2015;17(2):161-168.

11. Łysakowska P., Sobota A., Wirkijowska A. Medicinal Mushrooms: Their Bioactive Components, Nutritional Value and Application in Functional Food Production – A Review. *Molecules*. 2023 Jul 14;28(14):5393. doi: 10.3390/molecules28145393.

12. Muszynska B, Maslanka A, Ekiert H, Sulkowska-Ziaja K (2011). Analysis of indole compounds in *Armillaria mellea* fruiting bodies. *Acta Poloniae Pharmaceutica*. 68 (1): 93-97.

### References

1. Minakov D.V. Osobennosti sozrevaniya testa i formirovaniya kachestva hleba s bio-massoj miceliya *Armillaria mellea* / D. V. Minakov, L. A. Kozubaeva, S. S. Kuz'mina, E. YU. Egorova // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. – 2022. – № 1. – S. 145-156.

2. Muzalevskaya R.S. Obogashchenie hlebobulochnykh izdelij produktami pererabotki dikorastushchih gribov / R. S. Muzalevskaya, M. V. Vlasova // Pishchevaya promyshlennost'. – 2010. – № 6. – S. 56-57.

3. SHCHeglova I.V. Vliyanie vakuumno-impul'snoy obrabotki gribov na aminokislotnyj sostav i tripsiningibiruyushchuyu aktivnost' / I. V. SHCHeglova, A. L. Vereshchagin // Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. – 2010. – № 1. – S. 25-28.

4. Chen CC, Kuo YH, Cheng JJ, et al. Three new sesquiterpene aryl esters from the mycelium of *Armillaria mellea*. *Molecules*. 2015;20(6):9994-10003.

5. Chi CW, Chen CC, Chen YJ. Therapeutic and radiosensitizing effects of armillaridin on human esophageal cancer cells. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2013;2013:459271.

6. Erbiai EH, da Silva LP, Saidi R, et al. Chemical Composition, Bioactive Compounds, and Antioxidant Activity of Two Wild Edible Mushrooms *Armillaria mellea* and *Macrolepota procera* from Two Countries (Morocco and Portugal). *Biomolecules* 2021, 11, 575.

7. Guo WJ, Guo SX. Triterpene from *Armillaria mellea*. *Chemistry of Natural Compounds*. 46 (6): 995–996. Bibcode:2011CNatC.46.995J. doi:10.1007/s10600-011-9809-4. S2CID 189785379.

8. Kostić M., Smiljković M., Petrović J., et al. Chemical, nutritive composition and a wide range of bioactive properties of honey mushroom *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) Kummer. *Food Funct*. 2017 Sep 20;8(9):3239-3249. doi: 10.1039/c7fo00887b.

9. Li Z-L, Wang S-M, Wang H Honey Mushroom, *Armillaria mellea* (*Agaricomycetes*) and Its Fermentation Products Target Regulation of OAT1/OAT3 Proteins to Reduce Hyperuricemia in Mice. *W Frontiers in Bioscience-Landmark*. September 2023 28(9):228. doi: 10.31083/j.fbl2809228.

10. Liu TP, Chen CC, Shiao PY, et al. Armillaridin, a honey medicinal mushroom, *Armillaria mellea* (higher *Basidiomycetes*) component, inhibits differentiation and activation of human macrophages. *Int J Med Mushrooms*. 2015;17(2):161-168.

11. Łysakowska P., Sobota A., Wirkijowska A. Medicinal Mushrooms: Their Bioactive Components, Nutritional Value and Application in Functional Food Production – A Review. *Molecules*. 2023 Jul 14;28(14):5393. doi: 10.3390/molecules28145393.

12. Muszynska B, Maslanka A, Ekiert H, Sulkowska-Ziaja K (2011). Analysis of indole compounds in *Armillaria mellea* fruiting bodies. *Acta Poloniae Pharmaceutica*. 68 (1): 93-97.