

FORMATION OF CONSUMER PROPERTIES OF HIGH-PROTEIN SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM CULTIVATED MUSHROOMS

G. Simakhina, N. Naumenko, O. Mezhubovsky, S. Kaminska

National University of Food Technologies

Key words:

*Protein concentrates
Amino acids
Proteolysis
Fractioning
Cultivated mushrooms
Low-temperature drying*

Article history:

Received 07.01.2023
Received in revised form
24.01.2023
Accepted 13.02.2023

Corresponding author:

G. Simakhina
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Nutrition as the factor to determine the physical endurance and the intellectual level of a human, growth and development of a young organism, the eagerness to active and creative longevity, always attracted and still will attract the increasing interest in scientists (biologists, physiologists, hygienists etc), technologists and the average consumers. The need of a live body in essential biocomponents such as proteins can be finally defined as its need in amino acids (indispensable as well as dispensable). Definitely, only the valuable proteins can provide the correlation of amino acids in proportions correspondent to proteins of our own tissues.

The analysis of nutritional structure in Ukrainian people evidences the constant deficit of food proteins that can be forecast for the nearer future. Therefore, the search for the new sources, the enlarged output and the reformed structure of food proteins is one of the most important and complicated tasks to nutrition, first of all healthy one.

The solution to this problem, from our viewpoint, should be accomplished two ways in two parallel trends. The first one is to gradually intensify the agricultural and other traditional methods to produce the proteinaceous foodstuffs; the second one is to elaborate the innovative technologies for obtaining the protein foods from the new and untraditional sources, including the edible mushrooms.

The authors of this article, having based on the literary sources and experimental results, proved the preference of using the cultivated mushrooms over the wild ones in terms of their biological value and safety for consumers. The regularities of forming the consumption properties of cultivated mushrooms half-products, obtained by low-temperature drying, according to the indices of protein digestibility, correlation between amino acids in free and constrained forms, fractional composition of proteins in different methods of mushroom procession. The conclusion about the perspectives of obtaining the mushroom half products for using in various areas of food industry was made.

ФОРМУВАННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОБІЛКОВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ КУЛЬТИВОВАНИХ ГРИБІВ

Г. О. Сімахіна, Н. В. Науменко, О. М. Межубовський, С. В. Камінська
Національний університет харчових технологій

Харчування як чинник, що зумовлює фізичну працездатність, інтелектуальний рівень людини, ріст і розвиток молодого організму, здатність до активного творчого довголіття, завжди викликало й викликати буде підвищений інтерес учених (біологів, фізіологів, гігієністів тощо), технологів і пересічних споживачів. Потреба живого організму в есенціальних біокомпонентах — білках, уреїті-реїті, зводиться до його потреби в амінокислотах — заміінних та есенціальних. І лише повноцінні білки забезпечують співвідношення амінокислот у пропорціях, що відповідають білкам наших власних тканин.

Аналіз структури харчування населення України свідчить про постійний дефіцит харчового білка, що прогнозується й на майбутнє. Тому пошук нових його джерел, збільшення виробництва продовольчого білка і формування його структури є одним із найбільш істотних та складних завдань харчування, перш за все — здорового.

Вирішення цієї проблеми, з нашої точки зору, має здійснюватись двома шляхами, в двох паралельних напрямках. Перший — це поступова інтенсифікація сільськогосподарського та інших традиційних способів виробництва білковісних продуктів. Другий шлях — це розроблення інноваційних технологій отримання білкових продуктів з нових і нетрадиційних джерел, в тому числі з їстівних грибів.

У статті на основі літературних джерел та експериментальних досліджень показано перевагу використання культивованих грибів перед дикорослими об'єктами з точки зору їхньої біологічної цінності та безпеки для споживачів. Обґрунтовано закономірності формування споживчих властивостей напівфабрикатів культивованих грибів, отриманих низькотемпературним сушінням за показниками перетравлюваності білків, співвідношенням амінокислот у вільній і зв'язаній формах, фракційного складу білків при різних методах перероблення грибів. Зроблено висновок щодо перспективності напряму з отримання високобілкових грибних напівфабрикатів для використання в різних галузях харчової промисловості.

Ключові слова: білкові концентрати, амінокислоти, протеоліз, фракціонування, культивовані гриби, низькотемпературне сушіння.

Постановка проблеми. Вчені переконані, що вже найближчим часом білкові продукти з їстівних грибів відіграють важливу роль в істотному збільшенні ресурсів білка в світі. Підраховано, що сучасні підприємства з вирощування грибів отримують 60...80 т на рік сухого білка з 1 га площі. А штучне розведення грибів вважають найвигіднішим з усіх сільськогосподарських виробництв.

Нині світове промислове виробництво грибів — понад 7 млн тонн на рік. Споживання штучно вирощених грибів невинно зростає. Так, у країнах Європи і США споживання грибів на душу населення становить близько 4 кг на рік. В Україні ця цифра не перевищує 300...400 г, тому для нас проблема штучного культивування грибів дуже актуальна. Це пов'язано із загальним погіршенням екологічної ситуації, внаслідок чого плодови тіла грибів, зібраних у місцях природного зростання, накопичують солі важких металів, радіонукліди і стають просто небезпечними не лише для здоров'я, а й для життя.

Здавалося б, незвичайна ситуація. Нас цікавлять гриби, ці об'єкти природи, які належать до нижчих рослин, позаяк позбавлені хлорофілу. А кожна зелена рослина — це мініатюрна фабрика, яка, поглинаючи сонячну енергію, з вуглекислоти, води та інших сполук, синтезує різноманітні органічні сполуки. Цей процес, який називається фотосинтезом, свідчить про те, що зелені рослини вміють створювати живі речовини з неорганічних.

Гриби на це нездатні. Ба більше, вони живляться за рахунок готових сполук, що містяться або в мертвих органічних залишках (гриби-сапрофіти), або в живих рослинах (гриби-паразити). Існує також безліч перехідних форм грибів.

Однак гриби викликають великий інтерес і науковців, і практиків саме завдяки наявності в них значної кількості білка. У свіжих грибах вміст білків досягає 7...8% за масою білків, а в сухих порошках з грибів — до 50%, і практично 70% цього білка засвоюється організмом людини.

Останнім часом дедалі більшого розповсюдження набувають культивовані гриби — печериці та гливи. Незаперечним є те, що правильно вирощена і добре приготована глива не поступається за смаковими якостями і значно переважає за цілющими властивостями лісові гриби.

Підприємці з культивування грибів переконані, що виробництво грибів — це цілком безвідходний бізнес, бо сировиною для цього є такі відходи сільського господарства, як солома, лушпиння соняшника, бавовни тощо. Рентабельність такого бізнесу становить 50...100%. Ще однією безумовною перевагою культивованих грибів є те, що це — екологічно чиста сировина. При їх вирощуванні отрутохімікати, пестициди практично не використовуються.

Водночас їх широке впровадження у виробництво і просування на споживчому ринку як екологічно чистих продуктів, продуктів для здорового харчування обмежується недостатньою кількістю праць, у яких вивчаються наукові основи технологій перероблення грибів. Тому вивчення теоретичних і практичних аспектів перероблення й використання грибів та грибного протеїну — проблема надзвичайно багатопланова і містка.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Національний центр біотехнологічної інформації США ще у 2014 р. показав, що близько 90% дорослих усвідомлюють переваги таких продуктів (Global, 2020; Mubiana, Keumbo, & Kadhila, 2022; Shu, & Wasser, 2012). Трендовим напрямом є виробництво білковмісних продуктів із сої в країнах Азії, зокрема Китаї, а в останні роки — і в Європі, завдяки екологічній ідеології та поширенню вегетаріанства. Є цілий ряд наукових розробок з використання грибної сировини як заміни м'яса (Пасічний, Жабіна, & Ястреба, 2009). Фактично це стало однією з основних тенденцій харчової галузі протягом останніх років, і вона надалі поглиблюватиметься (Bakratsas et

al., 2021). Найбільша частка припадає на гриби печериці (*Agaricusbisporus*) та шиїтаке (*Lentinulaedodes*) (Martinez-Medina et al., 2021; Stojkovic et al., 2014).

Проблема штучного культивування грибів дуже актуальна, оскільки плоді тіла лісових грибів накопичують солі важких металів, радіонукліди тощо, стаючи небезпечними для здоров'я та життя споживачів (Struminska, Falandysz, & Moniakowska, 2021). Тому в майбутньому, за прогнозами вчених, понад 2/3 потреби людини в білках задовольнятиметься промисловим виробництвом їстівних грибів (Цизь, 2014). Вони екологічно чисті, мають приємний пікантний смак завдяки наявності натрієвих солей глютамінової кислоти (Shu-Ting, 2006), здатні підвищувати імунітет до інфекційних та онкологічних захворювань (Яценко, 2012).

Біокомпоненти культивованих грибів чинять кардіопротекторну, протипухлинну, антидіабетичну, гепатопротекторну дію (Martinez-Medina et al., 2021; San- ket, & Pravin, 2021). Вони органічно включаються в процеси метаболізму та не мають кумулятивної здатності (Яценко, 2012; Cultivation, 2021). Комплекс глюканів з білками грибів регулює вміст глюкози в крові, а олігосахариди з пребіотичними властивостями активізують природну мікрофлору шлунково-кишкового тракту (Synytsia, Mickova, & Synytsia, 2009).

Регулярне споживання печериць значно збільшує вміст антиоксидантних маркерів та знижує рівень оксидативного стресу (Calvo et al., 2016; Glamoclija et al., 2015). Гриби можуть стати єдиним джерелом вітаміну D нетваринного походження (Bernas, & Jaworska, 2017; Cardwell et al., 2018). Вирощування грибів із застосуванням ультрафіолетових технологій є безпечним для споживачів (Simon et al., 2013), ба більше, наукові установи Служби сільськогосподарських досліджень США та Австралійської асоціації грибників провели дослідження, які показали, що біодоступність вітаміну D₂ із грибів, отриманих таким способом, не відрізняється від ефективності фармакологічних препаратів (Urbain et al., 2011; Turck et al., 2021). Ця інформація додатково підтверджує придатність і безпеку технології ультрафіолетового опромінення культивованих грибів (Simon et al., 2011; Guan et al., 2016).

Таким чином, проблема штучного культивування грибів і збільшення обсягу їх споживання є науково обґрунтованою і актуальною у світі. Разом з тим, потенційні можливості грибної сировини сьогодні використовуються далеко не повністю. Йдеться передусім про білкову складову грибів, яка й визначає їхню біологічну цінність, тобто є показником якості харчового білка, що відображає ступінь відповідності його амінокислотного складу потребам організму в амінокислотах для синтезу власних білків. До того ж білки є найважливішим компонентом їжі. Саме вони забезпечують ріст, утворення нових і відновлення ушкоджених тканин, усі ферменти та деякі гормони є білками. І лише повноцінні білки забезпечують співвідношення амінокислот у пропорціях, що відповідають потребам організму людини.

На жаль, ці питання досліджено досить фрагментарно. У працях деяких науковців ідеться лише про загальний вміст білка у гливі, печерицях без вивчення його амінокислотного складу та співвідношення незамінних і замінних амінокислот; без пошуку способів підвищення біологічної цінності грибів тощо.

Мета статті: на основі експериментальних досліджень обґрунтувати закономірності формування споживчих властивостей напівфабрикатів культивованих грибів, отриманих низькотемпературним способом, за показниками перетравлюваності білків, співвідношенням амінокислот у вільній та зв'язаній формах, фракційного складу білків при різних методах перероблення грибів.

Матеріали і методи. Для досліджень використано свіжі гриби печериці за ДСТУ ISO7561-2001 та грибний порошок низькотемпературного сушіння. Вміст сухих речовин визначали за загальновідомою методикою за ДСТУ 7804: 2015. Загальний вміст білків, якісний і кількісний склад амінокислот визначали за методикою (Redwejk et al., 2012) з використанням капілярного електрофорезу. Загальний вміст вуглеводів визначали методом іонного аналізу (Metrohm) за допомогою хроматографа Bioscan 817 фірми Metrohm. Для підготовки проби до аналізу гриби розтирають до отримання однорідної маси і вводять в автоматичний пробовідбірник хроматографа. Вміст клітковини визначали методом прямого вагового аналізу, сутність якого полягає в окисленні, руйнуванні та розчиненні різних хімічних сполук, крім клітковини, яку потім видаляють, висушують та зважують (Kumar, & Turner, 2015). Вміст золи визначали за ДСТУ ISO2171: 2009.

Викладення основних результатів дослідження. При виборі грибної сировини для отримання напівфабрикатів необхідно, насамперед, дати характеристику біохімічного складу грибів за тими компонентами, які складають їх основну масу і визначають харчову та біологічну цінність, а потім доповнити отримані дані з'ясуванням органолептичних властивостей предметів дослідження.

За літературними даними зроблено висновок, що різні частини плодового тіла грибів — шапка і ніжки — дещо відрізняються за хімічним складом, що, очевидно, доцільно враховувати при виборі технологічних способів перероблення грибів. Порівняльні дослідження провели для культивованих грибів та білих (як контрольного зразка). Результати наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Основні біологічні показники анатомічних частин плодового тіла грибів

Показники	Вид грибів та анатомічні частини					
	білі гриби		печериці		глива звичайна	
	ніжка	шапка	ніжка	шапка	ніжка	шапка
Вода, %	87,0	85,5	86,0	84,2	91,0	90,5
Сухі речовини, %	13,0	14,5	14,0	15,8	10,0	9,05
Білки, %	6,8	8,5	7,5	8,6	4,0	5,1
Вуглеводи, %	3,22	3,03	2,4	2,4	1,2	1,0
Клітковина, %	2,33	2,0	3,0	1,6	4,7	3,2

Із наведених даних видно, що за всіма показниками переважають печериці: і в ніжках, і в шапках міститься більше білка, ніж в інших видах грибів, навіть білих. Вміст білка в шапках печериць становить 8,6%, у білих грибах — 8,4%, у гливі — 5,1%. Біохімічний склад ніжок усіх грибів дещо відрізняється від шапок у бік зменшення масової частки білків (наприклад, у білих грибах з 8,4 до 6,8%). У шапках також менше клітковини, і це характерно для всіх досліджених грибів. Слід зазначити, що в гливі клітковини майже вдвічі більше, ніж у печерицях, і можна прогнозувати, що глива важче перетравлюватиметься в організмі людини,

оскільки клітковина представлена нерозчинними сполуками — протопектином, целюлозою, геміцелюлозами, які досить стійкі до дії протеолітичних ферментів. Перевагу печерицям надають і зарубіжні вчені (Simon et al., 2011).

Зважаючи на таку неоднорідність біохімічного складу шапок і ніжок, введено поняття ступеня неоднорідності анатомічних частин плодового тіла грибів за двома основними складовими — вмістом білка та клітковини. Цей показник оцінюють за коефіцієнтом $K_6 = B/K_л$, де: B — вміст білка, %; $K_л$ — вміст клітковини, %.

Для досліджених видів грибів коефіцієнт K_6 становить:

для білих грибів: ніжки — 3,5; шапки — 4,2;

для печериці: ніжки — 2,5; шапки — 5,4;

для гливи: ніжки — 0,85; шапки — 1,6.

З отриманих даних зрозуміло, що чим вищим є коефіцієнт K_6 , тим більша у грибах частка білка і менша — клітковини. Цей коефіцієнт найбільш показовий для шапок печериць — 5,4. У ніжках гливи, наприклад, білка менше, ніж клітковини.

Така різниця в ступені неоднорідності різних анатомічних частин грибів свідчить про їхні різні структурно-механічні властивості, міцність тканин. Зважаючи на те, що і за основними біохімічними показниками ніжки й шапки відрізняються, можна зробити такий висновок: при розробленні технології отримання грибних напівфабрикатів незалежно від виду грибів їх доцільно переробляти, попередньо відділивши ніжки від шапок, і для кожної з цих анатомічних частин добирати оптимальні значення параметрів процесу.

Разом з тим, таку додаткову операцію доцільно проводити при отриманні високобілкових напівфабрикатів. Якщо такої умови немає, то виробник може обрати будь-який із двох варіантів перероблення грибів.

З огляду на порівняльний вміст білків і клітковини у різних видах грибів (табл. 1) зроблено припущення, що це впливатиме на ефективність перетравлювання грибів в організмі людини, і що вищою є частка клітковини, то важче відбуватиметься цей процес. Таке припущення перевірили в дослідженнях з протеолізу білків різних видів грибів протеолітичними ферментами.

Умови протеолізу, визначені в результаті підбору фермент-субстратного співвідношення, оптимальна тривалість проведення реакції та кислотність середовища відповідають умовам у шлунково-кишковому тракті людини.

До наважки досліджуваного матеріалу додавали водний розчин пепсину, підкисленого HCl до pH 2, у співвідношенні фермент:субстрат = 1:12,5. Тривалість гідролізу — 3 год, температура — 37,5 °C. Після зазначеного часу фермент інактивували додаванням 20-відсоткового розчину трихлороцтової кислоти. Проби витримували ще деякий час. Потім їх центрифугували для найповнішого осадження білків і визначали в центрифугатах їх вміст.

Перетравлюваність трипсином знаходили таким же чином, приливаючи до наважки зразка 1-відсотковий розчин ферменту в 0,05 М фосфатному буфері pH 7,0. Потім визначали ступінь пептидазного гідролізу. Результати наведені в табл. 2.

З наведених даних видно, що на всіх стадіях протеолізу перетравлюваність білків печериці трохи більша, ніж білих грибів, і наближається до аналогічних показників контрольного зразка — білків молока (29,32 ммоль $\text{NH}_2/1$ г білка по-

рівняно з 30,3 ммоль NH_2 /1 г білка). Загальний протеоліз білків гливи на 10,4% менше, ніж печериці. Тому обидва ці види грибів придатні для перероблення.

Таблиця 2. Кількість гідролізованих *in vitro* білків у досліджуваних матеріалах, ммоль NH_2 /1 г білка

Вид матеріалу	Стадія протеолізу			
	пепсинова	трипсинова	пептидазна	загальний протеоліз
Молоко	$3,54 \pm 0,7$	$11,32 \pm 1,9$	$15,44 \pm 2,6$	$30,3 \pm 0,2$
Білі гриби	$3,26 \pm 1,8$	$11,00 \pm 0,2$	$14,95 \pm 0,9$	$28,61 \pm 1,7$
Печериці	$3,16 \pm 2,2$	$11,27 \pm 0,9$	$14,89 \pm 0,5$	$29,32 \pm 1,1$
Глива	$2,55 \pm 1,4$	$10,6 \pm 0,7$	$13,44 \pm 1,8$	26,59

Свіжі гриби відрізняються високим вмістом води (до 90%), тому термін їх зберігання незначний, зокрема через те, що у вологому середовищі швидко розвиваються мікроорганізми. Тому істотне зниження вмісту води у грибах шляхом використання механічних, фізичних, хімічних впливів надає можливість подовжити термін зберігання грибів без зниження їх харчової та біологічної цінності.

Одним із найбільш ефективних і раціональних способів отримання грибних напівфабрикатів є сушіння сировини до залишкової вологості 12...14%. При цьому слід мати на увазі, що при високотермічному обробленні свіжих грибів у кінцевому продукті порушується баланс цінних термолабільних біологічно активних речовин унаслідок їх часткового або повного руйнування. Тому в цьому дослідженні ми віддаємо перевагу низькотемпературному сушінню сировини. Цілком очевидно, що майбутнє в харчових технологіях належить комбінованим високоефективним процесам на основі використання низьких температур.

Для отримання сухого грибного напівфабрикату дослідили різні температури сушіння в діапазоні від 25 °C до 55 °C. На основі аналізу кінетичних кривих сушіння встановили, що для досягнення оптимальної залишкової вологості (10—14%) кожній температурі відповідає певна тривалість процесу:

для температури 25 °C — 610 хв;

для температури 35 °C — 420 хв;

для температури 45 °C — 340 хв;

для температури 55 °C — 260 хв.

Результати наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Біохімічний склад свіжих і сушених печериць

Показники	Свіжі гриби	Температура сушіння, °C/т, хв			
		25/610	35/420	45/340	55/260
Вміст води, %	$87,6 \pm 0,6$	$14,4 \pm 0,6$	$11,6 \pm 0,9$	$10,8 \pm 1,3$	$10,4 \pm 0,6$
Сухі речовини, %	$12,4 \pm 0,9$	$85,6 \pm 1,4$	$88,3 \pm 2,0$	$89,2 \pm 0,6$	$89,6 \pm 1,8$
Білок, % на 100 СР	$22,8 \pm 3,2$	$23,2 \pm 0,9$	$21,6 \pm 3,2$	$21,2 \pm 1,5$	$16,2 \pm 0,4$
Жири, % на 100 СР	$2,7 \pm 1,8$	$2,6 \pm 3,1$	$2,9 \pm 0,8$	$2,7 \pm 0,6$	$2,6 \pm 0,2$
Вуглеводи, % на 100 СР	$38,4 \pm 4,4$	$38,8 \pm 0,7$	$40,2 \pm 1,1$	$42,6 \pm 1,4$	$43,4 \pm 1,3$
Клітковина, % на 100 СР	$30,2 \pm 0,6$	$30,5 \pm 1,2$	$29,0 \pm 0,9$	$27,4 \pm 1,3$	$25,5 \pm 0,6$
Зола, % на 100 СР	$5,5 \pm 2,4$	$5,6 \pm 0,7$	$6,0 \pm 0,4$	$5,9 \pm 1,5$	$5,7 \pm 2,8$

Встановлено таку залежність: у період постійної швидкості сушіння видалення вологи незначно залежить від температури процесу. Протягом 180 хв залишкова волога для різних температур становить:

для температури 25 °C — 62%;

для температури 35 °C — 47%;

для температури 45 °C — 44%;

для температури 55 °C — 41%.

У період спадаючої швидкості сушіння (через 220 хв після початку процесу) ефект видалення вологи істотно залежить від температури. Через 260 хв при температурі сушіння 55 °C досягається видалення практично всієї вільної вологи (залишкова волога 10,4%); при температурі 45 °C залишкова вологість 10,8% досягається через 320 хв, а при 25 °C — лише через 600 хвилин.

З точки зору інтенсифікації процесу сушіння доцільною є температура 55 °C, однак при цьому частина білка піддається небажаному процесові — деструкції (частка білка при переході від 45 °C до 55 °C зменшується з 21,2% до 16,2%), і тому за оптимальну приймаємо температуру сушіння 45 °C.

На основі виконаних досліджень, аналізу літературних джерел, логічних міркувань цілком зрозуміло, що для отримання високобілкових грибних напівфабрикатів з точки зору органолептичних характеристик потрібно використовувати лише здорові, без механічних і мікробіологічних ушкоджень гриби, бажано одного розміру, відповідного кольору, аромату, стану поверхні, з'ємної зрілості. Тобто можна говорити про комплексний показник органолептичних властивостей як один із важливих критеріїв вибору сировини. Адже кожен ушкоджений та уражений об'єкт не лише погіршує якість готової продукції, а й є небезпечним з точки зору мікробіологічного забруднення; це підвищує трудомісткість підготовчих операцій, збільшує кількість відходів, зменшує вихід продукції та підвищує її собівартість.

Цей критерій має першочергове значення і при переробленні сировини, особливо якщо йдеться про низькотемпературні (–25 °C...–35 °C) або сублімаційні технології. Відомо (Сімахіна, Кочубей-Литвиненко, & Камінська, 2022), що при заморожуванні сировини виникає можливість руйнування її тканин та структурних компонентів кристалами утвореного льоду, в результаті при дефростації втрачається клітинний сік з розчиненими у ньому біокомпонентами, що істотно знижує біологічну цінність продукції.

У табл. 4 запропоновано перелік основних критеріїв вибору печериць для отримання високобілкових напівфабрикатів.

Таблиця 4. Основні критерії та їхня характеристика при виборі печериць для перероблення

№ поз.	Критерії	Характеристика критеріїв
1.	Високий вміст білка (6...8% і більше)	Істотне джерело повноцінного білка за вмістом незамінних амінокислот та їх співвідношення із заміnnими; важливе джерело лізину, фенілаланіну, лейцину, треоніну
2.	Біологічна цінність	Відповідність амінокислотного складу потребам організму людини для синтезу власних білків, ступінь перетравлюваності білків на рівні білків молока

3.	Коефіцієнт співвідношення масових часток білка 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
4.	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
5.	Достатній вміст вуглеводів	Здатність стимулювати синтез антитіл, підвищувати імунний захист, виявляти онкопротекторні властивості (полісахариди)
6.	Відносна початкова вологість 80...86%	Забезпечення досить інтенсивного процесу сушіння грибів, близько 90% вологі представлено вільною фракцією, яка легко видаляється
7.	Відсутність токсичних сполук, важких металів, канцерогенів, мікроорганізмів	Безпека для споживачів, екологічність виробництва, охорона природи
8.	Органолептичні показники	Гриби цілі, свіжі, здорові на вигляд, ніжки відділені або не відділені, запах характерний для свіжих печериць, 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 повноцінного легкозасвоюваного білка та інших важливих біокомпонентів.

Висновки

Важливим завданням організації виробництва грибних напівфабрикатів є добір вихідної сировини; для цього доцільно вивчити фонд культивованих грибів.

Специфічність технологічного виробництва грибних напівфабрикатів зумовлює істотні вимоги до сировини: високий вміст білка, інших біокомпонентів, відсутність токсичних сполук, достатня коагуляція білкової фракції, відсутність деструкції високомолекулярних сполук при сушінні тощо. Гриби за своїм біохімічним складом є досить цінним, порівняно з іншими харчовими продуктами, видом сировини з високим природним вмістом функціональних інгредієнтів.

Найбільш ефективним способом перероблення грибів на високоякісні продукти функціонального призначення є їх сушіння. Майбутнє у харчових технологіях, у тому числі в технологіях сушіння грибів, належить комбінованим технологічним процесам на основі використання низьких температур з багаточинними щадними впливами на біокомпоненти вихідної сировини. Саме це забезпечує їх максимальне збереження, отримання готових продуктів підвищеної біологічної цінності, що дає змогу використовувати їх у сфері оздоровчого, функціонального харчування.

Сушені гриби можна буде випускати з різним ступенем подрібнення та використовувати в різних галузях: для промислового виготовлення супів-концентра-

тів, у ресторанному господарстві — як приправу до м'яса й інших страв, як добавку до напівфабрикатів, кетчупів, паштетів, як смаковий матеріал тощо.

Література

Пасічний, В., Жабіна, О., Ястреба, Ю. (2009). Перспективи використання грибів у виробництві м'ясних і м'ясомістких консервів. *М'ясний бізнес*, 11(84), 32—33.

Сімахіна, Г. О., Кочубей-Литвиненко, О. В., Науменко, Н. В., Камінська, С. В. (2022). *Кріоушкодження та кріозахист у холодових технологіях*: монографія. Київ: Видавництво «Сталь».

Цизь, О. М. (2014). *Культивування їстівних грибів*: монографія. Київ: Центр учбової літератури.

Ященко, О. В. (2012). Харчова та біологічна роль їстівних та лікарських грибів в харчуванні населення. *Гігієна населених місць*, 59, 234—240.

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.

Bernas, E., Jaworska, G. (2017). Culinary-Medicinal Mushroom Products as a Potential Source of Vitamin D. *International Journal of Medical Mushrooms*, 19(10), 925—935. Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29256846/> (access date 3.11.2021).

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. Режим доступу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-016-0552-7> (access date 01.02.2022).

Cardwell, G., Bornman, J. F., James, A. P., Black, L. J. (2018). A Review of Mushrooms as a Potential Source of Dietary Vitamin D. *Nutrients*, 10(10), 1498. Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2072-6643/10/10/1498> (access date 03.11.2021).

Chang, Shu-Ting (2006). The World Mushroom Industry: Trends and Technological Development. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 8(4).

Cultivation (2021). Medicinal mushroom cultivation in China. URL: <https://www.indigo-herbs.co.uk/blog/medicinal-mushroom-cultivation-china> (access date 29.01.2022).

Ferdousi, J., Al-Riyadh, Z., Hossain, Md. Ikbal (2020). Mushroom production: benefits, status, challenges and opportunities in Bangladesh: A review. *Annual Research & Review in Biology*, 34(6), 1—13.

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. Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25954776/> (access date 07.10.2021).

Global Alternative Proteins Market (2020). Market Insights, Covid-19 Impact, Competition and Forecast (2020—2025). Режим доступу: <https://azothanalytics.com/report/food-beverage-and-agriculture/global-alternative-proteins-market-analysis-by-product-application-by-region-by-country-2020-edition-market-insights-covid-19-impact-competition-and-forecast-2020-2025> (access date: 7.10.2021).

Guan, Wenqiang, Zhang, Jie, Yan, Ruixiang, Shao, Suqin, Zhou, Ting, Lei, Jing, Wang, Zhidong (2016). Effects of UV-C treatment and cold storage on ergosterol and vitamin D₂ contents in different parts of white and brown mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food Chemistry*, 210, 129—134.

Kumar, M., Turner, S. (2015). Protocol: a medium-throughput determination of cellulose content from single stem pieces of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Methods*. 2015. Vol. 11. <https://doi.org/10.1186/s13007-015-0090-6>.

Martinez-Medina, G. A., Chávez-González, M. L., Kumar, Verma D. et al. (2021). Bio-funcional components in mushrooms, a health opportunity: Ergothionine and huitlacoche as recent trends. *Journal of Functional Foods*, 77, 104326. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464620305508?via%3Dihub> (access date 07.10.2021).

Metrohm IC: Determination of Carbohydrates by mean sofion chromatography. Режим доступу: <https://www.metrohm.com/en-th/company/news/news-determination-of-carbohydrates-by-means-of-ion-chromatography/> (access date 29.01.2022).

Mubiana, F. S., Keumbo, L., Kadhila, N. P. (2012). Mushroom cultivation: A beginners guide. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/339616804_MUSHROOM_CULTIVATION_A_BEGINNERS_GUIDE_SECOND_EDITION (access date 29.01.2022).

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

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).

Simon, R. R., Phillips, K. M., Horst, R. L., Munro I. C. (2011). Vitamin D mushrooms: comparison of the composition of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) treated postharvest with UVB light or sunlight. *J. Agric. Food. Chem.* 2011, Aug, 24, 59(16), 8724—8732.

Simon, R. R., Borzelleca, J. F., De Luca, H. F., Weaver, C. M. (2013). Safety assessment of the post-harvest treatment of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) using ultraviolet light, *Food Chem. Toxicol.*, 56, 278—289. Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23485617/> (access date 05.11.2021).

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), pp. 1602—1612. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24881564/> (access date 07.10.2021).

Struminska-Parulska, D., Falandysz, J., Moniakowska, A. (2021). Beta-emitting radionuclides in wild mushrooms and potential radiotoxicity for their consumers. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 672—683.

Synytsya, A., Mickova, K., Synytsya, A. et al. (2009). Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: Structure and potential prebiotic activity. *Carbohydrate Polymers*, 76(4), 548—555.

Turck, D., Castenmiller, J., De Henauf, S., Hirsch-Ernst, K. (2021). Safety of Vitamin D₂ mushroom powder (*Agaricus bisporus*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(4), 06516.

Urbain, P., Singler, F., Ihorst, G., Biesalski, H-K., Bertz, H. (2011). Bioavailability of vitamin D₂ from UV-B-irradiated button mushrooms in healthy adults deficient in serum 25-hydroxyvitamin D: a randomized controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, 65(8), 965—971.