

**АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ТА ВМІСТ БІЛКА У ПЛОДОВИХ
ТІЛАХ ГРИБІВ *BOLETUS POROSPORUS*, *BOLETUS CALOPUS*,
STROBILOMYCES STROBILACEUS, *ARTOMYCES PYXIDATUS***

**Дипломна робота
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)**

Виконала:

студентка 4 курсу, 400 А група

Баранюк Тетяна Миколаївна

Керівник:

кандидат біологічних наук

доцент **Волощук О.М.**

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська робота присвячена визначенню вмісту білків та встановленню особливостей амінокислотного складу плодових тіл грибів видів *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus*, *Artomyces pyxidatus*. Результати проведених досліджень показали, що найвищий вміст білка із досліджуваних видів грибів характерний для *Boletus porosporus* та *Strobilomyces strobilaceus*, і перевищує 40 г/100 г сирої маси. Водночас найнижчий вміст білка виявлений у плодових тілах гриба *Artomyces pyxidatus*, що не досягав 20 г/100 г сирої маси. Водночас найвищий вміст амінокислот характерний для гриба *Boletus porosporus*, що практично вдвічі перевищує вміст амінокислот у грибах *Boletus calopus* та *Artomyces pyxidatus*. При цьому найвища частка незамінних амінокислот характерна для *Strobilomyces strobilaceus*, тоді як гідрофобних амінокислот – для *Boletus calopus*.

Проведені дослідження показали, що найбільш цінним джерелом амінокислот серед досліджуваних грибів є *Boletus porosporus*, тоді як найменшою харчовою цінністю за вмістом загальної кількості амінокислот та частки незамінних амінокислот володіє гриб *Artomyces pyxidatus*.

Ключові слова: протеїн, амінокислотний склад, плодові тіла грибів, *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus*, *Artomyces pyxidatus*

ABSTRACT

The bachelor's work is devoted to the determination of the protein content and the establishment of the amino acid composition of the fruiting bodies of mushrooms of the species *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus*, *Artomyces pyxidatus*. The results of the conducted research showed that the highest protein content of the studied mushroom species is characteristic of *Boletus porosporus* and *Strobilomyces strobilaceus*, and exceeds 40 g/100 g of raw weight. At the same time, the lowest protein content was found in the fruit bodies of the mushroom *Artomyces pyxidatus*, which did not reach 20 g/100 g of raw mass. At the same time, the highest content of amino acids is characteristic of the mushroom *Boletus porosporus*, which is almost twice as high as the content of amino acids in the mushrooms *Boletus calopus* and *Artomyces pyxidatus*. At the same time, the highest proportion of essential amino acids is characteristic of *Strobilomyces strobilaceus*, while hydrophobic amino acids are characteristic of *Boletus calopus*.

The conducted studies showed that *Boletus porosporus* is the most valuable source of amino acids among the studied mushrooms, while *Artomyces pyxidatus* has the lowest nutritional value in terms of the content of the total number of amino acids and the share of essential amino acids.

Key words: protein, amino acid composition, mushroom fruit bodies, *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus*, *Artomyces pyxidatus*.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	
1. Гриби як джерело цінних харчових сполук.....	6
2. Особливості білкового складу їстівних грибів.....	8
3. Загальна характеристика досліджуваних грибів	12
II. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	16
III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	18
ВИСНОВКИ	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	23
ДОДАТКИ.....	24

ВСТУП

Гриби належать до цінних харчових продуктів, що містять низький вміст калорій та жирів і збагачені на білки, вітаміни та мінерали. Гриби поширені у всьому світі і використовуються не лише як джерело поживних речовин, але і для лікувального харчування, зокрема при гіпертонії, гіперхолестеролемії та раку, при цьому гриби використовуються у висушеному вигляді, порошку та капсулах [1]. Їстівними видами вважаються 3000 видів грибів, проте в промислових масштабах культивуються лише 10 із них.

Їстівні гриби є цінним джерелом ненасичених жирних кислот, токоферолів, аскорбінової кислоти та каротиноїдів. Хімічний склад грибів змінюється у процесі росту, а також залежить від умов культивування, складу субстрату, термінів зберігання та інших чинників. Білки різних видів грибів володіють різним ступенем біологічної цінності, яка у окремих випадках може сягати рівня тваринних білків, а у інших – знаходиться на рівні овочевих культур [2].

Актуальним залишається питання визначення вмісту загальної кількості білків, амінокислотного складу та співвідношення між замінними та незамінними амінокислотами у білках [3]. Знання амінокислотного складу та вмісту білків у грибах є важливим для прогнозування рівня їх засвоєння організмом людини, ефективності перетравлення білків у травному тракті, розробки критеріїв відбору видів культивованих грибів для отримання високоякісних продуктів з підвищеною та харчовою цінністю.

Метою роботи було визначення вмісту білків та особливостей амінокислотного складу плодових тіл грибів видів *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus*, *Artomyces pyxidatus*.

Для досягнення мети були поставлені наступні **завдання**:

1. Визначити вміст білка у плодових тілах грибів видів *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus*, *Artomyces pyxidatus*.
2. Оцінити амінокислотний склад плодових тіл досліджуваних грибів.

I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1. Гриби як джерело цінних харчових сполук

На сьогодні відомо близько 140 000 видів грибів, із яких приблизно 50% мають певний ступінь їстівності, і лише приблизно 700 видів показали фармакологічні властивості [4]. Їстівні гриби є чудовим джерелом поживних речовин і біосполук, тому гриби рекомендовані до споживання. Актуальним залишається питання пошуку потенційних нових джерел білка, оскільки за прогнозами погіршення якості раціону для більшості людей призведе до стійкого дефіциту харчового білка [5]. Існує низка наукових досліджень щодо можливості використання грибної сировини як замітника м'яса [6]. Існує також точка зору, що в найближчому майбутньому близько двох третин потреб білку у людини буде задоволено за рахунок харчових грибів, вирощених в промислових умовах. Гриби широко використовуються у виробництві лікувально-профілактичних засобів, оскільки володіють гепатопротекторними, радіопротекторними, протидіабетичними, протипухлинними та імунорегуляторними властивостями [7].

Гриби є низькокалорійним продуктом, оскільки містять дуже низький вміст цукру та багато клітковини. Цінними вуглеводами у складі грибів є бета 1-6 глюкани, які проявляють високі імуностимулюючі властивості [8]. Гриби мають низький глікемічний індекс і низьке глікемічне навантаження, тобто не підвищують рівень цукру в крові і тому рекомендовані до споживання пацієнтам з діабетом II типу. Клітинні стінки грибів містять суміш складних полісахаридів, зокрема хітин, глюкани та маннани. Ці компоненти клітинної стінки не гідролізуються у травному тракті людини, проте необхідні для перистальтики кишечника.

Гриби не належать до цінних джерел ліпідів, проте містять незамінні жирні кислоти, зокрема лінолеву та ліноленову кислоту. Гриби також багаті ніацином (В₃), пантотеновою кислотою (В₅) і рибофлавіном (В₂), але й іншими вітамінами, такими як тіамін (В₁), піридоксин (В₆), кобаламін (також повідомлялося про В₁₂), біотин (В₇) і D. Єдиною їжею не тваринного

походження, яка містить вітамін D, є гриби. Вміст вітаміну B12 у грибах подібний до вмісту у яловичині, печінці та рибі. Гриби здатні до перетворення ергостеролу у вітамін D2 за дії ультрафіолетового світла, тому гриби рекомендовано використовувати для корекції дефіциту вітаміну D. Серед культивованих грибів найвища здатність до конверсії у вітамін D2 характерна для глив, у яких лише вплив ультрафіолетового випромінювання протягом 10 хв призводить до утворення 3 мкг/г вітаміну D2. Тобто, споживання лише 30-50 г свіжих глив, оброблених ультрафіолетом, може на 100% задовольнити добову потребу людини у вітаміні D.

Крім того, гриби також багаті мінералами, такими як калій, кальцій, фосфор і магній. Завдяки низькій концентрації натрію та високому вмісту калію вони мають співвідношення Na^+/K^+ менше 0,6, тому рекомендовані до споживання для людей з гіпертонією. Гриби є чудовим джерелом селену та міді з високою біодоступністю. Гриби також мають значний вміст токоферолів, каротиноїдів, аскорбінової кислоти, фенольних кислот і ергостеролу, навіть більший, ніж у більшості овочів і фруктів.

З іншого боку, гриби також є хорошим джерелом різних харчових волокон, включаючи β -глюкани, полісахаридно-білкові комплекси, хітин, геміцелюлози, манани та ксилани. Таким чином, споживання їстівних грибів може легко забезпечити до 25% рекомендованого споживання харчових волокон.

Деякі біологічно активні сполуки присутні в грибах, зокрема, корична кислота, ергостерин, а також *n*-кумарова, *n*-гідроксибензойна і протокатехінова кислоти. Біологічно активними сполуками з особливою фармакологічною цінністю, присутніми в грибі шиїтаке, є лентинан, еритаденін, або лентинацин, і ерготіонеїн. Ерготіонеїн є сірковмісним антиоксидантом, специфічним для грибів. Ця сполука не виявлена у рослинах або інших харчових продуктах. Він здатний поглинати гідроксильні радикали, а також інгібує їх утворення, таким чином захищаючи біомолекули від оксидативного ушкодження [8].

Гриби є невичерпним джерелом імуномодуючих біомолекул, ефект яких у лікуванні раку, інфекційних або імунологічних розладів уже клінічно продемонстрований. Гриби містять імуностимулюючі сполуки, такі як β -глюкани, поліінозин, які зміцнюють та підвищують активність імунної системи. Крім того, фолат грибів відіграє важливу роль у синтезі та відновленні ДНК. В даний час існує понад 270 визнаних видів грибів за їх різноманітною біологічною активністю (такою як адаптогенна, протизапальна, протимікробна, антиоксидантна, гепатопротекторна, гіпохолестеринемічна). Оскільки гриби почали вирощувати для харчових цілей, їх все частіше використовують як дієтичні добавки проти різних захворювань і пов'язаних із ними проблем зі здоров'ям. Крім того, повідомлялося про їх антиатерогенну, гепатопротекторну, протизапальну, антидіабетичну та антиоксидантну дію. В останні десятиліття кілька наукових досліджень, проведених в Японії, Китаї та Кореї, а останнім часом і в Сполучених Штатах, довели потенціал грибів для профілактики та лікування деяких хронічних захворювань, таких як рак, гіпертонія і хвороби серця. В даний час у деяких азіатських країнах кілька екстрактів грибів використовуються для лікування раку як допоміжний засіб на додаток до інших методів лікування.

2. Особливості білкового складу їстівних грибів

Білки є важливими макронутрієнтами, необхідними для забезпечення важливих функцій, для функціонування гормонів та ферментів. Одним із цінних джерел харчового білка є гриби. Приблизно 25-35% від загальної кількості амінокислот міститься у вигляді вільних амінокислот, решта – у складі білків. Амінокислотний склад грибів значною мірою залежить від складу субстрату для їх вирощування. Гриби містять усі 20 амінокислот, включаючи есенціальні. Вміст незамінних амінокислот у грибах значно вищий порівняно з зерновими, бобовими та горіхами. Гриби особливо збагачені на ізолейцин, фенілаланін, триптофан та лізин, вміст яких у більшості бобових та зернових недостатній. Вміст вказаних амінокислот у грибах також вищий

порівняно з фруктами та овочами. Окрім того, гриби є хорошим джерелом амінокислот з розгалуженим ланцюгом (лейцин, ізолейцин, валін), які важливі для нарощування м'язів, зменшення м'язової втоми та полегшення болі у м'язах. З високим вмістом ізолейцину у грибах пов'язують їх здатність підвищувати імунітет шляхом індукування, експресії захисних пептидів господаря (наприклад, β -дефензинів), які задіяні в регуляції вродженого та набутого імунітету [8].

Гриби хоча і поступаються м'ясу за вмістом білка, проте не містять таких шкідливих компонентів як високий вміст насичених жирних кислот, натрій і холестерол, що містяться у м'ясі. Клінічно доведено, що споживання однакової кількості білків грибів та м'яса призводять до підвищення коефіцієнта ситості та відчуття насиченості, що призвело до стримування голоду.

Білок також є джерелом енергії. Білок в основному отримують з продуктів тваринного походження, таких як червоне та оброблене м'ясо. Тваринні білки, як правило, вважаються повноцінними білками, оскільки вони містять усі дев'ять незамінних амінокислот, але їх виробництво є дорогим. Крім того, тваринництво займає близько третини всієї землі. Виробництво м'яса також сприяє значним викидам парникових газів (близько 14% усіх антропогенних викидів парникових газів), що має значний вплив на навколишнє середовище. Крім того, споживання червоного та обробленого м'яса пов'язують із рядом проблем зі здоров'ям людини, включаючи хвороби серця та рак товстої кишки [9]. У вирішенні цих проблем рослинні білки набули популярності як альтернатива тваринним білкам в останні десятиліття. Це пояснюється низькою вартістю виробництва, великою пропозицією та наявністю біоактивних і фітохімічних сполук у продуктах рослинного походження. Однак рослинні білки мають дефіцит однієї або кількох незамінних амінокислот; таким чином, білки рослинного походження не можна вважати повноцінними білками. Наприклад, зернові містять низькі

значення лізину, а бобові мають дефіцит сірковмісних амінокислот (наприклад, метіоніну та цистеїну) [10].

Останнім часом їстівні гриби визнають безпечними джерелами високоякісних білків завдяки низькому вмісту жиру, високому вмісту клітковини та функціональних інгредієнтів, таких як фенольні сполуки. Гриби містять велику кількість білка із середнім значенням 23,80 г/100 г сухої ваги (DW). Грибні білки останнім часом знайшли визнання в харчовій промисловості через їхню високу поживну цінність і повноцінні незамінні амінокислоти [11-13]. У порівнянні з тваринними та рослинними джерелами, білки грибів зазвичай мають повний профіль незамінних амінокислот, задовольняючи харчові потреби, та мають певні економічні переваги. Деякі гриби також можуть рости в агропромислових відходах і давати високі врожаї за короткий час. Крім того, білки грибів мають високий вміст амінокислот з розгалуженим ланцюгом, які в основному містяться лише в джерелах білка тваринного походження. Знову ж таки, білки грибів мають високу термічну та рН стабільність, а їх засвоюваність коливається від 60 до 70%. Проте було показано, що фенольні сполуки, фітати та таніни, що містяться в грибах, пригнічують травні ферменти амілазу, пепсин, тоді як високий вміст клітковини в грибах може спричинити виділення деяких відновлюючих цукрів під час травлення, що призводить до реакції Майяра та зниження засвоюваності лізину, метіоніну та триптофану. Ліпіди, які залишаються, також можуть окислюватися, що призводить до згіркнення [14]. Засвоюваність білка грибів можна покращити шляхом видалення вищезгаданих харчових компонентів шляхом обробки [15]. Варто зазначити, що плодові тіла грибів зазвичай споживаються як джерело білка, який може забезпечувати значну частину амінокислот для функціонування організму, а також субстрати для бродіння для стимуляції мікробіоти [16], що вказує на здатність як оброблених, так і необроблених білків грибів позитивно впливати на здоров'я людини. Сучасні дослідження виявили, що білкові концентрати, гідролізати та пептиди грибів мають потужні інгібуючі властивості

ангіотензинперетворюючого ферменту (АПФ), антиоксидантні, протимікробні, протипухлинні, противірусні та модулюючі властивості кишкової мікробіоти [16]. Крім того, існують інші біологічно активні білки, знайдені в грибах, включаючи лектини, імуномодулюючі білки грибів (GIP), білки, що інактивують рибосоми (RIP), антимікробні/протигрибкові білки, рибонуклеази та лакази [17]. Тобто, гриби є цінним джерелом біоактивних білків, альтернативних тваринним джерелам. Однак, оскільки існують тисячі різних видів грибів, актуальним залишається питання пошуку найкращих видів грибів як джерела харчового білка.

Плодові тіла та міцелій їстівних грибів містять кілька біологічно активних білків, які виконують різні спеціальні функції, зокрема лектини, убіквітиноподібні та рибонуклеазні білки та пептиди, імуномодулюючі білки, лакази та інші ферменти. Ці білки проявляють високу біологічну активність, зокрема антимітогенну, імуномодулюючу, противірусну, антипроліферативну дію на різні пухлинні клітини, протигрибкову та антибактеріальну дію. Вміст білка у їстівних грибах може коливатися від 15,2 г/100г сухої ваги в *Lentinus edodes* до 80,93 г/100г сухої ваги в *Agaricus bisporus*. У грибах також виявлені дві незвичайні амінокислоти: γ -аміномасляна кислота та орнітин, які проявляють фізіологічну активність як нейромедіатор у центральній нервовій системі та є попередником аргініну відповідно.

Лектини виявлені у понад 200 видах грибів. Лектини, виділені з різних грибів, виявляють виражену інгібуючу дію на проліферацію пухлинних клітин, зокрема гепатоми, аденокарциноми, лімфоми, саркоми. Деякі грибні лектини здатні стимулювати перетворення лімфоцитів з малих клітин у великі бластоподібні клітини, які можуть піддаватися мітозу. Також описано, що деякі лектини здатні інгібувати зворотну транскриптазу ВІЛ-1 [18].

Вживання грибного білка має ряд переваг. По-перше, вміст білка в грибах може становити 20 – 40% сухої маси, що є вищим за кількістю та якістю порівняно з рослинними білками. Наприклад, *Agaricus bisporus* (білий, *crimini* і *portobello*) і *Lentinula edodes* (шиїтаке) є одними з найбільш поширених

культивованих сортів грибів, що містять відповідний вміст білка в сухому вигляді 3,1 – 27,1% і 14,0 – 20,5%. По-друге, стверджується, що грибний білок містить усі незамінні амінокислоти, хоча є обмежені дослідження. *A. bisporus* і *L. edodes*, наприклад, містять усі дев'ять незамінних амінокислот (Val, Leu, Ile, Lys, Thr, Met, His, Phe та Trp). Індекс незамінних амінокислот (EAAI) оцінює якість білка шляхом обчислення співвідношення всіх незамінних амінокислот по відношенню до яєчного білка; EAAI для *A. bisporus* і *L. edodes* становить 55,8 і 100 для яєць. *Pleurotus ostreatus* (вешенка), EAAI, наприклад, вище 85, що свідчить про те, що якість білка гриба може наближатися до білка тваринного походження; засвоюваність того ж сирого протеїну гливи становить близько 79% порівняно зі 100% для ідеального білка. Високоякісне та кількісне джерело грибного білка має потенціал стати кращим вибором для рослинного білка, хоча такі продукти (концентрати чи ізоляти) будуть дорогими порівняно з соєвим білком. По-третє, вирощування грибів у приміщенні може мати до 10 циклів на рік і не залежить від погоди, що робить його стійким джерелом сировини [19].

3. Загальна характеристика досліджуваних грибів

У експериментальній частині роботи досліджений амінокислотний та білковий склад чотирьох грибів.

1. Боровик пороспоровий (*Boletus porosporus*)

Історично рід боровиків (*Boletaceae*) охоплював широкий діапазон видів базидіоміцетів з пороїдними, м'ясистими базидіомами. Останні молекулярні дослідження показали, що *Boletus sl.* є поліфілетичним, з численними родами, видом. Бувають пластинчасті, гастроїдні і гіпогеозні види, які широко розповсюджені [20]. Боровики виконують життєво важливу екологічну роль як ектомікориза первинних лісових дерев [21].

Як показано у роботі Гелюти В.П. “*Boletus porosporus* Immler ex Bon et G. Moreno (Моховик утятоспоровий) – 6 локалітетів, 5 регіонів. У листяних і мішаних лісах на некарбонатних ґрунтах, переважно під дубом. Рідко,

поодинокими екземплярами або в більш-менш помітних рядах. Їстівний гриб низької якості, плодові тіла часто дуже червиві і вражені мікофільними грибами. *Boletus porosporus* найбільш схожий з *B. chrysenteron* Bull., від якого відрізняється насамперед утятими спорами і кольором ніжки, яка у нього з віком темніє до сірої, коричнево-сірої або сірооливкової. Доброю діагностичною ознакою є також відсутність червоного забарвлення в нижньому шарі шкірки шапинки (субкутикулі), хоча почервоніння може виявлятися в більш глибоких тріщинах м'якуша шапинки” [22].

2. Боровик неїстівний (*Boletus calopus*)

Boletus calopus часто називають гірким буковим боровиком, його можна знайти як під дубом, так і під буком, але майже завжди на крейдянному ґрунті. Шапка 4,5-7,5 см, від напівсферичної до опуклої, з надлишковим краєм. Кутикула гола, матова, суха і світло-вохристого кольору. Трубки, що зрослися, короткі, тонкі, жовтого кольору, що злегка переходить в синій з оливковими відтінками. Маленькі округлі пори жовтого кольору, який на дотик швидко стає темно-синім. Ніжка розміром 4-5 × 2,5-5,5 см, спочатку цибулинна, потім від циліндричної до ключицеподібної і променисто розташована біля основи, жовта на верхівці і карміново-червона від середини до основи, майже повністю покрита червонуватою сіточкою. Компактна білувата м'якоть, яка на розрізі стає м'яко блакитною і швидко гірчить. Базидія ключоподібна, третраспорова, без базальної фібули. Базидіоспори підвертинчасті, товстостінні, гладкі, гіалінові, горлеподібні, шишковидні. Світло-коричневий колір капелюшка, жовті пори, які з часом не набувають червонуватих відтінків, прозора сіточка. Його червоний колір та гіркий смак чітко ідентифікують його. Крім того, він має різні цистидії [23].

3. Шишкогриб лускатий (*Strobilomyces strobilaceus*)

Макроскопічні ознаки: ворс 6-9 см в поперечнику, напівкулястий у молодості, потім розширюється до опуклого, темно-сірий з білуватими

ділянками, мишачий сіро-коричневий до чорного, вкритий великими та товстими, пірамідальними до чорних, пірамідальними та деякими вертикальними лусочками, частина з яких нависають над краєм. Край від нерівномірно волокнистого до лускоподібного, із сіруватим частковим покривалом, яке швидко руйнується та залишає фрагменти на краю та верхній частині стрижня. М'якоть товста і тверда, білувата, на розрізі рожева, потім стає чорно-коричневою. Запах і смак невиразні, пори кутасті, спочатку білуваті, потім сірувато-коричневі, червонуваті при подрібненні. Трубки довжиною до 15 мм, сірувато-білі, подібно реагують з порами при пошкодженні. Стрижень 8-11 × 1-2 см, циліндричний, дещо потовщений на верхівці, шапинка волокниста або хлопкова, майже одного кольору з ворсом, вкрита шерстистими лусочками. Кільцеподібна зона блідо-сірувата на вершині. Мікроскопічні характеристики: базидіоспори 10-12 × 9-11 мкм, коричневі, підкулясті з сітчастим орнаментом. Базидії 50-60 × 15-18 мкм, булавовидні, 2 або 4 спори, без базального затискача. Цистидії 70-80 × 25-30 мкм, веретеноподібні до вентрикозних з коричневими пігментами.

Шапка спочатку куляста, а потім напівкуляста, світло-сірого кольору і покрита великими волокнистими лусочками від темно-сірого до чорнуватого кольору. Довгі трубочки та сіруваті багатокутні пори, які при дотику стають спочатку оранжевими, а потім чорними. Стовбур циліндричний, одноколірні з капелюшком, з однотипними лусками і чітким світло-сірим перетинчастим кільцем, темнішим по краю. М'якоть при дотику стає помаранчевою, а потім чорною [24-25].

4. Артоміцес коробчатий (*Artomyces pyxidatus*)

Artomyces pyxidatus характеризується коралоподібними плодовими тілами з розгалуженнями в рядах від двох до п'яти, іноді дводомні, із загостреними або загостреними кінчиками, чашоподібні. Базидіюми, як правило, мають жовтий колір і їдкий смак. Вид є відокремленим від інших членів роду на основі вузьких спор (< 3,0 мкм завширшки) і має глєоецистидії

різної форми з округлими або гострими верхівками. Це лігнільний вид, що зустрічається переважно на листяній деревині, наприклад *Liriodendron tulipifera*, *Quercus* і *Acer saccharum*. Він розподілений по всьому світу в помірних лісах Азії, Феноскандії, Північної Європи та Східної Північної Америки тощо [26].

РОЗДІЛ II.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В роботі досліджено 4 види макроміцетів: *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus*, *Artomyces pyxidatus*, які були надані національним-природничим парком “Гуцульщина” у рамках договору про співпрацю.

У роботі проведено визначення вмісту білків та проаналізований амінокислотний склад грибів видів *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus*, *Artomyces pyxidatus*.

Визначення білка за модифікованим методом Фоліна-Лоурі

Вміст протеїну визначали за модифікованим методом Фоліна-Лоурі [27]. Зважували 100 мг сухого зразка в пробірки Falcon об’ємом 25 мл. Додавали 5 мл 5% SDS і залишали на 2 години при кімнатній температурі при постійному помішуванні.

Через дві години пробірки центрифугували при 2000 об/хв протягом 10 хвилин. 50 мкл аліквоти зразка розбавляли 950 мкл дистильованої води. 100 мкл аліквоти розведеного зразка використовували для аналізу (за методом Фоліна-Лоурі). Поглинання зразків визначали через 30 хв після внесення реактиву Фоліна при 750 нм. Вміст білка розраховували за калібрувальним графіком.

Вміст сирого протеїну в зразках розраховували за допомогою формули:

$$\text{заг. білок } \left(\frac{\text{г}}{100 \text{ г}} \right) = \frac{C * 100 * DF}{10^6 * W}, \text{ де}$$

C – концентрація білка, розрахов. за калібрувальним графіком

100 – коефіцієнт перерахунку білка з г/100 г

DF – заг. коефіцієнт розведення

10^6 – коефіцієнт перерахунку

W – вага взятої наважки

Амінокислотний аналіз грибів

Для аналізу амінокислотного складу зразки висушених грибів гідролізували в 6 н хлоридній кислоті у вакуумно-герметичних пробірках при 106 °С протягом 24 годин. Вміст амінокислот у різних гідролізатах визначали за допомогою автоматичного аналізатора АК амінокислот Т-339 (Microtechnology, Чехія) (на базі інституту біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України) з постколонковою дериватизацією за допомогою нінгідрину. Концентрації амінокислот (у г/100 г білка) розраховували із зовнішніх стандартів для різних амінокислот.

Статистичний аналіз даних

Статистичний аналіз отриманих результатів проводили з використанням стандартних методів варіаційної статистики, використовуючи t-критерій Стьюдента. За вірогідні приймали відмінності між групами при $P \leq 0,05$.

III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Продовжується пошук біологічно активних сполук з терапевтичними властивостями, і велика увага дослідники приділяють грибам. Багато видів грибів традиційно використовуються в китайській медицині або як функціональні харчові продукти в Японії та інших азіатських країнах, являючи собою чудове джерело нутрицевтиків, функціональних харчових продуктів і вторинних метаболітів. У цьому контексті гриби цікаві для відкриття нових ліків; з них було виділено багато біологічно активних сполук, таких як малі молекули, полісахариди, білки та полісахарид-білкові комплекси [28-29].

Харчова цінність грибного білка визначається не тільки його кількістю, але й здатністю задовольняти харчові потреби; рекомендована дієтична норма (RDA) і коефіцієнт ефективності білка (PER) [30].

Результати проведених досліджень показали, що найвищий вміст білка із досліджуваних видів грибів характерний для *Boletus porosporus* та *Strobilomyces strobilaceus* (рис.1), і перевищує 40 г/100 г сирої маси.

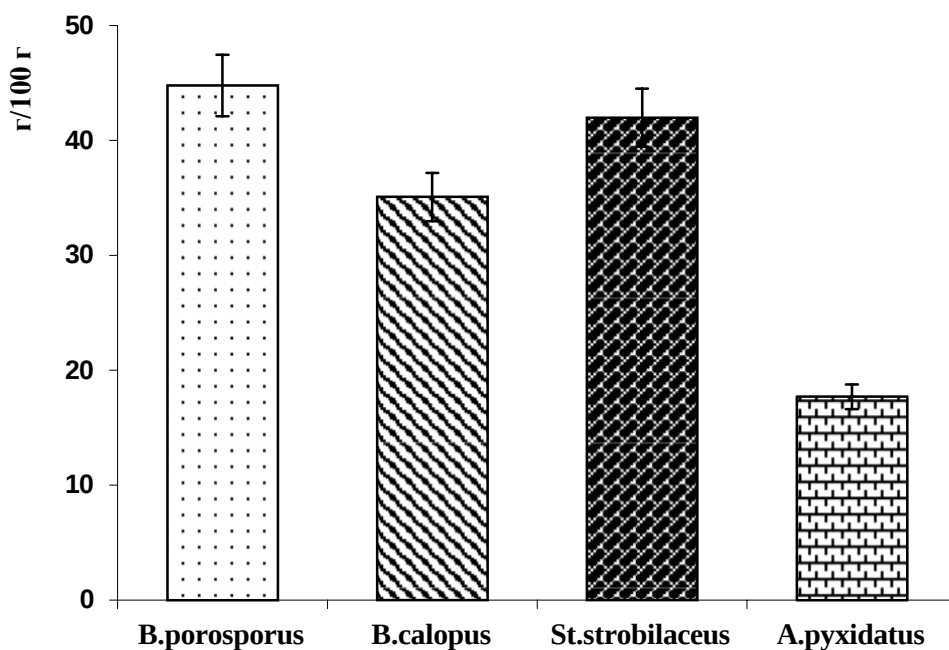


Рис. 1. Вміст білка у плодових тілах грибів видів *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus*, *Artomyces pyxidatus*

Водночас найнижчий вміст білка виявлений у плодових тілах гриба *Artomyces pyxidatus*, що не досягав 20 г/100 г сирої маси.

Відомо, що вміст білка у плодових тілах грибів може значно відрізнятися: вміст білка у їстівних грибах може коливатися від 15,2 г/100г сухої ваги в *Lentinus edodes* до 80,93 г/100г сухої ваги в *Agaricus bisporus*. Останнім часом їстівні гриби визнають безпечними джерелами високоякісних білків завдяки низькому вмісту жиру, високому вмісту клітковини та функціональних інгредієнтів, таких як фенольні сполуки. У порівнянні з тваринними та рослинними джерелами, білки грибів зазвичай мають повний профіль незамінних амінокислот, задовольняючи харчові потреби, та мають певні економічні переваги. Деякі гриби також можуть рости в агропромислових відходах і давати високі врожаї за короткий час. Крім того, білки грибів мають високий вміст амінокислот з розгалуженим ланцюгом, які в основному містяться лише в джерелах білка тваринного походження.

Тому на наступному етапі наших досліджень нам був проведений амінокислотний аналіз плодових тіл досліджуваних грибів. Результати проведених досліджень показали, що найвищий вміст амінокислот характерний для гриба *Boletus porosporus*, що практично вдвічі перевищує вміст амінокислот у грибах *Boletus calopus* та *Artomyces pyxidatus* (табл. 1).

Таблиця 1. Амінокислотний склад грибів *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus* та *Artomyces pyxidatus*

Амінокислота	Гриб			
	<i>Boletus porosporus</i>	<i>Boletus calopus</i>	<i>Strobilomyces strobilaceus</i>	<i>Artomyces pyxidatus</i>
Лізин*	0.90±0.073 ^a	0.33±0.028	0.49±0.037	0.41±0.029
Гістидин*	0.33±0.042	-	0.22±0.019	0.16±0.022
Аргінін	1.30±0.044	0.35±0.041	0.49±0.056	0.38±0.031
Аспарагінова кислота	1.61±0.106	0.78±0.081	1.15±0.099	0.92±0.084
Треонін*	0.91±0.088	0.43±0.037	0.55±0.041	0.40±0.037

Амінокислота	Гриб			
	<i>Boletus porosporus</i>	<i>Boletus calopus</i>	<i>Strobilomyces strobilaceus</i>	<i>Artomyces pyxidatus</i>
Серин	0.92±0.101	0.48±0.034	0.62±0.057	0.52±0.044
Глутамінова кислота	1.86±0.151	1.04±0.093	1.21±0.118	1.23±0.151
Пролін	0.81±0.063	0.69±0.058	0.43±0.007	0.43±0.039
Гліцин	0.81±0.071	0.45±0.062	0.59±0.019	0.41±0.043
Аланін	0.98±0.086	0.65±0.056	0.75±0.055	0.58±0.064
Цистин	0.17±0.014	0.08±0.002	0.15±0.011	0.11±0.041
Валін*	0.62±0.070	0.25±0.029	0.43±0.024	0.33±0.016
Метіонін*	0.18±0.021	0.06±0.004	0.10±0.077	0.12±0.009
Ізолейцин*	2.41±0.151	2.22±0.167	2.33±0.167	1.42±0.111
Лейцин*	1.21±0.033	0.53±0.062	0.82±0.074	0.56±0.073
Тирозин	0.59±0.062	0.21±0.023	0.29±0.030	0.24±0.017
Фенілаланін*	0.76±0.069	0.30±0.018	0.37±0.032	0.32±0.045
Гамма-аміномасляна к-та (ГАМК)	0.98±0.087	0.32±0.022	0.31±0.040	0.35±0.061
Загальна сума	17.32	9.16	11.30	8.90
НА/ЗА	42.26 %	44.98 %	46.99 %	39.33 %
ГА/ЗА	39.49 %	52.29 %	47.35 %	41.91 %

Усі значення є середніми $\pm$ SD трьох визначень (у г/100 г білка). Значення з однаковою літерою в рядку істотно не відрізняються на рівні ймовірності 0,05. *Незамінні амінокислоти (НА); загальна кількість амінокислот (ЗА); гідрофобні амінокислоти (ГА).

Амінокислотний аналіз показав, що вміст лізину у *Boletus porosporus* у тричі перевищує вміст лізину у *Boletus calopus* та вдвічі вищий порівняно з *Strobilomyces strobilaceus* та *Artomyces pyxidatus*. Гістидин у *Boletus calopus* взагалі не виявлений, а у *Artomyces pyxidatus* вдвічі нижчий порівняно з *Boletus*

porosporus. Вміст аргініну у *Boletus porosporus* у 2,5-3,7 рази вищий порівняно з іншими досліджуваними видами грибів. Вміст аспаргінової та глютамінової кислоти найнижчий у *Boletus calopus*, а найвищий – у *Boletus porosporus*. Вміст треоніну та серину у *Boletus calopus* і *Artomyces pyxidatus*

вдвічі нижчий порівняно з *Boletus porosporus*. Щодо сульфуровмісних амінокислот, то вміст цистину у *Boletus porosporus* і *Strobilomyces strobilaceus* практично однаковий; вміст метіоніну у *Boletus calopus* втричі нижчий порівняно з *Boletus porosporus*. Цікаво, що вміст ізолейцину у *Boletus porosporus*, *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus* достовірно не відрізняється. Вміст лейцину у *Boletus calopus* та *Artomyces pyxidatus* найнижчий, і, у понад 2 рази нижчий порівняно з *Boletus porosporus*. Вміст ароматичних амінокислот – тирозину та фенілаланіну – у *Boletus calopus*, *Strobilomyces strobilaceus* та *Artomyces pyxidatus* достовірно не відрізняється та у понад 2,5 рази нижчий порівняно з *Boletus porosporus*. Окрім того, *Boletus porosporus* збагачений на гама-аміномасляну кислоту.

Слід зазначити, що найвища частка незамінних амінокислот характерна для *Strobilomyces strobilaceus*, тоді як гідрофобних амінокислот – для *Boletus calopus*.

Отже, проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що найбільш цінним джерелом амінокислот серед досліджуваних грибів є *Boletus porosporus*, тоді як найменшою харчовою цінністю за вмістом загальної кількості амінокислот та частки незамінних амінокислот володіє гриб *Artomyces pyxidatus*.

ВИСНОВКИ

1. Результати проведених досліджень показали, що найвищий вміст білка із досліджуваних видів грибів характерний для *Boletus porosporus* та *Strobilomyces strobilaceus*, і перевищує 40 г/100 г сирої маси. Водночас найнижчий вміст білка виявлений у плодових тілах гриба *Artomyces pyxidatus*, що не досягав 20 г/100 г сирої маси.
2. Результати проведених досліджень показали, що найвищий вміст амінокислот характерний для гриба *Boletus porosporus*, що практично вдвічі перевищує вміст амінокислот у грибах *Boletus calopus* та *Artomyces pyxidatus*. При цьому найвища частка незамінних амінокислот характерна для *Strobilomyces strobilaceus*, тоді як гідрофобних амінокислот – для *Boletus calopus*.
3. Проведені дослідження показали, що найбільш цінним джерелом амінокислот серед досліджуваних грибів є *Boletus porosporus*, тоді як найменшою харчовою цінністю за вмістом загальної кількості амінокислот та частки незамінних амінокислот володіє гриб *Artomyces pyxidatus*.