

УДК 635.89

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

ВЕШЕНКИ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛНОЦЕННОСТЬ

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

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

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

Грибы рода Вешенки (*Pleurotus spp.*) занимают особое место в мировой грибной индустрии. Их выращивают и используют в кулинарии по всему миру. Этот гриб популярен благодаря своему вкусу, аромату, богатому составу питательных веществ и потенциальным целебным свойствам. Вешенки – хороший источник белка, содержащего необходимые аминокислоты, а также полезных полисахаридов, жирных кислот, клетчатки, минералов и витаминов. Исследования показывают, что некоторые биологически активные вещества, особенно полисахаридно-белковые комплексы, содержащиеся в вешенках, могут оказывать положительное воздействие на организм. Их состав, включающий антиоксиданты, β-глюканы и другие биологически активные вещества, оказывает благотворное влияние на здоровье: укрепляет иммунитет, борется с воспалениями, нормализует уровень холестерина и сахара в крови, а также проявляет противораковые свойства. Благодаря своей высокой питательной ценности и потенциальной пользе для здоровья, вешенки рассматриваются как ценный функциональный продукт, обладающий фармакологическим значением. По содержанию сырого белка грибы уступают мясу животных по качеству, но превосходят большинство других продуктов. Вид *Pleurotus ostreatus* признан в качестве гриба, который выполняет двойную функцию для человека: как пищевую, так и лечебную. С медицинской точки зрения, вешенки рекомендованы людям, страдающим ожирением и сахарным диабетом

Ключевые слова: ВЕШЕНКИ, ПИЩЕВАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ, БЕЛКИ, ЖИРЫ, АМИНОКИСЛОТЫ, КЛЕТЧАТКА, МИНЕРАЛЫ,

UDC 635.89

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

OYSTER MUSHROOMS AND THEIR BIOLOGICAL VALUE

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

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

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

Mushrooms of the Oyster mushroom genus (*Pleurotus spp.*) occupy a special place in the global mushroom industry. They are grown and used in cooking all over the world. This mushroom is popular due to its taste, aroma, rich composition of nutrients and potential healing properties. Wheat is a good source of protein containing essential amino acids, as well as beneficial polysaccharides, fatty acids, fiber, minerals, and vitamins. Studies show that some biologically active substances, especially polysaccharide-protein complexes contained in oyster mushrooms, can have a positive effect on the body. Their composition, including antioxidants, beta-glucans and other biologically active substances, has a beneficial effect on health: It strengthens the immune system, fights inflammation, normalizes cholesterol and blood sugar levels, and exhibits anti-cancer properties. Due to their high nutritional value and potential health benefits, oyster mushrooms are considered as a valuable functional product with pharmacological significance. In terms of raw protein content, mushrooms are inferior in quality to animal meat, but superior to most other products. The *Pleurotus ostreatus* species is recognized as a fungus that performs a dual function for humans.: both food and medicine. From a medical point of view, oyster mushrooms are recommended for people suffering from obesity and diabetes mellitus

Keywords: OYSTER MUSHROOMS, NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE, PROTEINS, FATS, AMINO ACIDS, FIBER, MINERALS, VITAMINS

ВИТАМИНЫ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-214-038>

Введение. Ожидается, что к 2050 г. население нашей планеты вырастет до 10 млрд. человек. Такой интенсивный демографический рост, особенно в африканских странах, может обернуться нехваткой продовольствия, дефицитом микроэлементов, плохим питанием и повышенным потреблением нездоровой пищи, насыщенной консервантами. Это, в свою очередь, может увеличить риск инфекционных и неинфекционных заболеваний, а также повысить уровень смертности от них. Это стало поводом для поиска альтернативных источников пищи, которые легко доступны, сравнительно недороги и обладают достаточно высокой питательной ценностью.

Вешенки (*Pleurotus spp.*) имеют важное коммерческое значение на мировом рынке грибов. Она широко культивируется и употребляется в пищу в разных частях света. Многие люди ценят этот гриб за его вкус, аромат, высокую питательную ценность и некоторые лечебные свойства. Вешенки обычно богаты белками с незаменимыми аминокислотами, физиологически важными полисахаридами и незаменимыми жирными кислотами, пищевыми волокнами, важными минералами и некоторыми витаминами. Сообщалось, что наличие некоторых биологически активных веществ, в основном полисахаридно-белкового комплекса, в грибах рода *Pleurotus* обуславливает их фармакологический потенциал, в том числе противомикробное, антиоксидантное, противораковое, противовоспалительное, антигиперхолестеринемическое, антигипертензивное, противодиабетическое, гепатопротекторное и противоаллергическое действие. Высокая питательная ценность и потенциальная лекарственная польза позволяют считать вешенки фармакологически значимыми функциональными продуктами.

<http://ej.kubagro.ru/2025/10/pdf/38.pdf>

Обсуждение. Грибы на протяжении всей истории человечества ценились как вкусная и питательная пища, что свидетельствует о глубокой и древней связи между ними и людьми. На протяжении многих веков грибы занимали важное место в рационе людей по всему миру, ценясь за свои вкусовые качества и питательную ценность. Одной из главных задач в питании человека является обеспечение организма достаточным количеством качественного белка, необходимого для роста и развития. Помимо него, для поддержания здоровья важны и другие питательные вещества: углеводы, жиры, витамины, минералы и вода. Хотя грибы содержат меньше белка, чем мясо, они превосходят по этому показателю многие другие продукты, включая молоко. особенно выделяются Грибы рода *Pleurotus*, сочетая в себе пищевые и лечебные свойства, благодаря которым, грибы рода *Pleurotus* рекомендуются людям с избыточным весом и сахарным диабетом, что связано с их низкой калорийностью и содержанием простых сахаров [2]. Грибы полезны для здоровья благодаря синергии своих биологически активных веществ. Их регулярное употребление безопасно и полезно, что делает их перспективными для разработки биотехнологических продуктов в медицине.

Грибы рода *Pleurotus* имеют значительное коммерческое значение на мировом рынке, что обусловлено их широкомасштабным выращиванием в различных странах. Они выделяются своей способностью эффективно разлагать древесину и питаться широким спектром лесных и сельскохозяйственных отходов, что делает их уникальными среди других групп грибов. Динамика мирового рынка вешенок показывает, что в 2024 г. его объем составил 62,91 млрд. долларов США. Ожидается, что к 2033 г. этот рынок вырастет почти в два раза, достигнув 121,62 млрд. Высокая биологическая эффективность, экономически выгодные методы производства и адаптивность к различным субстратам делают грибы вешенки привлекательными для производителей [12].

Вешенка (род *Pleurotus*) – это широко известный и любимый съедобный гриб, отличающийся своей узнаваемой формой и приятной текстурой. Он относится к порядку *Agaricales* и семейству *Pleurotaceae*. Существует около 539 видов вешенок, которые ценятся за свой приятный специфический вкус и нежную мякоть. Этот гриб входит в тройку лидеров по объемам коммерческого выращивания, уступая лишь шампиньонам и грибам шиитаке. Свое название вешенка получила из-за внешнего сходства с устрицами. Характерные черты гриба – веерообразная шляпка, окрашенная в оттенки от серовато-коричневого до розовато-бежевого, и короткая, мясистая ножка, прикрепленная сбоку (рисунок 1).



Рисунок 1 – Грибы-вешенки (*Pleurotus ostreatus*)

Вешенка – это популярный съедобный гриб, который обычно растет группами, а не поодиночке. Шляпка мясистая и плотная, диаметром от 5 до 15 см. Она может быть округлой или иметь форму, напоминающую ухо. Вешенки представлены разнообразными видами, каждый из которых имеет свои отличительные черты. Например, обыкновенная вешенка отличается пепельно-серой или темно-коричневой шляпкой, поздняя (осенняя) – оливково-коричневой, рожковидная – охристой, коричневой или желтова-

то-коричневой, а легочная – кремовой. Несмотря на это, все вешенки объединяют общие признаки: их шляпка, как правило, асимметрична, с волнистыми, загнутыми краями, и может иметь оттенки от почти белого до желто-коричневого. Внутри шляпки располагаются белые пластинки, плавно переходящие на ножку. Сама ножка обычно белая, плотная и короткая, иногда вовсе отсутствует. Мякоть гриба плотная, волокнистая, у зрелых экземпляров может приобретать легкую резинистость и обладает приятным мучнистым ароматом. Молодые грибы отличаются выпуклой шляпкой, тогда как у старых она становится более плоской. Под шляпкой находятся толстые пластинки, идущие параллельно. Их цвет варьируется от нежно-кремового до серовато-белого. Ножка короткая (2–5 см), гладкая и белая с легким изгибом, асимметричная и сужается к основанию, имея толщину 0,8–3 см. Мякоть у гриба плотная и белая, с приятным вкусом. Однако с возрастом, она теряет свою сочность, становясь более жесткой и волокнистой. Цвет спор может быть белым, розовым или кремовым, что является отличительной чертой разных видов вешенки. Выращивание вешенки обыкновенной возможно на разных типах субстрата, которые влияют на вкус, запах и химический состав гриба.

Таблица 1 – Среднее содержание веществ в различных видах вешенки, % [16]

Виды вешенки	Влага	Белок	Жир	Углеводы	Клетчатка	Зола
<i>P. ostreatus</i>	88,4	4,8	0,5	4,3	0,6	1,4
<i>P. sajor-caju</i>	88,8	4,2	0,4	4,6	0,6	1,1
<i>P. florida</i>	90,1	3,3	0,4	4,4	0,6	1,3

Например, содержание белка в различных видах вешенки, согласно ряду проведенных исследований, значительно колеблется. Так, по результатам исследования, проведенного индийскими учеными, в расчете на 100

г сухого вещества этот показатель составил у *P. sajor-caju* – 24,5 г; *P. ostreatus* – 23,5; *P. highking* 51 – 21,9; *P. florida* – 20,6; *P. geestaranus* – 19,0 и у *P. cystidiosus* – 17,7 г [15].

Аминокислотный состав трех наиболее распространенных видов рода *Pleurotus*, установленный А. Дюндаром с коллегами (2008), представлен в таблице 2. Как видно из приведенных данных, наиболее насыщенным по аминокислотному составу являлся вид *Pleurotus ostreatus*.

Таблица 2 – Аминокислотный состав видов вешенок, мг/г сухого вещества [8]

Аминокислоты	<i>P. eryngii</i>	<i>P. ostreatus</i>	<i>P. sajor-caju</i>
Аланин	8,9	12,5	11,2
Глицин	7,5	10,4	9,4
Валин	7,4	10,5	10,0
Лейцин	10,8	16,4	14,6
Изолейцин	7,3	9,9	11,2
Треонин	6,8	9,4	8,9
Серин	6,0	7,9	7,6
Пролин	5,9	8,1	7,9
Аспарагиновая к-та	19,5	22,5	20,1
Метионин	1,7	2,7	2,7
Глутаминовая к-та	18,5	25,3	15,6
Фенилаланин	7,2	11,1	9,2
Лизин	7,3	11,3	5,7
Гистидин	2,5	нет данных	нет данных
Тирозин	4,9	6,9	6,0

Основная часть углеводов грибов сосредоточена в плодовом теле, где их содержание может достигать 50–60 % более. Основными из них являются глюкоза (55,1 г/100 г), сахароза (51,6 г) и мальтоза (29,2 г/100 г). Также были обнаружены значительные количества фруктозы (19,7 г/100 г), галактозы (17,5 г) и хитобиозы (11,8 г), а также ксилозы (7,2 г) и трегалозы (7,4 г). В меньших концентрациях присутствовали целлобиоза (0,01 г) и эритроза (0,48 г/100 г). Из витаминов наиболее представлены: А – 2,9

МЕ/100 г; С – 16,5 мг; Е – 21,5 мг/100 г) и витамины группы В, из которых наибольшим содержанием отличается В₂: 9,3 мг/100 г [9]. Жирные кислоты по своему строению подразделяются на моно- и полиненасыщенные с прямыми и разветвленными цепями, которые являются строительными «блоками» для жиров. Они обладают потенциалом регулирования липидного обмена на разных уровнях. Две незаменимые жирные кислоты – линолевая и линоленовая, являются основополагающими в рационе человека.

У разных видов вешенок различается и распределение жирных кислот. Наибольшая концентрация линолевой кислоты (19,1 %) обнаружена у вида *P. ostreatus*; за ней следовали пальмитиновая (18,4 %) – у *P. pulmonarius* и линолевая (13,5 %) – у *P. sajor-caju*. Другими жирными кислотами, синтезируемыми этими грибами, являются пентадекановая, стеариновая, олеиновая и ряд др. По данным Н. А. Величко и З. Н. Берикашвили, ключевыми жирными кислотами в вешенке обыкновенной являются пальмитиновая, линолевая и стеариновая, входящие в основную часть жирового профиля гриба. Их содержание составило 28,7; 25,8 и 13,5 % – соответственно. Остальные жирные кислоты присутствуют в незначительных количествах [1]. Вешенки также богаты различными микро- и микро-элементами (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание минералов в различных видах вешенок [3]

Виды вешенок	Содержание минералов в 1 кг сухого вещества, мг							
	Zn	P	K	Mg	Fe	Na	Ca	Cu
<i>P. comiscopiae</i>	11,2	151,3	120,0	96,7	6,6	68,4	81,2	-
<i>P. ostreatus</i>	12,4	105,5	110,6	103,2	8,4	76,1	60,7	-
<i>P. pulmonarius</i>	10,4	86,7	69,6	56,9	8,1	74,7	56,9	-
<i>P. sapidus</i>	8,9	96,9	93,3	89,6	6,7	89,9	56,0	-
<i>P. citrinopileatus</i>	-	0,1	2,3	0,1	0,01	0,3	0,02	-
<i>P. geesteranus</i>	12,5	8,0	13,0	116,0	431,0	49,0	316,0	3,5
<i>P. florida</i>	0,6	-	-	0,2	0,8	-	-	0,1
<i>P. highking 51</i>	1,2	-	-	0,2	1,4	-	-	0,2
<i>P. sajor-caju</i>	0,7	-	-	0,2	0,9	-	-	0,4
<i>P. eryngii</i>	-	-	3095,0	144,4	-	50,4	33,7	-

Средний выход углеводов из грибов рода *Pleurotus*, о котором сообщается в различных источниках, подтверждает, что они являются хорошим источником углеводов. Значительная доля углеводов обусловлена присутствием олиго- и полисахаридов, которые содержат хитин, α - и β -глюканы и другие гемицеллюлозы: маннаны, ксиланы и галактаны. Полисахариды (и особенно β -глюканы) – самые известные и эффективные компоненты грибов – производные вещества, обладающие противоопухолевым и иммуномодулирующим действием путем укрепления иммунной системы [5].

Данные полисахариды демонстрируют вариативность в химическом составе, при этом преобладающая часть относится к классу бета-глюканов. Их молекулярная архитектура характеризуется наличием бета-(1 \rightarrow 3) гликозидных связей в полимерной цепи и дополнительными бета-(1 \rightarrow 6) разветвлениями, которые, как предполагается, обуславливают их антинеопластическую активность. По-видимому, глюканы с более высоким молекулярным весом обладают и более повышенной эффективностью.

Клинические данные о противораковой активности в основном связаны с коммерческими полисахаридами лентинаном, PSK (крестином) и шизофилланом. Тем не менее, полисахариды других перспективных лекарственных грибов также демонстрируют многообещающие результаты. Их эффективность значительно возрастает при использовании в сочетании с химиотерапией. Грибковые полисахариды обладают многосторонним действием: они предотвращают развитие рака, проявляют прямую противоопухолевую активность против различных типов опухолей и препятствуют метастазированию.

Иммуномодулирующий эффект грибковых полисахаридов реализуется через активацию ключевых компонентов врожденного и адаптивного иммунитета. Они стимулируют цитотоксическую активность естественных киллеров, пролиферацию и дифференцировку Т- и В-лимфоцитов, фагоцитарную активность нейтрофилов и макрофагов. Механизм этого действия включает взаимодействие полисахаридов с рецепторами на иммунных клетках, такими как дектен-1, толл-подобный рецептор-2 (важный компонент распознавания патогенов), фагоцитарные рецепторы и лактозилцерамиды. Структурные особенности β -глюканов определяют специфичность их связывания с этими рецепторами и, как следствие, разнообразие иммунных ответов. При этом важно понимать, что их противоопухолевый эффект достигается не путем прямого воздействия на раковые клетки, а через стимуляцию и активацию иммунной системы организма. Например, лентинан применяется в качестве адъювантной иммунотерапии рака или параллельно с радио- и химиотерапией. Было показано, что белок вешенки обыкновенной, называемый плевраном, вместе с протеогликаном обладает иммуномодулирующими свойствами, индуцируя выработку IL-4 и IFN- γ в клетках животных [10].

Вешенки содержат вещества, способные подавлять воспалительные процессы в организме. Это может быть особенно ценно для людей, стра-

дающих от таких заболеваний, как артрит или астма. Исследования показали, что плевран – полисахарид, извлекаемый из вешенок – обладает противовоспалительным действием. Также предполагается, что присутствующий в вешенках ловастатин способствует их противовоспалительной активности [4].

Высокий уровень холестерина увеличивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний. Употребление вешенок способствует снижению холестерина в крови. Считается, что в этом играют роль β -глюканы, которые могут препятствовать усвоению холестерина в кишечнике. Наличие мевинолина в вешенках также может способствовать нормализации уровня холестерина. Вешенки содержат компоненты, которые могут помогать стабилизировать уровень сахара в крови. Это может быть полезно для людей с диабетом или другими нарушениями углеводного обмена. Исследование М. Чоудхури и его коллег [7] показало, что ежедневное употребление 3 г порошка из высушенных вешенок в течение 3 мес. привело к улучшению показателей сахара в крови и артериального давления у людей с гипертонией и диабетом II типа. Вешенки демонстрируют способность подавлять рост опухолей и могут быть эффективны против некоторых видов рака. Предполагается, что это связано с наличием в них полисахаридов и других биологически активных веществ. Д. Чой с соавторами [6] отметили, что спиртовые экстракты из плодовых тел *Pleurotus ferulae* являются мощными средствами против рака легких. А. Единак и Д. Слива [11]. установили, что *Pleurotus ostreatus* эффективно замедляет деление клеток рака молочной железы (линии MCF-7, MDA-MB-231) и рака толстой кишки (линии HT-29, HCT-116).

Иммуномодуляторы являются ключевыми компонентами в современной индустрии здравоохранения и хорошего самочувствия, отражая тот факт, что иммунная система является первым барьером для профилактики заболеваний. В любом здоровом организме иммунная система вырабаты-

вает широкий спектр иммуномодуляторов для поддержания гомеостаза в организме. В клинической практике иммуномодуляторы обычно подразделяются на иммунодепрессанты и иммуностимуляторы.

Сообщалось, что водный экстракт из плодовых тел и мицелия *P. ostreatus* играет важную роль в увеличении выработки активных форм кислорода нейтрофилами и обладает иммуномодулирующими свойствами, затрагивающими все иммунокомпетентные клетки [14].

Умберто Моррис с коллегами [13] сообщили, что порошок и водный экстракт, полученные из плодовых тел вешенки, при пероральном введении мышам, получавшим циклофосфамид, обеспечивают иммунологические преимущества в плане восстановления клеток красного костного мозга, увеличения количества лейкоцитов в крови и стимуляции клеточно-опосредованных иммунных реакций. Глубокое понимание иммуномодулирующего действия полисахаридов или полисахаридно-белковых комплексов на клеточном и молекулярном уровнях поможет прояснить их противоопухолевые механизмы.

Кроме того, вешенки обладают приятным вкусом и могут быть приготовлены множеством способов, что делает их желанным ингредиентом во многих блюдах. Благодаря своим многочисленным полезным свойствам и гастрономической привлекательности, вешенки заслуженно пользуются любовью как среди грибников, так и среди ценителей изысканной кухни. Их можно жарить, тушить, готовить на гриле, запекать, добавлять в супы и рагу. Они прекрасно сочетаются с мясом, овощами и злаками.

Материал и методика исследования. Белки представляют собой полимерные структуры, построенные из более чем 20 различных аминокислотных мономеров. Специфический аминокислотный профиль определяет как трехмерную конформацию, так и биологическую активность белков. Аминокислоты, являющиеся основополагающими компонентами биомоле-

кул животных и человека, классифицируются на синтезируемые эндогенно (заменимые) и экзогенно необходимые (незаменимые).

Последние не могут быть произведены организмом и поэтому требуют обязательного поступления с рационом. Хотя человеческий метаболизм обладает определенной гибкостью в трансформации аминокислот, существует 9 эссенциальных аминокислот (лизин, метионин, триптофан, треонин, валин, лейцин, изолейцин, гистидин и фенилаланин), которые должны поступать в организм синхронно и в сбалансированных количествах для обеспечения оптимального протеинового синтеза.

Данные по содержанию аминокислот в протестированных нами в условиях биохимической лаборатории кафедры физиологии и кормления сельскохозяйственных животных Кубанского ГАУ, приведены в таблице 4. Как видно из приведенных показателей, лимитирующей из незаменимых аминокислот явился цистеин (0,40 г/100 г сухого вещества и 11,8 мг/г белка), а лейцин содержался в наибольшем количестве: практически 3 г/100 г сухого вещества и 100,5 мг/г белка.

Таблица 4 – Содержание аминокислот в вешенках

Аминокислоты	Плодоножки		Шляпки		Итого	
	г/100 г сухого вещества	мг/г белка	г/100 г сухого вещества	мг/г белка	г/100 г сухого вещества	мг/г белка
<i>Незаменимые аминокислоты (НАК)</i>						
Изолейцин	0,763	40,76	1,326	29,55	2,089	70,31
Лейцин	1,086	58,05	1,892	42,44	2,978	100,49
Лизин	0,632	33,77	1,644	36,85	2,276	70,62
Метионин	0,177	9,31	0,426	9,48	0,603	18,79
Цистеин	0,088	4,68	0,313	7,11	0,401	11,79
Фенилаланин	0,625	33,31	1,365	30,64	1,990	63,95
Тирозин	0,376	19,85	0,983	21,94	1,359	41,79
Треонин	0,772	41,42	2,130	47,37	2,902	88,79
Валин	0,639	33,81	2,087	46,80	2,726	80,61

Сумма НАК	5,158	274,96	12,166	272,18	17,324	547,14
<i>Заменяемые аминокислоты (ЗАК)</i>						
Аспарагиновая	1,338	71,79	3,957	88,09	5,295	159,88
Глутаминовая	6,221	334,80	14,760	327,47	20,981	997,07
Серин	0,956	51,20	2,642	58,66	3,598	109,86
Гистидин	0,625	95,78	2,640	59,16	3,265	154,94
Глицин	0,729	38,78	1,908	42,62	2,637	81,40
Аргинин	0,697	37,06	2,559	56,86	3,256	93,92
Аланин	1,230	65,02	2,761	61,83	3,991	126,85
Пролин	0,575	30,61	1,483	33,13	2,058	63,74
Сумма ЗАК	12,371	725,04	32,710	727,82	45,081	1707,66
Общая сумма аминокислот	17,529	1000,00	44,876	1000,00	62,405	2254,80

Метаболизм лейцина и других аминокислот с разветвленной цепью преимущественно осуществляется в мышечных волокнах, в то время как прочие незаменимые аминокислоты подвергаются биотрансформации в печени. Согласно результатам исследований, из трех представителей аминокислот с разветвленной цепью, лейцин демонстрирует наиболее выраженное анаболическое действие. Биологическая ценность белка напрямую связана с его аминокислотным составом, причем незаменимые аминокислоты и их пропорции являются ключевыми факторами. Важны также степень перевариваемости и усвояемости белка организмом.

В процессе катаболизма аминокислот образуются метаболиты, которые выступают как строительные блоки для других реакций или как активаторы сигнальных каскадов, регулирующих физиологические процессы в органах. Так, аминокислотный пул играет первостепенную роль в функционировании иммунной системы, поскольку ее эффективность напрямую зависит от доступности специфических аминокислот.

Уровень метионина также был сравнительно низким – 18,8 мг/г белка. L-метионин относится к классу незаменимых аминокислот, что означает

его критическую важность для множества физиологических функций. Он является строительным «блоком» для синтеза белков, участвует в поддержании стабильности ДНК и способствует процессам регенерации тканей. Важной функцией L-метионина является его антиоксидантная активность: он эффективно нейтрализует свободные радикалы и детоксицирует организм от вредных веществ, снижая риск развития патологий, включая онкологические заболевания.

Минимальным уровнем среди заменимых аминокислот отличался пролин (64), а максимальным – гистидин (около 160 мг/г белка). Пролин является структурным компонентом коллагена, участвуя в процессах регенерации хрящевой ткани, восстановления суставов, формирования соединительной ткани, а также в заживлении поврежденной кожи, ран и слизистой оболочки кишечника. Гистидин же играет важную роль в поддержании синтеза белков, обеспечении роста и развития, репарации тканей, модуляции иммунного ответа, синтезе гистамина и образовании гемоглобина.

Поскольку качество белка в первую очередь обусловлено его аминокислотным составом, этому аспекту уделяется особое внимание. Для количественной оценки качества белка в изученных образцах вешенок нами были рассчитаны аминокислотные индексы (таблица 5).

Таблица 5 – Аминокислотные индексы вешенок

Образец	Содержание аминокислот, мг/100 г белка			Соотношение, %	
	всего	незаменимых (НАК)	заменимых (ЗАК)	НАК/ЗАК	НАК/сумма АК
Вешенки су- хие	22,55	5,47	17,08	32,0	25,5

В исследованных образцах высушенных вешенок соотношение незаменимых аминокислот (НАК) к заменимым (ЗАК) составило 32 %, что ниже эталонного значения в 56 %. Аналогично, доля НАК от общего числа аминокислот в образцах составила 25,5 %, уступая эталонному показателю в 36,0 %. Аминокислотный скор (АС) является показателем биологической ценности белка, отражающим его способность к построению тканей, и учитывает как наличие, так и соотношение незаменимых аминокислот.

Чтобы определить, насколько хорошо белок пищи соответствует потребностям организма по незаменимым аминокислотам (НАК), мы сравниваем их концентрацию в пищевом белке с идеальным соотношением, установленным для эталонного рациона. Если содержание какой-либо НАК в пище выше, чем в эталоне, это говорит о ее избытке. Наименьшее соотношение всех девяти НАК между пищевым белком и эталоном формирует показатель самой дефицитной аминокислоты. Значение показателя выше 1 означает отсутствие дефицита. Показатель ниже 1 указывает на наличие лимитирующей аминокислоты, и его величина указывает на уровень дефицита.

Например, показатель 0,7 означает 30%-ный недостаток самой дефицитной аминокислоты по сравнению с нормой, и его можно компенсировать, увеличив общее потребление белка на 30 %. Следует помнить, что этот метод оценки является примерным, поскольку учитывает только один источник белка, тогда как в реальном питании их обычно несколько.

По сути, аминокислотный скор отражает эффективность использования организмом азота из конкретного белка для синтеза собственных белков. Этот процесс критически важен для непрерывного обновления и поддержания целостности всех тканей. Избыточные аминокислоты в составе белка могут быть перенаправлены организмом на другие нужды, например, служить источником энергии или участвовать в синтезе других азотсодержащих соединений.

Современные исследования показывают, что качество белка имеет значение не только при соблюдении минимальных суточных норм, но и при более высоком его потреблении. Существующие методы оценки качества белка не учитывают многообразие функций незаменимых аминокислот, выходящих за рамки их роли в росте или поддержании азотистого баланса. Поскольку научные данные о влиянии белка на здоровье при повышенном потреблении продолжают накапливаться, важно уделять внимание его качеству и методам его оценки.

Мы рассчитали аминокислотные скоры (АС) в исследованных образцах вешенок и с учетом эталона ФАО/ВОЗ (2011) получили следующие результаты (таблица 6). Анализ данных таблицы показал, что наибольший АС среди всех исследованных НАК имели треонин (177,6 %), фенилаланин в сочетании с тирозином (128,9 %) и изолейцин (117,2 %).

Таблица 6 – Аминокислотные скоры (АС) вешенок, %

НАК	Эталон ФАО/ВОЗ		Вешенки сухие			
	мг/г белка	АС, %	плодо- ножки, мг/г белка	шляпки, мг/г бел- ка	в сред- сред- нем, мг/г белка	АС, %
Изолейцин	30	100	40,76	29,55	35,15	117,2
Лейцин	61	100	58,05	42,44	50,24	82,4
Лизин	48	100	33,77	36,85	35,31	73,6
Метионин + цистеин	23	100	13,99	16,59	15,29	66,5
Фенилаланин + тиро- зин	41	100	53,16	52,58	52,87	128,9
Треонин	25	100	41,42	47,37	44,39	177,6
Валин	40	100	33,81	46,80	40,30	100,7
Всего:	284,00	100	274,96	272,18	273,55	96,3

Минимальные значения АС были отмечены для метионина + цистеина (66,5 %), а также для лизина (73,6 %). Необходимо помнить, что значение имеют не только аминокислоты (как фундаментальные компоненты белков и других азотсодержащих молекул), но и продукты их катаболизма. Эти метаболиты играют ключевую роль в контроле активности генов, что, в свою очередь, сказывается на многих жизненно важных процессах в клетках различных тканей и органов. Важно отметить, что в процессе распада аминокислот теперь участвуют и новые факторы, в частности, микроорганизмы кишечника.

Таким образом, современная наука должна уделять повышенное внимание изучению влияния метаболизма аминокислот на организм в целом, включая его практическое применение. Эффективность использования белка определяется его аминокислотным составом, в частности, наличием незаменимых аминокислот в физиологически обоснованных пропорциях. Для оценки избыточности незаменимых аминокислот, не задействованных в синтезе тканей, используется специальный показатель. Он заключается в сравнении их содержания в исследуемом белке с эквивалентным количеством в эталонном белке.

Концепция эталонного белка представляет собой теоретическую модель «идеального» белка, отражающую оптимальное соотношение незаменимых аминокислот для питания. Для оценки качества тестируемого белка необходимо сопоставить его аминокислотный состав с составом эталонного белка. Это требует приведения содержания усвояемых незаменимых аминокислот в эталонном белке к тем же единицам измерения, которые используются для тестируемого белка. Как правило, содержание незаменимых аминокислот в тестируемом образце выражается в миллиграммах на 1 г белка, а суточная потребность – в миллиграммах на 1 кг массы тела.

В связи с этим, для объективной оценки качества пищевых белков специалисты ФАО и ВОЗ разработали систему аминокислотной оценки.

Ранее применялась «Оценка аминокислот с поправкой на усвояемость белка» PDCAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score). Однако, для более точного определения качества белка и преодоления ограничений предыдущей методики, была предложена новая – «Оценка незаменимых аминокислот с поправкой на усвояемость» DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score).

Ключевое преимущество DIAAS заключается в ее базировании на реальную усвояемость каждой незаменимой аминокислоты (то есть непосредственно в подвздошной кишке). Это позволяет более точно определить фактическое поступление аминокислот в организм из потребляемой и перевариваемой пищи. В случае высокого содержания незаменимых аминокислот в белке, показатели DIAAS могут превышать 100 %.

При определении DIAAS необходимо учитывать ряд факторов. Во-первых, качество белка оценивается по содержанию и профилю незаменимых аминокислот. Во-вторых, важны методы, используемые для определения общего содержания белка и аминокислот в источнике. В-третьих, точность индивидуальных потребностей в незаменимых аминокислотах играет существенную роль. Далее, потребности в незаменимых аминокислотах нормализуются относительно расчетной средней потребности в белке. И, наконец, сам расчет DIAAS базируется на истинной усвояемости каждой отдельной незаменимой аминокислоты.

Выводы. Исследования подтверждают, что вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*) – это весьма богатый незаменимыми аминокислотами продукт питания, что открывает возможности для его широкого использования в качестве альтернативы мясу. Высокое содержание белка, аминокислот, витаминов и минералов в сочетании с низким уровнем жиров и сахара делает вешенки эффективным инструментом в борьбе с проблемами, вызванными недостаточным питанием.

Их биологически активные компоненты, такие как антиоксиданты и β-глюканы, активно поддерживают здоровье, укрепляя иммунную систему, уменьшая воспалительные процессы, нормализуя показатели холестерина и сахара в крови, а также проявляя потенциальные противоопухолевые свойства. Помимо своих целебных качеств, вешенки обладают превосходным вкусом и легко адаптируются к различным кулинарным техникам, что делает их желанным ингредиентом в разнообразных блюдах. Именно это сочетание питательной ценности и гастрономической привлекательности обеспечивает вешенкам заслуженную популярность среди ценителей здорового питания.

Список литературы:

1. Величко Н.А. Химический состав плодового тела гриба *Pleurotus ostreatus* (Fr) Kumm / Н. А. Величко, З. Н. Берикашвили // Вестник Красноярского ГАУ. – 2008. – № 4. – С. 274-278.
2. Adebayo E.A., Oloke J.K., Ayandele A.A., Adegunlola C.O. (2012). Phytochemical, antioxidant and antimicrobial assay of mushroom metabolite from *Pleurotus pulmonarius* – LAU 09 (JF736658). *J Microbiol Biotech Res.*, 2 (2), 366-374.
3. Adebayo E.A., Oloke J.K., Azeez, M.A., et al. (2014). Assessment of the genetic diversity among ten genotypes of *Pleurotus* (oyster mushroom) using nutrient and mineral compositions. *Sci. Horticult.*, 166, 59-64.]
4. Bobek P. and Galbavy S. (2001). Effect pleuran (beta-glucan from *Pleurotus ostreatus*) on organism and on dimethylhydrazine-induced precancerous lesions in rat colon. *British Journal of Biomedical Science.* 58(3): 164–168.
5. Chang, S.T. & Wasser, S.P. (2012) The role of culinary-medicinal mushrooms on human welfare with a pyramid model for human health. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 14, 95-134.
6. Choi D.B., Cha W.S., Kang S.H. and Lee B.R. (2004): Effect of *Pleurotus ferulae* extracts on viability of human lung cancer and cervical cancer cell lines. *Biotechnology and Bio-process Engineering.* 9(5): 356-361.
7. Choudhury M.B.K., Rahman T., Kakon A.J., et al. (2013). Effects of *Pleurotus ostreatus* on blood pressure and glycemic status of hypertensive diabetic male volunteers. *Bangladesh Journal of Medical Biochemistry.* 6(1): 5-10.
8. Dundar A., Acay H. and Abdunnasir Y. Yield performances and nutritional contents of three oyster mushroom species cultivated on wheat stalk *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (19), pp. 3497-3501, 6 October, 2008.
9. Effiong M, Umeokwochi C, Afolabi I, Chinedu SN Assessing the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom) *Frontiers in Nutrition.* 2024 Jan 16:10:1279208. doi: 10.3389/fnut.2023.1279208. eCollection 2023.
10. El Enshasy H.A., Maftoun P., Abd M.R. (2012). Pleuran: immunomodulator polysaccharide from *Pleurotus ostreatus*, structure, production and application. In *Mushrooms: Types, Properties and Nutrition* (Andres S, Baumann N, eds): 153–172.

11. Jedinak A. and Sliva D. (2008) *Pleurotus ostreatus* inhibits proliferation of human breast and colon cancer cells through p53-dependent as well as p53-independent pathway. *International Journal of Oncology*. 33(6): 1307-1313.
12. Mane V.P., Patil S.S., Syed A.A. and Baig M.M.V. (2007). Bioconversion of low quality lignocellulosic agricultural waste into edible protein by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) singer. *Journal of Zhejiang University Science B*. 8(10): 745-751.
13. Morris H.J., Llauro G., Gutiérrez A., Lebeque Y., et al. (2011). Immunomodulating properties of *Pleurotus* sp. Fruiting bodies powder on cyclo-phosphamide treated mice. *Pro 7th Int Conf Mushr Biol Mushr Prod.*, 324-333.
14. Shamtsyan M.M., Konusova V.G., Goloshchev A.M., et al. (2004). Immunomodulating and anti-tumor effects of basidiomycetes *Pleurotus ostreatus* (jacq. fr.) P. Kumm and *P. cornucopiae* (Pau. Ex Pers.) Rollan. *J Biol Phys Chem.*, 4(3), 157-161.
15. Titas G, Aparajita S, Arpita D. Nutrition, Therapeutics and Environment Impact of Oyster Mushrooms: A Low Cost Proteinaceous Source. *J Gynecol Women's Health*. 2019; 14(1): 555876. DOI: 10.19080/JGWH.2019.14.555876.
16. Zahid K., Barua S., Haque I. (2010). Proximate Composition and Mineral Content of Selected Edible Mushroom Varieties of Bangladesh. *Bangladesh J Nutr.*, 22-23, 61-68.

References

1. Velichko N.A. Himicheskij sostav plodovogo tela griba *Pleurotus ostreatus* (Fr) Kumm / N. A. Velichko, Z. N. Berikashvili // *Vestnik Krasnoyarskogo GAU*. – 2008. – № 4. – S. 274-278.
2. Adebayo E.A., Oloke J.K., Ayandele A.A., Adegunlola C.O. (2012). Phytochemical, antioxidant and antimicrobial assay of mushroom metabolite from *Pleurotus pulmonarius* – LAU 09 (JF736658). *J Microbiol Biotech Res.*, 2 (2), 366-374.
3. Adebayo E.A., Oloke J.K., Azeez, M.A., et al. (2014). Assessment of the genetic diversity among ten genotypes of *Pleurotus* (oyster mushroom) using nutrient and mineral compositions. *Sci. Horticult.*, 166, 59-64.]
4. Bobek P. and Galbavy S. (2001). Effect pleuran (beta-glucan from *Pleurotus ostreatus*) on organism and on dimethylhydrazine-induced precancerous lesions in rat colon. *British Journal of Biomedical Science*. 58(3): 164–168.
5. Chang, S.T. & Wasser, S.P. (2012) The role of culinary-medicinal mushrooms on human welfare with a pyramid model for human health. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 14, 95-134.
6. Choi D.B., Cha W.S., Kang S.H. and Lee B.R. (2004): Effect of *Pleurotus ferulae* extracts on viability of human lung cancer and cervical cancer cell lines. *Biotechnology and Bio-process Engineering*. 9(5): 356-361.
7. Choudhury M.B.K., Rahman T., Kakon A.J., et al. (2013). Effects of *Pleurotus ostreatus* on blood pressure and glycemic status of hypertensive diabetic male volunteers. *Bangladesh Journal of Medical Biochemistry*. 6(1): 5-10.
8. Dundar A., Acay H. and Abdunnasir Y. Yield performances and nutritional contents of three oyster mushroom species cultivated on wheat stalk *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (19), pp. 3497-3501, 6 October, 2008.
9. Effiong M, Umeokwochi C, Afolabi I, Chinedu SN Assessing the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom) *Frontiers in Nutrition*. 2024 Jan 16;10:1279208. doi: 10.3389/fnut.2023.1279208. eCollection 2023.
10. El Enshasy H.A., Maftoun P., Abd M.R. (2012). Pleuran: immunomodulator polysaccharide from *Pleurotus ostreatus*, structure, production and application. In *Mushrooms: Types, Properties and Nutrition* (Andres S, Baumann N, eds): 153–172.

11. Jedinak A. and Sliva D. (2008) *Pleurotus ostreatus* inhibits proliferation of human breast and colon cancer cells through p53-dependent as well as p53-independent pathway. *International Journal of Oncology*. 33(6): 1307-1313.
12. Mane V.P., Patil S.S., Syed A.A. and Baig M.M.V. (2007). Bioconversion of low quality lignocellulosic agricultural waste into edible protein by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) singer. *Journal of Zhejiang University Science B*. 8(10): 745-751.
13. Morris H.J., Llaurodo G., Gutierrez A., Lebeque Y., et al. (2011). Immunomodulating properties of *Pleurotus* sp. Fruiting bodies powder on cyclo-phosphamide treated mice. *Pro 7th Int Conf Mushr Biol Mushr Prod.*, 324-333.
14. Shamtshyan M.M., Konusova V.G., Goloshchev A.M., et al. (2004). Immunomodulating and anti-tumor effects of basidiomycetes *Pleurotus ostreatus* (jacq. fr.) P. Kumm and *P. cornucopiae* (Pau. Ex Pers.) Rollan. *J Biol Phys Chem.*, 4(3), 157-161.
15. Titas G, Aparajita S, Arpita D. Nutrition, Therapeutics and Environment Impact of Oyster Mushrooms: A Low Cost Proteinaceous Source. *J Gynecol Women's Health*. 2019; 14(1): 555876. DOI: 10.19080/JGWH.2019.14.555876.
16. Zahid K., Barua S., Haque I. (2010). Proximate Composition and Mineral Content of Selected Edible Mushroom Varieties of Bangladesh. *Bangladesh J Nutr.*, 22-23, 61-68.