

УДК 635.82

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

ШАМПИНЬОНЫ И ИХ ПОЛЕЗНЫЕ КАЧЕСТВА

Баюров Леонид Иванович

к. с.-х. н., доцент

SPIN-код: 3777-5470, AuthorID: 270952

Тел.: 8(918)413-51-86

E-mail: leo56@mail.ru

Дмитриенко Станислав Николаевич

к.б.н., ведущий специалист

SPIN-код: 2175-0529, AuthorID: 675058

Тел.: 8(918)676-49-95

E-mail: stas47@mail.ru

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

В различных регионах мира, особенно в развивающихся странах, существует огромный разрыв между производством продуктов питания и растущими потребностями населения. Грибы считаются функциональными продуктами питания с высокой пищевой, кулинарной и фармакологической ценностью, и наблюдается увеличение их потребления как в рационе питания, так и в виде пищевых добавок. Съедобные грибы ценятся не только за их уникальный вкус и текстуру, но и за их питательную ценность. Особое значение среди компонентов грибной ткани имеют азотистые соединения, особенно белок, свободные аминокислоты, амины, нуклеиновые кислоты, мочевина и хитин. Съедобные грибы легко достать и их можно использовать для решения проблемы продовольственного кризиса в настоящем и будущем, а также в качестве функциональных продуктов питания для профилактики и лечения заболеваний. Самым культивируемым грибом в мире является шампиньон, за ним следуют шиитаке, вешенка и опенок. Род Шампиньоны (*Agaricus*) является коммерчески важным на мировом грибном рынке. Благодаря своей питательной ценности и экономической выгоде шампиньоны ценятся как потребителями, так и сельхозпроизводителями. Способность этой культуры давать до пяти-шести урожаев в год, а также постоянный спрос на нее гарантируют экономический успех потенциальным производителям шампиньонов. Мировое производство шампиньонов сосредоточено более, чем в 70 странах. В промышленных грибоводческих комплексах, применяющих многозональные технологии в закрытых помещениях или теплицах, культивируются штаммы двуспорового шампиньона. Искусственно полученный мицелий высаживается на специальный

UDC 635.82

4.1.2. Plant breeding, seed production and biotechnology

CHAMPIGNONS AND THEIR USEFUL QUALITIES

Bayurov Leonid Ivanovich

Cand.Agr.Sci., associate Professor

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

Tel.: 8(918)413-51-86

E-mail: 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

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

In various regions of the world, especially in developing countries, there is a huge gap between food production and the growing needs of the population. Mushrooms are considered functional foods with high nutritional, culinary and pharmacological value, and there is an increase in their consumption both in the diet and in the form of dietary supplements. Edible mushrooms are valued for their not only unique taste and texture, but also for their nutritional value. Nitrogenous compounds are of particular importance among the components of fungal tissue, especially protein, free amino acids, amines, nucleic acids, urea and chitin. Edible mushrooms are easy to obtain and can be used to solve the food crisis in the present and future, as well as functional foods for the prevention and treatment of diseases. The most cultivated mushroom in the world is champignon, followed by shiitake, oyster mushroom and open mushroom. The genus *Champignons* (*Agaricus*) is commercially important in the global mushroom market. Due to their nutritional value and economic benefits, both consumers and agricultural producers appreciate champignons. The ability of this crop to produce up to five to six harvests per year, as well as the constant demand for it, guarantee the economic success of potential producers of champignons. The global production of champignons is concentrated in more than 70 countries. In industrial mushroom-growing complexes using multi-zone technologies in enclosed spaces or greenhouses, strains of double-porcini champignons are cultivated. The artificially obtained mycelium is planted on a special substrate, where a mycelium develops, leading to the formation of fruit bodies. This method allows you to achieve yields of up to 20 kg/m² in one growing cycle

субстрат, где развивается грибница, приводящая к образованию плодовых тел. Такой метод позволяет достичь урожайности до 20 кг/м² за один цикл выращивания

Ключевые слова: ШАМПИНЬОНЫ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ, БЕЛКИ, ЖИРЫ, УГЛЕВОДЫ, ВИТАМИНЫ, АМИНОКИСЛОТЫ

Keywords: CHAMPIGNONS, BIOLOGICAL VALUE, PROTEINS, FATS, CARBOHYDRATES, VITAMINS, AMINO ACIDS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-213-001>

Введение. Грибы – это уникальные организмы, принадлежащие к царству грибов. Они состоят из двух основных структур: мицелия и плодовых тел. Мицелий – это вегетативная часть гриба, состоящая из сети нитей, называемых гифами. Он является основной стадией роста и отвечает за поглощение питательных веществ из окружающей среды. Эта разветвленная сеть может распространяться на большие площади, часто скрытые от глаз, и играет важнейшую роль в разложении органических веществ, способствуя круговороту питательных веществ в экосистемах. Мицелий также может образовывать симбиотические связи с растениями, известные как микориза. Они способствуют усвоению питательных веществ как грибами, так и растениями, демонстрируя взаимосвязь жизни в почвенных экосистемах.

История существования грибов началась еще в силурийский период палеозойской эры (408–438 млн лет тому назад) [5]. Съедобные грибы, являвшиеся лишь частью разнообразия всех этих организмов на протяжении 300 млн лет, вероятно, уже собирались и использовались доисторическими людьми как в пищу, так и, возможно, в качестве лекарственных средств [7].

Хорошо известно, что в растительных белках присутствует относительно низкое содержание незаменимых аминокислот в сравнении с белками животного происхождения и скелетных мышц человека. Поскольку существует большая вариабельность аминокислотного состава различных

<http://ej.kubagro.ru/2025/09/pdf/01.pdf>

источников растительного белка, сбалансированная комбинация их различных источников может обеспечить получение высококачественной белковой смеси.

Исходя из этого положения, белок, содержащийся в грибах, включает в себя все девять незаменимых аминокислот, в отличие от большинства других растительных источников протеина, в которых обычно отсутствует одна или несколько. Кроме того, в грибах много аминокислот с разветвленной цепью (лейцина, изолейцина и валина), которые обычно содержатся только в белках животного происхождения.

На самом деле белки, содержащиеся в грибах, по качеству почти не уступают белкам животного происхождения, в том числе содержащимся в мясе. В лабораторных условиях усвояемость белка, аминокислотный показатель, скорректированный с учетом усвояемости белка, индекс незаменимых аминокислот и коэффициент эффективности белка показали хорошие результаты в исследованиях, продемонстрировав, что содержание аминокислот в грибах сопоставимо с содержанием аминокислот в овальбумине (основном белке куриного яйца) и превосходит показатели сои и пшеницы (согласно эталонным стандартам ВОЗ/ФАО).

Почти пятикратный рост потребления грибов за последние 20 лет стал возможен благодаря повышению осведомленности о их пользе для здоровья, улучшению качества рациона и признанию их как функционального продукта. Примерно 54 % мировой грибной индустрии приходится на съедобные грибы, 38 % — на лекарственные и 8 % — дикорастущие грибы. Мировое производство съедобных грибов по родам распределяется следующим образом: шиитаке (*Lentinula edodes*) — 22 %, вешенка (*Pleurotus spp.*) — 19, аурикулярия (*Auricularia spp.*) — 18, шампиньон двусporовый (*Agaricus bisporus*) — 15, опенок (*Flammulina spp.*) — 11, вольвариелла (*Volvariella spp.*) — 5 % и другие — 10 % [16].

Помимо необходимых питательных веществ, грибы содержат ряд биологически активных соединений, в том числе полисахариды, лектины, терпеноиды, стеролы и алкалоиды, которые могут положительно влиять на здоровье. Клеточные стенки грибов содержат полисахариды, в том числе β -глюканы и хитин, которые положительно влияют на иммунную и защиты сердечно-сосудистую системы путем улучшения метаболизма глюкозы и липидов. Влияние на сердечно-сосудистую систему также обусловлено наличием ловастатина и полифенолов, известных соответственно своими гиполипидемическим и антиоксидантным действием [14]. Грибковые лектины, выполняющие ряд биологических функций, в том числе участвующие в передаче клеточных сигналов, привлекли внимание благодаря своей иммуномодулирующей, антипrolиферативной и противоопухолевой активности [9]. Алкалоиды, содержащиеся в грибах, обладают биологической активностью, в том числе антиоксидантными, антибактериальными, противовоспалительными и нейропротекторными свойствами.

Обсуждение. Исторический путь грибоводства начался в конце XVII века во Франции, когда шампиньоны (*Agaricus bisporus*) впервые были выращены в пещерах. Этот гриб быстро завоевал признание, что привело к его распространению и выращиванию как в Европе, так и в США. Здесь коммерческое выращивание грибов стартовало примерно в начале XX в.

В природе существует около 12 000 различных видов грибов, но в пищу употребляются менее 25 из них, и лишь несколько видов имеют коммерческую ценность [17]. Было установлено, что содержание белка в грибах варьируется от 13,8 до 38,5 г/100 г, углеводов – от 32 до 61,4 г/100 г, а содержание жиров – от 0,4 до 5,9 г/100 г и от 15 до 30 % суточной витаминно-минеральной потребности. Анализ состава грибов показал, что они являются отличным источником питательных веществ, содержат большое количество пищевых волокон и белка, мало жира и являются хорошим источником фосфора, хотя в них мало витамина С [10].

Шампиньон двуспоровый (*Agaricus bisporus*) является грибом-базидиомицетом из семейства Шампиньоновых. Родовое название *Agaricus* происходит от др.-греч. Ἄγαρις (Агария), названия местности в Сарматии, поскольку, по словам греческого врача, фармацевта и ботаника Педания Диоскорида, он был завезен из Агарии. Видовое название происходит от лат. *bis* – «дважды» и от греч. *σπόρα* – «семя», так как на каждом базидии образуются только две споры.

Плодовое тело – это, собственно, и есть репродуктивная структура, которую мы обычно и называем «грибом». Эта часть производит споры, необходимые для размножения грибов. Споры микроскопические, и их могут разносить ветер, вода или животные, что позволяет грибам заселять новые территории (рисунок 1).

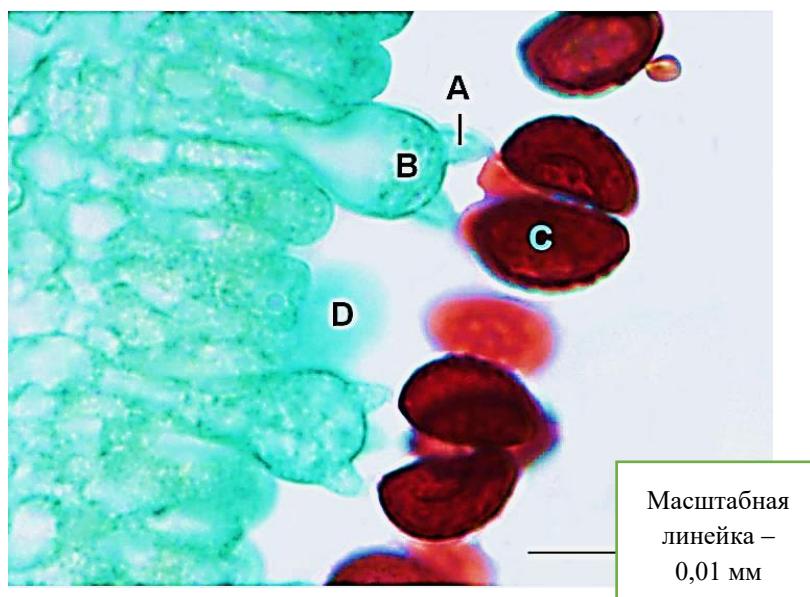


Рисунок 1 – Световая микроскопия шампиньона с пластинчатым гименофором:
А – стеригма; В – базидий, С – базидиоспора, D – незрелые базидии.

Формирование плодового тела часто зависит от таких факторов окружающей среды, как температура, влажность и наличие питательных веществ, что делает его интересным объектом для изучения в области биологии грибов. Понимание функций и особенностей этих двух структур необходимо для оценки потенциальной пользы грибных добавок, посколь-

ку и мицелий, и плодовые тела содержат множество биологически активных соединений, которые могут поддерживать здоровье, в том числе полисахариды, терпеноиды и антиоксиданты. Эти соединения обладают различными полезными свойствами, такими как поддержка иммунитета, противовоспалительные свойства и даже потенциальное противораковое действие, что делает грибы ценным продуктом как в кулинарии, так и в медицине.

Общий объем мирового производства съедобных грибов оценивается в 5,5–6,0 млн тонн. Наряду с шампиньонами, значительные объемы приходятся на вешенку (примерно 1,5 млн т) и шиитаке (около 0,8 млн т). Китай занимает первое место в мировой грибной индустрии, производя около 1 млн тонн грибов ежегодно. США находятся на второй позиции с объемом около 380 тыс. тонн, за ними следуют Нидерланды (более 280 тыс.) и Франция (около 230 тыс. тонн). На эти четыре страны приходится около 60 % всего мирового производства съедобных грибов.

По оценкам Polaris Market Research и The Business Research Company, мировой рынок грибов (включая шампиньоны) демонстрирует уверенный рост. В 2024 г. его объем составил 65,6 млрд. долларов с последующим увеличением до 71,8 млрд. в 2025 г. К 2029 г. прогнозируется, что рынок превысит 105 млрд. долларов, при этом среднегодовой темп роста будет находиться в диапазоне 8–10 % [1].

В прогнозируемый период с 2025 по 2032 гг. рынок, вероятно, будет расти в среднем на 5,8 % в год, в первую очередь за счет растущего спроса на экологически чистые продукты питания. Этот рост обусловлен такими факторами, как растущий спрос на растительные и органические продукты питания. Грибы содержат мало калорий и натрия, не содержат жиров и холестерина и считаются альтернативным источником белка среднего и высокого качества. Они также содержат клетчатку, витамины группы В, селен, калий, глутатион и L-эрготионеин – аминокислоту, которая не синтезируется в организме.

зируются высшими растениями и животными. Хотя его физиологическая роль до конца не изучена, предполагается, что он обладает превосходными антиоксидантными свойствами, который может защищать от повреждения тканей, связанного с некоторыми хроническими заболеваниями [8, 11, 12].

В Европе происходит модернизация грибной индустрии: мелкие, устаревшие производства заменяются крупными, современными предприятиями. Она является крупнейшим центром выращивания шампиньонов, где их ежегодно выращивается около 1,38 млн тонн. Польша стала лидером европейского производства шампиньонов, производя около 320 тыс. тонн, причем 80 % из них идут на экспорт в свежем виде. В Австралии, напротив, наблюдается замедление роста грибной индустрии из-за приближения рынка к насыщению, несмотря на высокое потребление на душу населения (3,2 кг). По данным индийской аналитической компании Data Bridge Market Research, рынок шампиньонов демонстрирует уверенный рост: если в 2022 г. его объем составлял 18,03 млрд. долларов США, то к 2030 г. ожидается достижение отметки в 32,88 млрд долларов, что соответствует среднегодовому темпу роста в 7,8 % [2, 3]. Динамика роста производства шампиньонов в России остается высокой, о чем свидетельствует десятикратное увеличение объемов российскими компаниями за 2016–2023 гг. (рисунок 2).

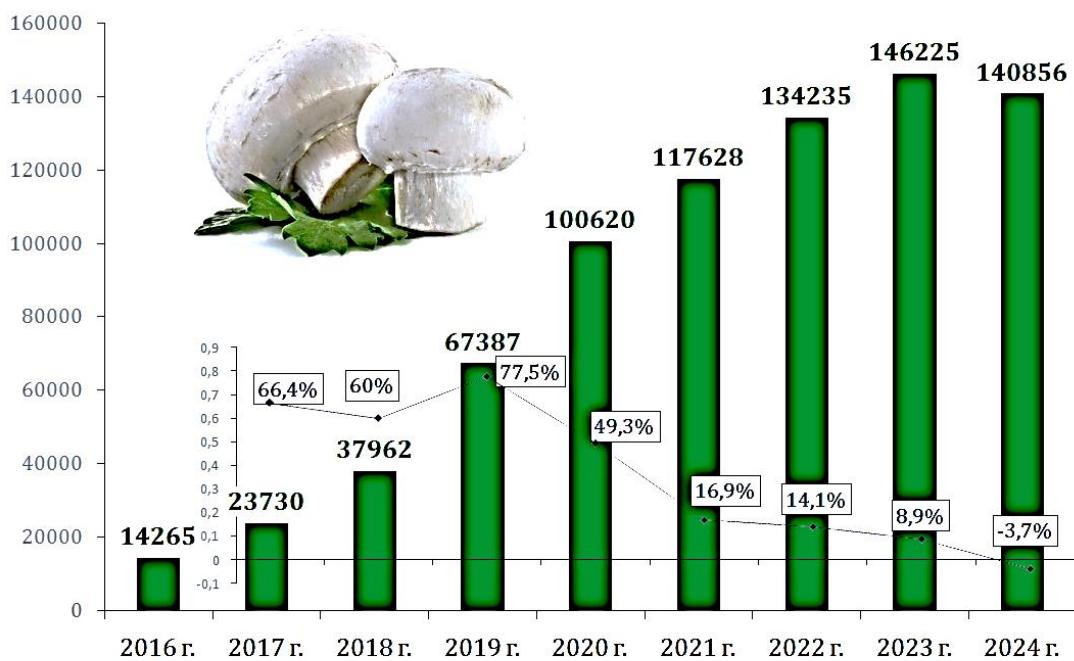


Рисунок 2 – Динамика производства шампиньонов в РФ в 2016–2024 гг., т

В 2023 г. российские грибоводческие предприятия достигли рекордного показателя, собрав 145,9 тыс. т грибов. Лидерами по популярности в стране остаются шампиньоны и вешенки. Основная доля (81 %) шампиньонов выращивается в Центральном и Южном Федеральных округах. Ожидается, что к 2027 г. их производство, благодаря запуску новых предприятий, увеличится примерно на 57 тыс. т [4].

Хотя по мере насыщения рынка, наблюдается тенденция к снижению темпов прироста, что создает потенциальный риск стагнации в будущем. Тем не менее, для российских производителей сохраняются значительные возможности как в части импортозамещения, так и в развитии экспортного потенциала.

Согласно данным, полученным К. Уокером [18], Р. Билманом и К. Эдвардсом [6], в сухом веществе шампиньонов содержится до 46–60 % углеводов или 2,45–5,75 г/100 г свежих грибов соответственно. Минеральные

элементы, содержащиеся в грибах (калий, кальций, цинк, медь, фосфор, сера, марганец), пополняют запас этих веществ в организме и благотворно влияют на многие функции. Русское название «шампиньон» происходит от французского *champignon* («гриб»), которое, в свою очередь, берет начало от латинского *fungus campaniulus* – «полевой гриб».

Существует три основных цветовых типа двусporового шампиньона, различающихся по цвету шляпки: белый, кремовый и коричневый. Эти вариации являются результатом генетических особенностей выращиваемых штаммов и стадии развития гриба. Белые шампиньоны – это самая ранняя стадия развития, характеризующаяся небольшими (1,2–7,5 см) плодовыми телами с мягким вкусом.

Кремовые или кремини (иногда называемые также «королевскими шампиньонами») представляют собой чисто культивируемую форму размером от 2,5 до 7,5 см в диаметре. Их вкус более насыщенный, чем у белых. Портобелло (portobello) – это полностью созревшие коричневые шампиньоны с раскрытым шляпкой (диаметром 10–15 см и более). Они славятся своим насыщенным «мясным» вкусом и плотной структурой (рисунок 3).



Рисунок 3 – Цветовые типы шампиньона двуспорового (*Agáricus bísporus*):
а) белые; б) кремини; в) портобелло

Польские исследовательницы Гражина Яворска и Эмилия Бернаш изучили содержание аминокислот в плодовых телах вешенок и шампиньонов.

нов. Белковый азот составил 87 % от общего его содержания у шампиньонов и 72 % у вешенок. У обоих видов глутамин был наиболее часто встречающейся эндогенной аминокислотой, а лейцин – экзогенной.

Самой редкой эндогенной аминокислотой был глицин, а из экзогенных – метионин и цистеин. В пересчете на 100 г сырого вещества вешенки по сравнению с шампиньонами содержали больше (на 14–21 %) аргинина, тирозина и валина, но меньше (на 5–38 %) аланина, аспарагина, глутамина, глицина, цистеина и гистидина [13].

Китайские исследователи во главе с Чжэн-Люнь May установили, что белки, составляющие от 4 до 35 % сухого вещества грибов, содержат много (32,9–48,5 г/100 г белка) таких незаменимых аминокислот, как лейцин, изолейцин, валин, лизин и треонин [15].

Материал и методика исследований. Аминокислоты, необходимые для жизни животных и человека, делятся на две группы: заменимые и незаменимые. Незаменимые аминокислоты не могут быть синтезированы организмом и должны поступать с пищей. Белки состоят из более чем 20 различных аминокислот, и их состав определяет свойства каждого белка.

Хотя организм человека способен преобразовывать некоторые аминокислоты в другие, существует девять незаменимых аминокислот (лизин, метионин, триптофан, треонин, валин, лейцин, изолейцин, гистидин и фенилаланин), которые должны поступать в организм одновременно и в правильных пропорциях для эффективного синтеза белков. Потребность в некоторых аминокислотах (например, аргинине, глицине и пролине) варьируется в зависимости от вида организма и его стадии развития. Заменимые аминокислоты, напротив, производятся самим организмом.

Аминокислоты играют ключевую роль в регуляции метаболических процессов, поддерживая здоровье, выживание, рост, развитие, лактацию и репродуктивную функцию. Важно отметить, что усвоемость и биодоступность аминокислот, а не их концентрация, являются определяющими

факторами при оценке качества белка. Для грибов, включая шампиньоны, лимитирующими аминокислотами (то есть теми, которых не хватает) являются лизин, метионин и триптофан.

Для анализа аминокислотного состава шампиньонов нами была произведена закупка небольших партий этих грибов в нескольких предприятиях торговой сети г. Краснодара. Исследования проводились на аминокислотном анализаторе в условиях биохимической лаборатории кафедры физиологии и кормления сельскохозяйственных животных КубГАУ.

Данные по содержанию аминокислот представлены в таблице 1. Как видно из ее данных, общее содержание аминокислот в шляпке составило 1,74 г/100 г, а в ножке – 0,65 г/100 г. При этом доля НАК в шляпке составила 0,705 г/100 г, а в ножке – 0,070 г/100 г грибной массы. В свою очередь, соотношение незаменимых аминокислот к общему их количеству в шляпке составило 40 %, а в ножке – 29 %. Соотношение содержания НАК в шляпке и плодоножках составило 1,4 : 1.

Таблица 1 – Содержание аминокислот в шампиньонах

Показатели	Образец № 1 (ножки)		Образец № 2 (шляпки)		Итого	
	г/100 г	мг/г белка	г/100 г	мг/г бел- ка	г/100 г	мг/г белка
<i>Незаменимые аминокислоты (НАК)</i>						
Изолейцин	0,013	16	0,028	16	0,041	32
Лейцин	0,050	61	0,081	47	0,131	108
Лизин	0,025	30	0,057	33	0,082	63
Метионин	0,012	15	0,019	11	0,031	26
Цистеин	0,006	7	0,014	8	0,020	15
Фенилаланин	0,040	49	0,300	173	0,340	222
Тирозин	0,020	24	0,051	29	0,071	53
Треонин	0,025	30	0,061	35	0,086	65
Валин	0,045	55	0,094	54	0,139	109
Сумма НАК	0,070	287	0,705	406	0,775	693
<i>Заменимые аминокислоты (ЗАК)</i>						
Аспарагиновая	0,059	72	0,112	64	0,171	136
Глютаминовая	0,106	130	0,290	167	0,396	297
Серин	0,034	41	0,068	39	0,102	80
Гистидин	0,297	363	0,341	196	0,638	559
Глицин	0,025	30	0,060	35	0,085	65
Аргинин	0,018	22	0,037	21	0,055	43
Аланин	0,027	33	0,090	52	0,117	85
Пролин	0,018	21	0,036	21	0,054	42
Сумма ЗАК	0,584	712	1,034	595	1,618	1307
Общая сумма аминокислот	0,654	999	1,739	1001	2,393	2000

Лимитирующей аминокислотой из незаменимых явился цистеин (15 мг/г белка), а фенилаланин содержался в наибольшем количестве, особенно в шляпках (173). Он оказывает тонизирующее действие на нервную систему, способствуя улучшению эмоционального состояния и уменьшению боли. Уровень метионина также был сравнительно низким 26 мг/г белка. В метаболизме жиров, фосфолипидов и витаминов эта важнейшая аминокис-

лота выполняет важную функцию: он необходим для образования холина, вещества, которое препятствует накоплению жира в печени и артериях, тем самым оберегая эти органы от ожирения. Кроме того, метионин помогает организму избавиться от тяжелых металлов, обеспечивает защиту от радиации и участвует в синтезе адреналина надпочечниками.

Минимальным уровнем среди заменимых аминокислот отличался пролин (42), а максимальным – гистидин (559 мг/г белка). Пролин участвует в формировании коллагена, регенерации хрящевой ткани, восстановлении суставов, образовании соединительной ткани, восстановлении поврежденной кожи, ран и слизистой оболочки кишечника. Гистидин необходим для поддержания синтеза белка, роста и развития, восстановления тканей, укрепления иммунитета, выработки гистамина и образования гемоглобина.

Как известно, биологическая полноценность белка напрямую зависит от его аминокислотного состава, причем ключевую роль при этом играют незаменимые аминокислоты и их пропорции. Важны также степень перевариваемости и усвоемости белка организмом. В процессе катаболизма аминокислот формируются метаболиты, которые либо служат исходными веществами для других реакций, либо активируют сигнальные каскады, регулирующие физиологические процессы в органах. К примеру, аминокислотный пул имеет первостепенное значение для иммунной системы, поскольку эффективность ее работы напрямую зависит от наличия конкретных аминокислот.

Продукты распада аминокислот, образующиеся в ходе метаболизма, существенно влияют на функционирование и дифференцировку эмбриональных стволовых клеток (ЭСК). Исследования показали, что дифференцировка и самообновление ЭСК зависят от катаболизма пролина. Более того, катаболизм треонина или метионина приводит к образованию молекул, участвующих в модификации гистонов (метилировании и ацетилирова-

нии), что является необходимым условием для дифференцировки и пролиферации ЭСК.

Показатели качества в основном зависят от аминокислотного состава белка, на который следует обращать особое внимание. Для оценки качества белка в изученных образцах шампиньонов нами были рассчитаны аминокислотные индексы (таблица 2).

Таблица 2 – Аминокислотные индексы сырых шампиньонов

Образец	Содержание аминокислот в 100 г белка, г			Соотношение, %	
	Всего	в том числе			
		незаменимых (НАК)	заменимых (ЗАК)	НАК/ЗАК	НАК/сумма АК
Шампиньоны сырье	2,393	0,775	1,618	47,9	32,4

Соотношение (индекс) незаменимых аминокислот (НАК) к заменимым аминокислотам (ЗАК) в исследованных образцах составило 47,9 %. Это значение ниже, чем у «эталонного» белка, где этот индекс равен 56 %. Индекс НАК к общим аминокислотам в образцах составил 32,4, что также меньше эталонного показателя, равного 36,0. Аминокислотный скор (АС) – это мера биологической ценности белка, которая оценивает его «строительный потенциал». Он анализирует не только количество, но и пропорции незаменимых аминокислот.

Для оценки качества белка по незаменимым аминокислотам (ЗАК) сравнивают их содержание в пищевом белке с эталонным рационом. Если отношение содержания аминокислоты в пище к эталонному значению превышает 1, это указывает на ее достаточное количество. Наименьшее из этих соотношений для всех девяти ЗАК определяет химический показа-

тель, отражающий дефицит самой дефицитной аминокислоты. Показатель выше 1 означает отсутствие дефицита. Значение ниже 1 указывает на наличие лимитирующей аминокислоты, степень дефицита которой и отражает этот показатель.

Например, показатель 0,8 говорит о 20%-ном недостатке наиболее дефицитной аминокислоты по сравнению с нормой. Этот дефицит можно компенсировать увеличением общего потребления белка на 20 %. Важно понимать, что такой метод оценки упрощен, так как рассматривает только один источник белка, тогда как реальный рацион обычно включает несколько белковых продуктов. Мы рассчитали АС в исследованных образцах шампиньонов и получили следующие результаты (таблица 3).

Таблица 3 – Аминокислотные скоры (АС) шампиньонов, %

НАК	Эталон ФАО/ВОЗ (2011)		Шампиньоны		
	мг/г белка	АС, %	ножки	шляпки	в среднем
Изолейцин	30	100	53,3	53,3	53,3
Лейцин	61	100	100,0	77,0	88,5
Лизин	48	100	62,5	54,1	58,3
Метионин + цистеин	23	100	95,6	82,6	89,1
Фенилаланин + тирозин	41	100	178,0	492,7	335,3
Тreonин	25	100	120,0	140,0	130,0
Валин	40	100	137,5	135,0	136,2
Всего:	284,0	100	746,9	1039,2	839,0

По сути, АС показывает, насколько эффективно организм сможет использовать азот из данного белка для создания собственных белковых структур, что необходимо для постоянного обновления и поддержания всех тканей. Избыток одних аминокислот в белке может быть использован

организмом для других нужд, например, как источник энергии или для других азотсодержащих соединений.

Чтобы понять, насколько качественны белки, которые мы получаем из пищи, ФАО и ВОЗ разработали систему оценки аминокислот. Изначально использовалась «Оценка аминокислот с поправкой на усвояемость белка» (PDCAAS – Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score). Однако, для более точного определения качества белка и преодоления недостатков предыдущей системы, была рекомендована новая – «Оценка незаменимых аминокислот с поправкой на усвояемость» (DIAAS – Digestible Indispensable Amino Acid Score).

Главное преимущество DIAAS в том, что она опирается на фактическую усвояемость каждой незаменимой аминокислоты непосредственно в тонком кишечнике (подвздошной кишке). Это позволяет более точно судить о том, сколько аминокислот реально попадает в организм из потребляемой пищи. Если белок содержит много незаменимых аминокислот, показатели DIAAS могут быть выше 100 %.

Кроме того, необходимо учитывать не только сами аминокислоты как «строительные блоки» для белков и других азотсодержащих веществ, но и продукты их распада. Эти метаболиты играют важную роль в регулировании активности генов, что, в свою очередь, влияет на множество процессов в клетках разных органов и тканей.

Важно отметить, что в процессе расщепления аминокислот участвуют новые факторы, включая микрофлору кишечника. Следовательно, современная наука должна уделять больше внимания влиянию распада аминокислот на организм в целом, включая его практическое применение.

Ключевым фактором эффективности использования белка является сбалансированность незаменимых аминокислот в нем относительно физиологической нормы. Существует также показатель, который отражает «лишние» незаменимые аминокислоты в белке, то есть те, которые не ис-

пользуются для построения тканей. Он сравнивает их с эквивалентным количеством в эталонном белке. Учитывая, что организм способен частично компенсировать недостаток метионина за счет цистеина (до 89 %) и фенилаланина за счет тирозина (до 75 %), эти пары аминокислот при расчете АС оцениваются совместно.

Как видно из данных таблицы 3, наибольшим аминокислотным скопом среди всех изученных НАК отличались фенилаланин +тироzin, валин и треонин. Наибольший дефицит присутствовал по изолейцину, лизину и лейцину.

Выводы. Грибы являются важным пищевым ресурсом, который ценится за высокое содержание белка, углеводов, минералов, необходимых и полезных для здоровья людей и способных обогащать вкусовые качества пищи. Как источник растительного белка, они являются питательной и экологичной альтернативой мясу и обладают значительными преимуществами с точки зрения меньшего потребления воды и земельных ресурсов. Однако в настоящее время они пока не являются экономически выгодной альтернативой белкам животного происхождения.

Кроме того, многочисленные исследования показали, что съедобные грибы содержат различные биологически активные соединения, обладающие антиоксидантным, антибактериальным, гепатопротекторным, антирадикальным, антигипергликемическим, антиангидиогенным, противовоспалительным, противоопухолевым и противоаллергическим действиями.

Список литературы:

1. Макеев, А. Бизнес-план по выращиванию шампиньонов в 2025 году: с чего начать и как зарабатывать [Электронный ресурс] – URL: <https://gros.farm/ru/ru/blog/biznes-plan-shampinony-2025> (дата обращения 24.08.2025).
2. Мировой рынок шампиньонов – тенденции отрасли и прогноз до 2030 года [Электронный ресурс] – URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/ru/reports/global-button-mushroom-market> (дата обращения 24.08.2025).

3. Солдатенко, А. В. Промышленное грибоводство как инновационное направление экономической деятельности в сфере АПК РФ / А. В. Солдатенко, А. Ф. Разин, Р. Нурметов [и др.] // Овощи России. – 2018. – № 3. – 89-92.
4. Суворов, А. Рынок промышленных грибов в России сегодня и завтра [Электронный ресурс] – URL: <https://agri-news.ru/novosti/rynek-promyshlennyykh-gribov-v-rossii-segodnya-i-zavtra/> (дата обращения 24.08.25).
5. Alexopoulos CJ, Mims CW & Blackwell M, Introductory Mycology / John Wiley & Sons, New York, 1996; 53.
6. Beelman, R. B.; Edwards, C. G. Variability in the composition and nutritional value of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. *Mushroom News* 1989, 37, 17, 20-26.
7. Chang ST & Miles PG, *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect and Environmental Impact*. (CRC Press LLC, Boca Raton), 2004; 1.
8. Cheah, I. K., & Halliwell, B. (2012). Ergothioneine: antioxidant potential, physiological function and role in disease. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1822(5), 784-793.
9. Cox-Georgian D., Ramadoss N., Dona C., Basu C. Therapeutic and Medicinal Uses of Terpenes. In: Joshee N., Parajuli P., Dhekney S.A., editors. *Medicinal Plants: From Farm to Pharmacy*. Springer; Cham, Switzerland: 2019; pp. 333-359.
10. Dimopoulou, M.; Kolonas, A.; Mourtakos, S. et al. Nutritional Composition and Biological Properties of Sixteen Edible Mushroom Species. *Appl. Sci.* 2022, 12, 8074.
11. Dubost N.J., Beelman R.B., Peterson D., Royse D.J. Identification and Quantification of Ergothioneine in Cultivated Mushrooms by Liquid Chromatography-Mass Spectrometry. *Int. J. Med. Mushrooms*. 2006;8:215-222.
12. Halliwell B., Cheah I.K., Tang R.M.Y. Ergothioneine – A Diet-Derived Antioxidant with Therapeutic Potential. *FEBS Lett.* 2018;592:3357-3366.
13. Jaworska G., Bernaś E. Comparison of amino acid content in canned *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus bisporus* mushrooms // Vegetable crops research bull / Research Inst. of Vegetable Crops. – Skierniewice, 2011. – Vol. 74. – P. 107-115.
14. Kala K., Kryczyk-Poprawa A., Rzewinska A., Muszynska B. Fruiting Bodies of Selected Edible Mushrooms as a Potential Source of Lovastatin. *Eur. Food Res. Technol.* 2020; 246:713-722.
15. Mau JL, Lin HC, Chen CC (2002). Antioxidant properties of several medicinal mushrooms. *J. Agric. Food. Chem.* 50:6072-6077.
16. Royse DJ, Baars J, Tan Q. Current overview of mushroom production in the world. *Edible and medicinal mushrooms: technology and applications*. 2017:5-13.
17. Shin, C.K., Yee C.F., Shya L.J. and Atong M., 2007. Nutritional properties of some edible wild mushrooms in Sabah. *J. Applied Sci.*, 7: 2216-2221.
18. Walker, C. A marketing review of nutritional aspects of *Agaricus bisporus*. *Cultivated Mushroom Research (CMR) Newsletter* 1996, 3, 45-51.

References

1. Makeev, A. Biznes-plan po vyrashivaniyu shampinonov v 2025 godu: s chego nachat i kak zarabatyvat [Электронный ресурс] – URL: <https://gros.farm/ru-ru/blog/biznes-plan-shampinony-2025> (data obrasheniya 24.08.2025).
2. Mirovoj rynok shampinonov – tendencii otrasi i prognoz do 2030 goda [Электронный ресурс] – URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/ru/reports/global-button-mushroom-market> (data obrasheniya 24.08.2025).
3. Soldatenko, A. V. Promyshlennoe gribovodstvo kak innovacionnoe napravlenie ekonomicheskoy deyatelnosti v sfere APK RF / A. V. Soldatenko, A. F. Razin, R. Nurmetov [i dr.] // Ovoshi Rossii. – 2018. – № 3. – 89-92.

4. Suvorov, A. Rynok promyshlennyh gribov v Rossii segodnya i zavtra [Elektronnyj resurs] – URL: <https://agri-news.ru/novosti/rynek-promyshlennykh-gribov-v-rossii-segodnya-i-zavtra/> (data obrasheniya 24.08.25).
5. Alexopoulos CJ, Mims CW & Blackwell M, Introductory Mycology / John Wiley & Sons, New York, 1996; 53.
6. Beelman, R. B.; Edwards, C. G. Variability in the composition and nutritional value of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. *Mushroom News* 1989, 37, 17, 20-26.
7. Chang ST & Miles PG, *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect and Environmental Impact*. (CRC Press LLC, Boca Raton), 2004; 1.
8. Cheah, I. K., & Halliwell, B. (2012). Ergothioneine: antioxidant potential, physiological function and role in disease. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1822(5), 784-793.
9. Cox-Georgian D., Ramadoss N., Dona C., Basu C. Therapeutic and Medicinal Uses of Terpenes. In: Joshee N., Parajuli P., Dhekney S.A., editors. *Medicinal Plants: From Farm to Pharmacy*. Springer; Cham, Switzerland: 2019; pp. 333-359.
10. Dimopoulou, M.; Kolonas, A.; Mourtakos, S. et al. Nutritional Composition and Biological Properties of Sixteen Edible Mushroom Species. *Appl. Sci.* 2022, 12, 8074.
11. Dubost N.J., Beelman R.B., Peterson D., Royse D.J. Identification and Quantification of Ergothioneine in Cultivated Mushrooms by Liquid Chromatography-Mass Spectroscopy. *Int. J. Med. Mushrooms*. 2006;8:215-222.
12. Halliwell B., Cheah I.K., Tang R.M.Y. Ergothioneine – A Diet-Derived Antioxidant with Therapeutic Potential. *FEBS Lett.* 2018;592:3357-3366.
13. Jaworska G., Bernaś E. Comparison of amino acid content in canned *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus bisporus* mushrooms // *Vegetable crops research bull / Research Inst. of Vegetable Crops.* – Skierniewice, 2011. – Vol. 74. – P. 107-115.
14. Kala K., Kryczyk-Poprawa A., Rzewinska A., Muszynska B. Fruiting Bodies of Selected Edible Mushrooms as a Potential Source of Lovastatin. *Eur. Food Res. Technol.* 2020; 246:713-722.
15. Mau JL, Lin HC, Chen CC (2002). Antioxidant properties of several medicinal mushrooms. *J. Agric. Food. Chem.* 50:6072-6077.
16. Royse DJ, Baars J, Tan Q. Current overview of mushroom production in the world. *Edible and medicinal mushrooms: technology and applications.* 2017:5-13.
17. Shin, C.K., Yee C.F., Shya L.J. and Atong M., 2007. Nutritional properties of some edible wild mushrooms in Sabah. *J. Applied Sci.*, 7: 2216-2221.
18. Walker C. A marketing review of nutritional aspects of *Agaricus bisporus*. *Cultivated Mushroom Research (CMR) Newsletter* 1996, 3, 45-51.