
Сушені культивовані гриби як цінне джерело білків та амінокислот

Галина Сімахіна

Кафедра технології оздоровчих продуктів, Національний університет харчових технологій,
Київ, Україна

ORCID 0000-0002-7836-3114

Для цитування цієї статті:

Сімахіна Галина. Сушені культивовані гриби як цінне джерело білків та амінокислот.

International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 3, No.5, 2024, pp. 110-119.

doi: 10.46299/j.isjea.20240305.11.

Надійшла до редакції: 16 вересня 2024 р.; **Схвалено:** 30 вересня 2024 р.;

Опубліковано: 01 жовтня 2024 р.

Анотація: Аналіз структури харчування населення України свідчить про постійний дефіцит харчового білку, котрий прогнозується й на майбутнє. Тому пошук нових його джерел, збільшення виробництва продовольчого білку і формування його структури є одним із найбільш істотних та складних завдань харчування, перш за все – здорового. Одним із багатих джерел білку є культивовані гриби, які містять понад 30% білку (на суху речовину), всі незамінні амінокислоти, ненасичені жирні кислоти, вітаміни, макро- та мікроелементи. Разом з тим, потенційні можливості культивованих грибів досі використовуються недостатньо у зв'язку з тим, зокрема, що при вивченні їхніх біологічних характеристик дослідники здебільшого обмежуються з'ясуванням загальної кількості білків без розшифрування їхнього амінокислотного складу, збалансованості незамінних і замінних амінокислот, їх зіставлення з еталонним білком, запропонованим ФАО ВООЗ. Це загалом ускладнює оцінку одного з основних показників якості будь-яких білків – їхньої біологічної цінності. Тому обраний у статті напрям, що визначається сформульованою метою, є актуальним і з теоретичної, і з практичної точок зору. Мета дослідження – вивчення білкового та амінокислотного складу сушених культивованих грибів як підґрунтя для розширення сфери їх використання у харчових технологіях та задоволення потреб споживачів у легкозасвоюваній білковій складовій раціонів харчування. Досліджено споживчі властивості напівфабрикатів печериць, отриманих методом низькотемпературного сушіння (45 °C) з подальшим диспергуванням, за показниками біологічної цінності білків, їх фракційним розподілом, масовими частками незамінних і замінних амінокислот. Завдання дослідження полягають у вивченні розподілу за розчинністю білків печериць низькотемпературного сушіння, впливу способу перероблення грибів на зміни у фракційному складі білків; амінокислотного складу білків сушених печериць, у тому числі співвідношення вільних і зв'язаних амінокислот, та органолептичній характеристиці сушених порошків. У сушених культивованих грибах виявлено усі незамінні 8 амінокислот, що склало майже 46% їх загальної кількості. Сума замінних амінокислот становить 54%. Ці дані є важливим показником споживчих властивостей грибних напівфабрикатів, оскільки відомо, що максимальний біологічний ефект білків їжі досягається при співвідношенні незамінних і замінних амінокислот як 42 : 58, що близько до отриманих нами результатів.

Ключові слова: культивовані гриби, біологічна цінність, амінокислотний склад, фракції білків, засвоюваність, органолептична характеристика.

1. Вступ

В організмі людини практично немає резервів білку, разом із тим, усі життєві процеси пов'язані з його перетвореннями та біотрансформацією на рівні клітин і тканин, а також здатністю взаємодіяти з усіма без винятку речовинами, утворюючи комплексні сполуки, які складають основу живого організму [1]. Одним із багатих джерел білку є культивовані гриби, які містять понад 35% білку (на суху речовину), всі незамінні амінокислоти, ненасичені жирні кислоти, вітаміни, макро- та мікроелементи [2]. Сучасна наука ставить їх у фокусі оновлених досліджень як джерела біоактивних сполук для харчової промисловості [3, 4], зокрема для створення дієтичних добавок, здатних підвищувати імунітет до інфекційних та онкологічних захворювань [5, 6, 7], оскільки у світлі новітніх поглядів утворення антитіл є видозміненим процесом нормального біосинтезу білків-глобулінів [8].

Гриби цінуються як низькокалорійний продукт із малим вмістом жирів, натрію і практично відсутністю нітратів і нітритів, а також як сировина для виробництва лікувально-профілактичних фітопрепаратів із широким спектром дії. Грибний білок має високий ступінь засвоювання в організмі людини: 100-200 г грибів достатньо для забезпечення добового білкового балансу в людини масою 70 кг. Гриби можна вирощувати протягом року в обладнаних приміщеннях і, незалежно від світлової зони, погодних і ґрунтових умов, збирати урожай з 1 га 11 тис. ц на рік. Для виробництва грибів успішно використовуються субстрати, отримані із вторинних продуктів і відходів сільського господарства. Субстрат після закінчення циклу вирощування є цінним органічним добривом.

За прогнозом вчених, у майбутньому 2/3 потреби людини в білках задовольнятиметься за рахунок промислового виробництва їстівних грибів. Уже зараз майже 80 країн світу в штучних умовах вирощують печерицю, гливу звичайну, шиїтаке, опеньок літній, зимовий гриб, кільцевик та інші гриби [3, 4]. Встановлено, що вживання грибів підвищує імунітет людини до різних інфекцій, а також до онкологічних захворювань [9].

Культивовані гриби є низькокалорійною харчовою сировиною, яка, на відміну від лісових грибів, не накопичує важких металів, радіонуклідів, нітратів тощо. При певних технологіях перероблення білок культивованих грибів має високий рівень засвоюваності організмом людини [10]. Тому теоретичні і практичні дослідження, що дають можливість виявити нові позитивні ефекти використання культивованих грибів, є актуальними і спрямованими на розширення спектру високоефективної безпечної сировини для подолання білкового дефіциту у раціонах харчування.

2. Об'єкт і предмет дослідження

Дослідження проведено на напівфабрикатах із висушеної печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*). За заздалегідь визначеними критеріями відібрали свіжу сировину, після етапів миття, звільнення від домішок, подрібнення висушили її конвективним способом при температурі 45 °С і тривалості процесу 340 хв. Сухі печериці подрібнювали до часток розміром 100-150 мкм і аналізували за фракційним розподілом білків при різних способах їх перероблення, співвідношенням замінних і незамінних амінокислот для визначення збалансованості білків; здійснили розрахунки амінокислотних скорів незамінних білків порівняно з еталонним білком, а також розрахунки ступеня використання білків живим організмом. Для порівняльної характеристики деякі дослідження провели з замороженими напівфабрикатами, отриманими при температурах -28...-35 °С, та з напівфабрикатами високотемпературного (85...90 °С) сушіння.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – вивчення білкового та амінокислотного складу сушених культивованих грибів як підґрунтя для розширення сфери їх використання у харчових технологіях та задоволення потреб споживачів у легкозасвоюваній білковій складовій раціонів харчування. **Завдання дослідження** полягають у вивченні розподілу за розчинністю білків печериць низькотемпературного сушіння, впливу способу перероблення грибів на зміни у фракційному складі білків; амінокислотного складу білків сушених печериць, у тому числі співвідношення вільних і зв'язаних амінокислот, та органолептичній характеристиці сушених порошків.

4. Аналіз літератури

Виробництво культивованих грибів стає однією з основних тенденцій харчової промисловості, яка прогнозовано розширюватиметься [11, 12], передусім за рахунок вирощування печериць та шиїтаке [13, 14]. Печериці містять до 3% ліпідів, із яких більш ніж половина – нейтральні жири. Кислотне число близьке до показника рослинних олій завдяки високому вмістові вільних жирних кислот, що складають майже 17% від загальної кількості. Це переважно масляна та оцтова кислоти, разом із олеїноюю і стеариноюю [15]. Важливим ефектом споживання печериць та харчових продуктів на їхній основі є протипухлинна дія. При перевірці впливу хімічних компонентів печериць на білок, що ушкоджує ДНК людини, виявлено, що компоненти печериць діють краще, ніж стандартні фармацевтичні інгібітори [16]. Це надзвичайно важливо, зважаючи на розповсюдженість онкологічних захворювань на планеті і відсутність специфічних засобів для їх лікування.

Аналіз літературних джерел показав, що потенційні можливості грибних напівфабрикатів досі використовуються недостатньо – у зв'язку з тим, що при вивченні їхніх біологічних характеристик дослідники здебільшого обмежуються, наприклад, лише з'ясуванням загальної кількості білків без розшифрування амінокислотного складу, збалансованості незамінних і замінних амінокислот. Це загалом унеможливорює оцінку одного з основних показників якості будь-яких білків – їхньої біологічної цінності. Винятком є результати досліджень гливи звичайної [2], у яких відображено всі зазначені показники.

5. Методи досліджень

Загальний вміст білків, якісний та кількісний склад амінокислот вивчали за методикою [17] з використанням капілярного електрофорезу. Для визначення фракційного складу білків грибів їх фракціонували у середовищах: альбуміни – у воді, глобуліни – у 1 М NaCl у 0,1 М фосфатному буфері (рН 6,8), глютеліни – в 0,1 н NaOH, проламіни – у 70 %-ному етиловому спирті. Для цього зразки подрібнених напівфабрикатів вносили у відповідні середовища при співвідношенні грибної маси і розчинника 1 : 3 для альбумінів і глобулінів, 1 : 2,5 – для глютелінів і проламінів; центрифугували протягом 15 хв. при 6000 об/хв. Осад промивали і промивними водами доводили об'єм кожної витяжки до 150 мл. Вміст білкових речовин грибів визначали у відповідних витяжках та осаді за методом [9].

6. Результати досліджень

Відомо, що якісні продукти та напівфабрикати можна отримати лише з якісної сировини. Тому дане дослідження розпочали з формулювання основних критеріїв вибору культивованих грибів для подальшого перероблення, зокрема на сухі напівфабрикати.

У таблиці 1 запропоновано перелік основних критеріїв вибору печериць для отримання високобілкових напівфабрикатів.

Таблиця 1. Основні критерії та їхня характеристика при виборі культивованих грибів для перероблення.

Критерії	Характеристика критеріїв
Високий вміст білку (6-8% і більше)	Істотне джерело повноцінного білку за вмістом незамінних амінокислот та їх співвідношення із замінами; важливе джерело лізину, фенілаланіну, лейцину, треоніну.
Біологічна цінність	Відповідність амінокислотного складу потребам організму людини для синтезу власних білків, ступінь перетравлюваності білків на рівні білків молока.
Коефіцієнт співвідношення масових часток білку і клітковини (4,5 і більше)	Ступінь неоднорідності анатомічних частин плодового тіла грибів за співвідношенням вмісту білків і клітковини, що впливає на перетравлюваність напівфабрикатів в організмі людини.
Оптимальний вміст клітковини	Належний ступінь перетравлювання біокомпонентів в організмі людини (при збільшеному вмісті клітковини процес ускладнюється) при одночасному забезпеченні декорпорації важких металів, радіонуклідів, інших токсикантів.
Достатній вміст вуглеводів	Здатність стимулювати синтез антитіл, підвищувати імунний захист, виявляти онкопротекторні властивості (полісахариди).
Відносна початкова вологість 80-86%	Забезпечення досить інтенсивного процесу сушіння грибів, близько 90% вологи представлено вільною фракцією, яка легко видаляється.
Відсутність токсичних сполук, важких металів, канцерогенів, мікроорганізмів	Безпека для споживачів, екологічність виробництва, охорона природи
Органолептичні показники	Гриби цілі, свіжі, здорові на вигляд, ніжки відділені або не відділені, запах характерний для свіжих грибів, поверхня шапки біла або кремова, гриби однорідні за ступенем зрілості, добре сформовані.

Дотримання запропонованих критеріїв забезпечить вибір сировини, найбільш придатної для перероблення на напівфабрикати та дієтичні добавки з високим вмістом легкозасвоюваного білку та інших важливих біокомпонентів.

На наступному етапі досліджень вивчали розподіл за розчинністю білків печериць низькотемпературного сушіння. Відомо, що за розчинністю у різних системах білкові сполуки поділяються на альбуміни, глобуліни, проламіни та глютеліни [18]. Альбуміни – водорозчинні білки – характеризуються найбільшою харчовою та біологічною цінністю. Вони з мінімальними витратами енергії перетворюються в організмі людини та є найбільш збалансованими за амінокислотним складом. Глобуліни – солерозчинні білки – також відзначаються високою біологічною цінністю, але здебільшого лімітовані за сірковмісними амінокислотами. В спирто- та лужнорозчинних фракціях білків (глютеліни та проламіни) відсутні деякі незамінні амінокислоти, вони важче піддаються дії протеолітичних ферментів і своєю присутністю знижують біологічну цінність харчових продуктів.

У літературі відсутні дані щодо фракційного складу білків порошкоподібних напівфабрикатів печериць, тому такі дослідження є одним із завдань даної роботи. За розробленою методикою фракціонували досліджувані напівфабрикати; отримані дані наведено у таблиці 2. Оскільки печериці, як і іншу рослинну сировину, можна переробляти різними способами, то цікаво простежити їхній вплив на перерозподіл фракційного складу білків.

Таблиця 2. Вплив способів перероблення печериць на зміни у фракційному складі білків.

Способи перероблення	Масова частка фракцій білків, % від загальної маси білку				
	водо-розчинна	соле-розчинна	лужно-розчинна	спирто-розчинна	нерозчинний залишок
Свіжі гриби	43,6 ± 1,6	24,0 ± 0,5	12,8 ± 1,1	5,2 ± 2,4	14,4 ± 0,5
Гриби після заморожування (-28...-35 °С)	52,8 ± 0,9	26,6 ± 0,7	11,9 ± 0,7	4,4 ± 0,3	4,3 ± 1,9
Гриби після термічного оброблення (85-90 °С)	33,5 ± 2,2	20,4 ± 1,4	8,8 ± 0,9	6,3 ± 0,8	31,0 ± 1,4
Гриби після низькотемпературного сушіння (45 °С)	46,4 ± 0,4	24,9 ± 1,8	10,4 ± 0,15	3,08 ± 1,2	15,0 ± 1,6

Результати підтверджують доцільність отримання напівфабрикатів із печериць, оскільки білкові сполуки грибів після заморожування або низькотемпературного сушіння на понад 70% представлено альбумінами та глобулінами, тобто білками високої біологічної цінності та засвоюваності [3, 4, 11].

З даних таблиці видно також, що фракційний склад білків печериць істотно залежить від способів їх перероблення. Тобто, обираючи той чи той спосіб технологічного впливу, можна прогнозовано збільшити частку найбільш важливих з точки зору біологічної активності фракцій білку, передусім альбумінів, і зменшити частку нерозчинного залишку.

З цієї точки зору найбільш значущим виявилось заморожування грибів при температурах -28...-35 °С з використанням способу швидкого заморожування. Частка альбумінів при цьому зросла на 13,8%, а частка нерозчинного залишку зменшилась на 28,7%. Цей факт можна пояснити тим, що під впливом температурного шоку, котрому піддаються всі клітини і тканини грибів при швидкому зниженні температури до -35 °С, міцно агреговані білкові молекули, які й створюють нерозчинний залишок, здебільшого руйнуються, вивільнюються білки і набувають здатності розчинятись у воді, даючи приріст частки альбумінів та легкорозчинних глобулінів.

Наступний етап досліджень присвячено вивченню амінокислотного складу сушених грибів, що характеризує їхню біологічну активність. Амінокислоти – речовини первинного синтезу, вони беруть участь у синтезі білків, коферментів, ферментів, стероїдних сполук, поліфенолів, складних вуглеводів, жирів тощо. Поширеність амінокислот у рослинах та їх висока біологічна активність сприяють ефективній дії на організм як лікарської сировини, так і препаратів з неї [19, 20]. Для повнішої інформації визначали частку амінокислот у вільній і зв'язаній формах. Отримані результати наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Співвідношення заміennих і незамінних амінокислот білків печериць низькотемпературного сушіння, мг/100 г продукту.

Амінокислоти	мг / 100 г продукту	Вільні	Зв'язані
		мг / 100 г продукту	мг / 100 г продукту
Лізин	1,245	0,095	1,15
Фенілаланін	1,75	0,034	1,72
Лейцин	2,25	0,125	2,125
Ізолейцин	0,735	0,16	0,58
Валін	1,27	0,175	1,095

Продовження таблиці 3

Метіонін	0,42	0,003	0,417
Треонін	1,9	0,133	1,77
Триптофан	0,26	-	0,26
Сума незамінних амінокислот	9,83	0,725	9,105
Сума замінних амінокислот	11,57	0,686	10,884
Загальна сума амінокислот	21,4	1,411	19,99
Збалансованість АКС, %	0,85	1,05	0,83

На основі результатів таблиці 3 можна зробити висновок, що білки печериць низькотемпературного сушіння містять усі незамінні амінокислоти загальною сумою 9,83 мг / 100 г продукту (те ж стосується і білків свіжих грибів). І це становить 45,93% до загального вмісту амінокислот. Сума замінних амінокислот дещо більша – 11,57 мг/100 г продукту і становить 54,06% до загальної маси амінокислот.

Найбільша частка незамінних амінокислот припадає на лейцин – 2,25 мг / 100 г продукту; фенілаланін – 1,75 мг / 100 г продукту; валін – 1,27 мг / 100 г продукту; треонін – 1,9 мг / 100 г продукту.

Загалом за спадною концентрацією незамінні амінокислоти сушених печериць склали такий ряд:

Лейцин > треонін > фенілаланін > валін > лізин > ізолейцин > метіонін > триптофан.

Згідно з даними таблиці, білки сушених печериць містять амінокислоти у вільному стані – 0,725 мг / 100 г продукту незамінних і 0,686 мг / 100 г продукту замінних. Попередні дослідження показали, що з використанням спеціальних методів (наприклад, механоактивування) можна підвищити біодоступність білків грибів за рахунок збільшення частки вільних амінокислот.

Важливим виявився результат розрахунку збалансованості амінокислотного складу (ЗАКС, %), тобто співвідношення між часткою замінних і незамінних амінокислот. Для більшості білків природного походження воно становить близько 0,55-0,6% [1], що свідчить про переважаючу частку замінних амінокислот. У наших дослідженнях цей показник становить 0,85% для загальної кількості амінокислот, тобто вміст незамінних амінокислот незначно поступається вмістові замінних. Для вільних амінокислот цей показник зростає до 1,05 %.

Відомо, що для створення оптимальних умов катаболічних процесів у тканинах організму істотну роль відіграє саме це співвідношення. В експерименті було встановлено [1], що максимальний біологічний ефект білків їжі може бути досягнуто при загальній кількості азоту – 42% незамінних амінокислот. Інші 58% повинні припадати на азот замінних амінокислот. За отриманими нами результатами, співвідношення замінних та незамінних амінокислот в сушених печерицях наближається до цих оптимальних значень.

Цікавими виявилися результати порівняльних досліджень частки вільних амінокислот у свіжих та сушених грибах: у свіжих грибах цей показник становить 0,537 мг / 100 г продукту, а у сушених зростає до 1,411 мг / 100 г продукту. Тобто, за рахунок низькотемпературного сушіння частина зв'язаних амінокислот переходить у вільну форму, що підвищує біологічну цінність і грибів, і продуктів з їх використанням. Це узгоджується з висновками авторів [21].

Подальші дослідження присвячено характеристиці органолептичних показників досліджуваних сушених грибів (таблиця 4).

Таблиця 4. Органолептичні показники сушених грибів

Показники	Характеристики
Зовнішній вигляд	Тонкодисперсний (100-150 мкм) порошок вологістю 8-12%, без грудочок, однорідний
Смак та запах	Характерний для свіжих печериць, без сторонніх запаху та присмаку, приємний, ароматний.
Колір	Від світло-кремового (якщо шапки відділені від ніжок) до коричневого з різними відтінками (якщо гриби висушуються як одне плодове тіло)
Текстура	Залежно від ступеня зрілості грибів, їх однорідності, і за оптимальних показників сипка, однорідна, без грудкування.

До органолептичних характеристик слід ще додати, що за температури сушіння 45 °С імовірно відбувається процес зв'язування летких компонентів (спиртів і кетонів: L-гексанол, 3-гептанол, 3-октанол, 3-октанон, L-октен), які надають специфічного грибного аромату напівфабрикатам та продуктам з їх використанням.

7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

Результати теоретичних та експериментальних досліджень, оприлюднені в даній роботі, розширили спектр знань про білкову складову печериць, їхні споживчі властивості, обґрунтувати доцільність перероблення печериць на порошкоподібні напівфабрикати для збагачення різноманітних харчових середовищ із метою підвищення масової частки білків. Такі збагачені харчові продукти є ефективним засобом як корегування раціонів харчування, так і профілактики або додаткової терапії багатьох аліментарних захворювань. Тому одним із актуальних питань сучасних харчових технологій є пошук нових джерел зі значним вмістом білку та амінокислот для розширення асортименту протеїновмісних продуктів та дієтичних добавок. Одним із таких перспективних джерел є культивовані гриби, які за отриманими результатами містять значні концентрації легкозасвоюваного білку та всі незамінні амінокислоти в оптимальному співвідношенні із замініними амінокислотами. Рослинні амінокислоти впливають на функціонування практично всіх органів та систем організму людини, сприяють швидшому засвоєнню та потенціюють дію інших нутрієнтів їжі. Отже, подальші дослідження культивованих грибів, пошук їх нових видів, удосконалення способів перероблення на напівфабрикати, дієтичні добавки, оздоровчі продукти залишаються актуальними і сьогодні, і на перспективу.

8. Висновки

Характерною для багатьох країн сучасною тенденцією є зростання масштабів вирощування та застосування культивованих грибів, зважаючи на високий вміст у їхньому складі есенціальних нутрієнтів, які водночас мають виражену фармакологічну дію. Серед культивованих грибів пріоритетне місце посідає печериця двоспорова. Найважливішими чинниками, які визначають вибір грибної сировини для отримання високоякісних напівфабрикатів, є масова частка білку, його біологічна цінність, збалансованість амінокислот, органолептичні показники, які задовольняють і технологічність процесів перероблення, і запити споживачів.

Задоволення потреби людини в рослинному білку зводиться в основному до адекватного надходження з їжею амінокислот, у першу чергу незамінних, оскільки в організмі людини

вони не синтезуються. Тому важливою оцінкою сушених грибів печериць є досить висока концентрація в них амінокислот, у тому числі у вільному стані.

Білкові сполуки сушених печериць належать до білків високої біологічної цінності, оскільки вони на понад 70 % представлені водорозчинними альбумінами та глобулінами. Установлено також доцільність заморожування грибів, що дає можливість збільшити частку водорозчинних білкових сполук і мінімізувати частку нерозчинного залишку.

Сушені печериці мають належні органолептичні показники, що насамперед оцінюється споживачами.

Список літератури:

- 1) Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2017). *Lehninger Principles of Biochemistry*. Springer.
- 2) Ястреба, Ю.А., Пасічний, В.М. (2010). Дослідження біологічної цінності порошкоподібного напівфабрикату з грибів глива звичайна. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини ім. С.З. Гжицького*, 2, 124-129.
- 3) Martinez-Medina G.A., Chávez-González M.L., Kumar Verma D. et al. (2021). Bio-functional components in mushrooms, a health opportunity: Ergothionine and huitlacoche as recent trends, *Journal of Functional Foods*, 77, 104326. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464620305508?via%3Dihub> (access date 07.10.2023)
- 4) Stojković D., Reis F.S., Glamočlija J. et al. (2014). Cultivated strains of *Agaricus bisporus* and *A. brasiliensis*: chemical characterization and evaluation of antioxidant and antimicrobial properties for the final healthy product-natural preservatives in yoghurt, *Food & Function*, 5 (7), 1602-1612. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24881564/> (access date 07.08.2024)
- 5) Wasser S.P., Nevo E., Sokolov D. et al. (2000). Dietary Supplements from Medicinal Mushrooms: Diversity of Types and Variety of Regulations, *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2, 1-19.
- 6) Meera Ch.R., Smina Th.P., Nitha B. et al. (2009). Antiarthritic activity of a polysaccharide-protein complex isolated from *Phellinus rimosus* (Berk.) Pilat (*Aphyllophoromycetidae*) in Freund's complete adjuvant Induced arthritic rats, *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 11 (1), 21-28.
- 7) Капустян, А. І., Черно, Н. К. (2018). Дієтична добавка імуноотропної дії на основі продуктів деструкції пробіотичних бактеріальних культур. *Наукові праці ОНАХТ*, 1, 108-115.
- 8) Haeney, M. (1994). Intravenous immune globulin in primary immunodeficiency. *Clin. Exp. Immunol.*, 97, 11-15.
- 9) Ященко О.В. (2012) Харчова та біологічна роль їстівних та лікарських грибів в харчуванні населення. *Гігієна населених місць*, 59, 234-240.
- 10) Colunga, A., Cruz-Hernandez, M.A., Losoya, C., Gonçalves, C.N. et al. (2020). Edible Mushrooms as a Novel Protein Source for Functional Foods. *Food & Function*, 11(9), 7400-7414.
- 11) Bakratsas, G., Polydera, A., Katapodis, P., & Stamatis, H. (2021). Recent trends in submerged cultivation of mushrooms and their application as a source of nutraceuticals and food additives. *Future Foods*, 4, 100086.
- 12) Ferdousi, J., Al-Riyadh, Z., & Hossain, Md. Iqbal (2020). Mushroom production: benefits, status, challenges and opportunities in Bangladesh: A review. *Annual Research & Review in Biology*, 34 (6), 1-13.
- 13) Sanket Sh., Pravin B. (2021). In-silico study of *Agaricus Bisporus* on DNA damaging protein. URL: https://www.researchgate.net/publication/354440643_In-silico_study_of_Agaricus_Bisporus_on_DNA_damaging_protein (access date 07.10.2021).
- 14) Calvo M.S., Mehrotra A., Beelman R.B. et al. (2016). A Retrospective Study in Adults with Metabolic Syndrome: Diabetic Risk Factor Response to Daily Consumption of *Agaricus bisporus*

(White Button Mushrooms), *Plant Foods for Human Nutrition*, 71, 245–251. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-016-0552-7> (access date 01.02.2022)

15) Ribeiro, B., Guedes de Pinhoa, P. et al. (2009). Fatty acid composition of wild edible mushrooms species: A comparative study. *Microchemical Journal*, 93 (1), 29-35.

16) Glamočlija, J., Stojković, D., Nikolić, M. et al. (2015). A comparative study on edible *Agaricus* mushrooms as functional foods. *Food & Function*, 6 (6), 1900-1910.

17) Redweik, S., Xu, Yuanhong, Watzig, H. (2012). Precise, fast and flexible determination of protein interactions by affinity capillary electrophoresis. *Electrophoresis*. Nov.; 33 (22), 3316-3322. doi: 10.1002/elps.201200181

18) Garidel, P. (2013) Protein Solubility from a Biochemical, Physicochemical and Colloidal Perspective. *American Pharmaceutical Review*. URL: <https://www.americanpharmaceuticalreview.com/Featured-Articles/152568-Protein-Solubility-from-a-Biochemical-Physicochemical-and-Colloidal-Perspective/> (access date 12.08.2024).

19) Іосипенко О.О., Кисличенко В.С., Омельченко З.І. (2020). Вивчення амінокислотного складу листя кабачків. *Медична і клінічна хімія*, 22 (2), 72-80. DOI 10.11603/mcch.2410-681X.2020.v.i2.11363

20) Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome : FAO, 2013. – 66 p. Access mode : <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>

21) Avdieva, I., Zhukotsky, E., Dekusha, H. (2021). Analysis of the existing methods and specific features of drying shiitake mushrooms. *Food Science and Technology*, 3, 94-107.

Dried Cultivated Mushrooms as the Valuable Source of Proteins and Amino Acids

Galyna Simakhina

Department of Technology of Healthy Food Products, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

ORCID 0000-0002-7836-3114

Abstract: The analysis of nutritional structure in Ukrainian population is the evidence of the constant food protein deficit that can be forecast for the nearer future. Therefore, the search for new protein sources, increase of food protein production, and formation of protein structure are the essential and complicated tasks to the food industry, in particular its healthy food branch. Cultivated mushrooms are believed to be the rich food protein source, since they contain more than 30 percents of protein (calculated by dry substance), all the indispensable amino acids, unsaturated fatty acids, vitamins and trace elements. Alongside, the potentials of cultivated mushrooms are still used insufficiently, owing to the fact that, upon studying their biological characteristics, the scientists prevalently limit the research objects to revelation of the general protein amount, rather than deciphering their amino acid content, the balance between dispensable and indispensable amino acids and their scrutinizing to the reference protein proposed by FAO / WHO. This situation would significantly impede the estimation of the main quality index for every protein, which is their biological value. Hence the trend chosen for the research and proven by the objectives formulated is relevant in terms of both practice and theory. The purpose of this article is to study the protein and amino acid content of dried cultivated mushrooms in order to expand the area of using them in food technologies and satisfying the consumers' needs in easily-absorbed protein component of diets. There were researched the consumer properties of champignon half products (obtained by low-temperature drying method (at 45 °C) with subsequent dispersion) by the indices of protein biological value, protein fractioning, and mass parts of indispensable and dispensable amino acids. The main tasks of the research are to study the proteins of low temperature dried mushrooms in terms of their solubility, to define the impact of the method to process mushrooms on the changes in their protein faction distribution, to investigate the amino acid content of dried champignon

proteins, including the proportion of free and constrained amino acids, and to give the sensory characteristics to mushroom powders produced. There was shown that dried cultivated mushroom contain all eight indispensable amino acids, which comprises about 46 percents of their general amount. The sum of dispensable amino acids is equal to 54 percents. These data are the crucially important index of consumer properties of mushroom half products, taking into account that the maximal biological effect from the proteins is reached at the proportion of indispensable and dispensable amino acids of 42 : 58, which is quite close to the results obtained in this research.

Keywords: cultivated mushrooms, biological value, amino acid content, protein factions, absorbability, sensory characteristics.
