

Р.Ю. Павлюк, д-р техн. наук, проф., (ХДУХТ, Харків)

В.В. Погарська, д-р техн. наук, проф. (ХДУХТ, Харків)

Ю.Г. Наконечна, канд. техн. наук, доц. (ПУЕТ, Полтава)

Л.В. Леухіна (ХНУ ім. В.Н. Каразіна, Харків)

С.М. Лосєва (ХДУХТ, Харків)

ТЕХНОЛОГІЯ КРІОГЕННОГО ПОДРІБНЕННЯ ГРИБІВ ПЕЧЕРИЦІ *AGARICUS BISPORUS* ТА ОТРИМАННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ПОРОШКІВ

*Розроблено технологію дрібнодисперсних порошкоподібних БАД із грибів печериці *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Pilát, яка від традиційної технології відрізняється використанням процесів криодеструкції та криомеханоактивації, що дозволяє зруйнувати білокхітиновий комплекс грибів та додатково вилучити у вільний стан біля 70% білка, 15 % хітину, 30 % легкозасвоюваних полісахаридів, трансформувати біля 75% білка до вільних амінокислот за рахунок механолізу і отримати порошок у розчинній та легкозасвоюваній формі з рекордними характеристиками.*

*Разработана технология мелкодисперсных порошкообразных БАД из грибов шампиньона *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Pilát, которая от традиционной технологии отличается использованием процессов криодеструкции и криомеханоактивации, что позволяет разрушить белокхитиновый комплекс грибов и дополнительно изъять в свободное состояние около 70% белка, 15% хитина, 30% легкоусвояемых полисахаридов, трансформировать около 75% белка до свободных аминокислот путем механолиза и получить порошок в растворимой и легкоусваиваемой форме с рекордными характеристиками.*

*The technology of finely dispersed powdered supplements has been developed from mushroom *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Pilát, which differs from the traditional technology by using of cryodestruction and cryomechanoactivation processes those allow to destroy the protein - chitin complex of mushrooms is and additionally and extract into free state about 70% protein, 15% chitin, 30% polysaccharides and transform about 75% of the protein to free amino acids by using mehanolysis, that gives a powder in a soluble, easily digestible and with record properties.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Харчування – це життєво необхідна потреба, так як є джерелом поповнення енергії. Якість їжі впливає на стан здоров'я, працездатність, настрій та тривалість життя людини. Тому в даний час у міжнародній практиці для

харчової промисловості гостро стоїть проблема підвищення якості харчування та розробки високих технологій, які дозволяли би зробити процес обробки харчових продуктів більш ефективним (із високим збереженням біологічно активних та поживних речовин), збільшити вилучення цільових компонентів, запровадити ресурсозберігаючі процеси, безвідходні технології та отримати продукти з новими властивостями. Завданням високих технологій є вивчення впливу технологічних прийомів на клітини і комплекси різних біологічно активних речовин (БАР) із біополімерами та складні важко гідролізуємі комплекси різних рослинних біополімерів та їх трансформацію в біодоступну розчинну форму. Реалізація новітніх технологій дозволить отримати продукти харчування з принципово новими характеристиками, які неможливо досягти традиційними способами переробки [1].

Перспективними об'єктами для розробки технології отримання дрібнодисперсних порошоків із підвищеним вмістом біологічно активних речовин в легкозасвоюваній формі є гриби печериці *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Pilát. Актуальність даної роботи пов'язана з тим, що розвиток харчової промисловості в міжнародній практиці спрямований на виробництво протейнових добавок і продуктів функціонального призначення, які сприяють профілактиці різних захворювань, зміцненню захисних сил організму людини до дії різних несприятливих чинників, що пов'язано з екологічною ситуацією у всьому світі. В Україні спостерігається дефіцит таких продуктів, які б були джерелами натуральних вітамінів, повноцінних білків, незамінних амінокислот, природних антиоксидантів, мінеральних речовин, полісахаридів та інших корисних речовин. Особливе місце серед БАД займають добавки в формі порошоків, які одночасно виступають як смакові, наповнювачі та ароматичні добавки. За даними ЮНЕСКО, у міжнародному прогнозі «Харчування. ХХІ століття», розробка і використання в продуктах харчування натуральних БАД та смакових ароматичних добавок з високим вмістом БАР визнано превалюючим напрямом. Але в Україні спостерігається дефіцит високоякісних БАД вітчизняного виробництва. У зв'язку з цим розробка нових натуральних порошокоподібних БАД із різних видів рослинної сировини і грибів та їх використання під час виготовлення харчових продуктів є актуальною проблемою [1,2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки в міжнародній практиці з'явилась низка БАД із грибів. Особливістю грибів, так як і лікарської сировини, є те, що вони мають здатність здійснювати на організм людини виражену терапевтичну дію, виявляють імуномодельючі та протипухлинні властивості. Лікувальні та профілактичні властивості грибів пов'язані з особливостями їх

хімічного складу. Вони відрізняються високим вмістом повноцінного білка (до 25%), незамінних амінокислот, низькомолекулярних фенольних сполук (до 2%), полісахаридів (до 25%), вітамінів, ненасичених ароматичних речовин та інших БАР. Крім того, в грибах міститься лецитин, який перешкоджає відкладенню холестерину на стінках судин і захищає їх від атеросклерозу. Розповсюджене застосування грибів, які мають багатовікову історію, спостерігає в даний час виражену тенденцію до зростання масштабів їх використання в харчовій та фармацевтичній промисловості, і це характерно для багатьох країн світу. За даними японських учених одним із найбільш перспективних грибів для отримання БАД є гриби печериці *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Pilát та *Agaricus Blazei* Murill, та ін., які культивуються в багатьох країнах світу, при цьому частка печериці двоспорової складає 80% у мировому обсязі промислового культивування. Більшість БАД отримують на основі плодових тіл грибів та їх міцелію. Недоліком сучасних традиційних способів отримання порошків із грибів є значні втрати БАР та ароматичних речовин, що призводить до погіршення якості кінцевого продукту. Також відомо, що білки грибів важко засвоюються організмом людини. Це пов'язано з тим, що білок у грибах знаходиться у комплексі з хітином, гліюканами і мінеральними солями (Si, Ca, Mg та ін.), які стерично перекривають доступ до пептидних зв'язків білка, що перешкоджає його гідролізу соляною кислотою і травним соком до окремих амінокислот і засвоюваності у шлунково-кишковому тракті. У зв'язку з цим актуальним є пошук таких технологічних прийомів обробки грибів, які б дозволяли зруйнувати білок-хітиновий комплекс і активувати трансформацію білка до окремих його мономерів – амінокислот. Як такий технологічний прийом, нами розглядається можливість використання криогенного подрібнення грибів печериці висушених за допомогою сублімаційного сушіння. у міжнародній практиці активно розвивається механохімія органічних сполук. Особливо це стосується фармації, де використання методів механічної активації та криодеструкції дозволяє модифікувати лікарські речовини, що дає змогу підвищити їх біодоступність та зменшити дозу використання в фармпрепаратах. Проте в науковій літературі з харчової промисловості практично відсутні дані досліджень впливу процесів криомеханоактивації, механодеструкції та розробки технологій дрібнодисперсних порошків із грибів, що знаходяться в легкорозчинній формі та легко засвоюються організмом людини [2,3].

Мета та завдання статті. Виявлення закономірностей та механізму впливу криогенного подрібнення на руйнування складних

важкорозчинних білок-полісахаридних комплексів висушених грибів печериці *A. bisporus*, трансформацію зв'язаних амінокислот протеїнів у вільну і розчинну форму та динаміку змін полісахаридів при отриманні дрібнодисперсних порошків.

Виклад основного матеріалу дослідження. В ХДУХТ розроблено технологію дрібнодисперсних порошкоподібних добавок із грибів печериці з використанням криогенного подрібнення. Головним у роботі під час створення нової технології було не тільки повне збереження БАР, але й активація біополімерів – білків, руйнування важкорозчинного білок-полісахаридного комплексу грибів та трансформацію білка за допомогою криомеханоактивації із зв'язаного с полісахаридами стану у вільний та його механоліз до вільних амінокислот для кращого засвоювання організмом людини. Крім того, виявити вплив криомеханоактивації і криодеструкції на зміни полісахаридів у дрібнодисперсних порошках грибів.

Вперше розроблено спосіб деструкції та механолізу білок-хітинового комплексу грибів печериці при криомеханодеструкції та механолізі білка до його мономерів – вільних амінокислот та більш повне вивільнення із комплексів легкогідролізуємих полісахаридів та вільного хітину, досліджено склад формуючих компонентів нових гетерогенних систем, надано оцінку надмолекулярній структурі білкової глобули, радіусу ядра та радіусу глобули при криогенному подрібненні при отриманні дрібнодисперсних порошків [1].

Вперше виявлено, що використання механоактивації при криогенному механічному подрібненні висушених грибів печериці в дрібнодисперсні БАД призводить до криодеструкції та механолізу білків грибів до їх мономерів – вільних амінокислот на (75...76) %, тобто білок трансформується (модифікується) складається на 2/3 із вільних амінокислот та значно краще розчиняється і засвоюється організмом людини (рис. 1, табл. 1).

Відомо що розмір молекули мономера протеїнів амінокислот складає біля одного нанометра. Таким чином, криомеханоактивація за рахунок криомеханодеструкції призводить до значних змін структури білкової глобули та білок-хітинового комплексу, втратам їх нативної конформації та їх формування до окремих вільних амінокислот, що збільшує їх розчинність у воді та забезпечує високу засвоюваність живими організмами [2, 3]. Показано, що при криогенному подрібненні руйнуються хітинові комплекси з вільними амінокислотами із яких додатково вивільнюється (66,4...70,0)% амінокислот. Так, у висушених грибах масова частка зв'язаних амінокислот складає 8,89%, а після криогенного подрібнення – 14,8 % (табл. 1). Також виявлено,

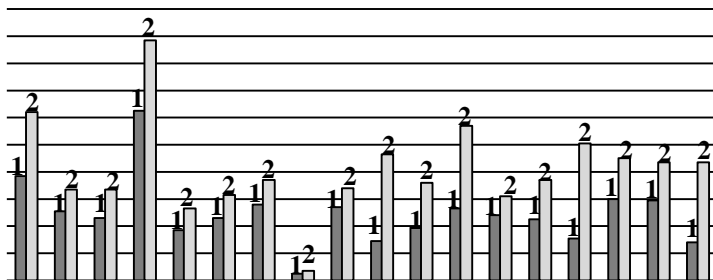
що збільшення кількості окремих амінокислот коливалось в 1,3...3,2 рази по відношенню до вихідних грибів (рис. 1).

Таблиця 1 – Вплив криогенного подрібнення на деструкцію білок-хітинового комплексу висушених грибів печериці та механоліз білка до вільних амінокислот при отриманні дрібнодисперсного порошку

Назва амінокислот	Амінокислоти у зв'язаному стані				Амінокислоти у вільному стані			Трансформація амінокислот білків зі зв'язаного стану до вільної форми, % до вихідного
	У вихідних висушених грибах, г в 100 г	Після криогенного подрібнення висушених грибів, г в 100 г	Додаткове вивільнення з білок-хітинового комплексу зв'язаних амінокислот білка після криогенного подрібнення, % до вихідного	Збільшення вільних амінокислот до вихідних, раз	У вихідних висушених грибах, г в 100 г	Після криогенного подрібнення висушених грибів, г в 100 г	Збільшення амінокислот у вільному стані до вихідного після криогенного подрібнення, раз	
Аспараг. к-та	0,77	1,24	160,0	1,6	0,07	0,73	10,0	58,8
Треонін	0,51	0,67	130,0	1,3	0,03	0,33	10,0	49,2
Серин	0,46	0,67	145,0	1,5	0,04	0,47	11,0	70,1
Глутам. к-та	1,25	1,77	140,0	1,4	0,52	1,84	3,6	103,9
Пролін	0,37	0,53	143,0	1,4	0,35	0,65	1,9	122,6
Гліцин	0,46	0,63	136,0	1,4	0,03	0,24	8,0	38,0
Аланін	0,56	0,74	132,0	1,3	0,05	0,54	10,7	72,9
Цистеїн	0,05	0,07	140,0	1,4	0,03	0,05	2,0	71,4
Валін	0,54	0,68	127,0	1,3	0,06	0,51	10,0	75,0
Метіонін	0,29	0,93	324,0	3,2	0,07	0,62	9,6	66,6
Ізолейцин	0,39	0,72	185,0	1,9	0,07	0,78	11,0	108,3
Лейцин	0,53	1,14	217,0	2,2	0,22	0,82	3,8	71,9
Тирозин	0,48	0,62	138,0	1,4	0,02	0,18	9,0	29,0
Фенілаланін	0,45	0,74	166,0	1,7	0,05	0,33	6,6	44,6
Гістидин	0,31	1,01	325,0	3,2	0,46	0,68	1,5	67,3
Триптофан	0,60	0,90	150,0	1,5	0,45	0,88	1,5	97,7
Лізин	0,59	0,87	148,0	1,5	0,51	0,88	1,7	101,1
Аргінін	0,28	0,87	310,0	3,1	0,04	0,49	12,0	56,3
Сума	8,89	14,8	-	-	3,07	11,02	-	74,5
Середнє значення	-	-	178,7	1,7	-	-	6,9	-

Зв'язані амінокислоти

Масова частка амінокислот, г в100 г



Вільні амінокислоти

Масова частка амінокислот, г в100 г



Рисунок 1 – Вплив криогенного подрібнення на деструкцію білок-хітинового комплексу грибів печериці при сублімаційному сушінні і механолізі, де 1 – вихідні гриби печериці сублімаційного сушіння; 2 – дрібнодисперсні порошки із висушених грибів печериці після криогенного подрібнення.

Різний ступінь утворення різної кількості амінокислот при криогенному подрібненні, на наш погляд, пов'язаний зі специфікою амінокислотного складу білків. Також механізм цього процесу зв'язаний з тим, що білкові речовини у сировині (грибах печериці) знаходяться у важкорозчинних та важко засвоюваних організмом людини комплексах

з хітином що важко гідролізуються, а також мінеральним комплексом (частіше всього солями кремнію, кальцію, магнію та ін.). Кріогенне подрібнення руйнує ці комплекси, вивільнює білок із них та сприяє їх активації та механолізу. Вперше встановлено, що під час кріогенного подрібнення відбувається дезагрегація і деструкція важкорозчинних білок-хітинмінеральних комплексів, механічний гідроліз білків, збільшення вільних амінокислот у 1,5...12 разів по відношенню до вихідної висушеної сировини, частина зв'язаних α -амінокислот трансформується у вільні амінокислоти (від 30 до 100%), тобто відбувається відщеплення низькомолекулярних сполук – амінокислот (табл. 1, рис. 1). Механізм цього процесу пов'язаний з тим, що при кріогенному механічному подрібненні виникають критичні енергетичні напруги, які призводять до механокрекінгу, деструкції та механолізу білок хітинового комплексу, які призводять до руйнування останніх та більш повному вилученню білка із комплексу і його механолізу за місцем пептидних, водневих зв'язків у комплексах та ін. Відбувається руйнування та стирання глобул макромолекул білків і зменшення їх молекулярної маси [1]. Порошок із грибів печериці після механічного подрібнення, яке супроводжується процесами механоактивації має якісно новий хімічний склад та високу розчинність, набуває нових властивостей, так як корисні білки, вітаміни, амінокислоти та мінерали значно краще засвоюються організмом людини.

У завданні досліджень, входило вивчення впливу кріогенної механодеструкції на полісахариди висушених грибів печериці при отриманні з них дрібнодисперсних порошоків. Встановлено, що кріогенне подрібнення викликає кріодеструкцію полісахаридів та їх більш повну екстракцію із сировини. Так, наприклад, у вихідних грибах печериці масова частка легкогідролізуємих полісахаридів складає 19,5%, в кріопорошках – 25%, що на 5,5% більше ніж у вихідній сировині. Показано також, що кріодеструкція викликає руйнування в порошках, що важко гідролізуються полісахаридів типу глюканів. В порошках їх менше на 9 % ніж у вихідній сировині (відповідно 7,9 і 7,0 %). Масова частка не гідролізуємих полісахаридів також у кріопорошках на 10 % менше ніж у вихідній сировині і складає відповідно 1,6 та 2,1 % (табл. 2).

Також у нашому дослідженні показано, що при кріогенному подрібненні іде механоактивація хітину, тобто вивільнення його із зв'язаного з білком стану у вільну форму (на 12...15 % більше, ніж у вихідних грибах) (табл. 2) за рахунок кріомеханодеструкції та руйнування міжмолекулярних водневих зв'язків ($\text{OH}-\text{NH}_2$), індукційної взаємодії, гідрофобні зв'язки ($\text{CH}-\text{CH}_3$), іонні ($\text{NH}_3^+ - \text{COO}^-$) та ін.

Таблиця 2 – Вплив кріогенної механодеструкції на полісахариди грибів печериці при отриманні з них дрібнодисперсних порошоків

Масова частка полісахаридів, % до СР	Висушені гриби печериці	Дрібнодисперсні порошки із грибів печериці	Збереження полісахаридів, % до вихідної сировини
Полісахариди, які легко гідролізуються	19,5	25,0	129,0
Полісахариди типу глюканів, які важко гідролізуються	7,9	7,0	88,6
Хітин	6,1	6,9	113,1
Полісахариди, які не гідролізуються	2,1	1,6	85,7

Також вплив кріодеструкції на руйнування гіф-міцелію грибів печериці було досліджено на мікроскопічному рівні (рис. 2). Було виявлено, що під час традиційного подрібнення не відбувається руйнування гіф, які складаються з міцно переплечених довгих ланцюжків. Середній розмір гіф у вихідних плодових тілах складає 20...45×7..12 мкм. Підчас традиційного подрібнення розміри часток складали 30...150 мкм, а частки дрібнодисперсного порошку, отриманого за допомогою нової сучасної технології кріогенного подрібнення складали у середньому від 5 до 50 мкм.

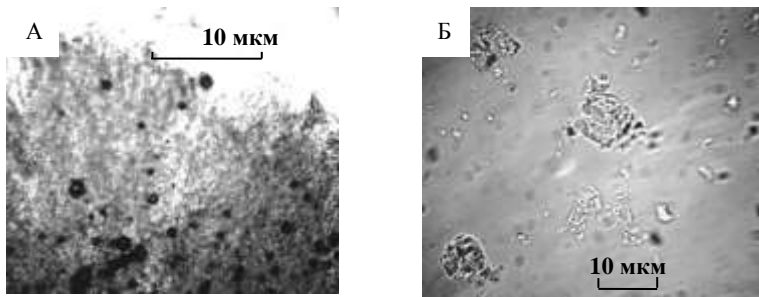


Рисунок 2 – Мікроскопічна структура подрібнених за традиційною технологією грибів та структура дрібнодисперсного порошку при кріогенному подрібненні, де А – традиційне подрібнення; Б – кріогенне подрібнення

Вивчення впливу кріомеханоактивації під час отримання дрібнодисперсних порошків на збереження аскорбінової кислоти та ароматичних речовин показало, що нова технологія не тільки дозволяє зберігати біологічно активні речовини, а й сприяти їх більш повному вилученню. Так, масова частка аскорбінової кислоти збільшується на 12...16% і ароматичних речовин 17...25% відповідно до вихідного.

Висновки. Під час досліджень було виявлено закономірності та розкрито механізм впливу кріогенного подрібнення на руйнування складного та важкорозчинного білок-хітинового комплексу висушених грибів печериці *A. Bisporus*, трансформацію зв'язаних амінокислот білка у вільну та розчинну форму. Встановлено, що при кріогенному подрібненні грибів відбувається руйнування білок-хітинового комплексу і вивільнення білка із цього комплексу на 75...78% більше ніж у вихідній сировині. При цьому виявлено механоліз білка, та показано, що кріогенне подрібнення дозволило зруйнувати глобулу до окремих його мономерів – амінокислот на 75% і вивільнити хітин із комплексів з білком та целюлозою у вільну форму на 13...15 % ніж у вихідній сировині. Показано, що при механолізі відбувається збільшення легкозасвоюваних полісахаридів на 28...30%.

Показано, що дрібнодисперсні порошки із грибів засвоюються в 2 рази краще ніж свіжі гриби. Встановлено, що за вмістом вільних амінокислот, ароматичних речовин та легкозасвоюваних полісахаридів нові дрібнодисперсні порошки з грибів печериці перевищують вихідну сировину вдвічі. Із них можна отримати гелі.

Застосування в якості інновацій такого технологічного прийому, як дрібнодисперсне кріогенне подрібнення дозволило отримати високоякісні розчинні порошки із грибів печериці з принципово новими властивостями.

Розроблено ТУ на нові порошки із грибів печериці «Дрібнодисперсний порошок із грибів печериці» та проведено їх апробацію у промислових умовах на НВП «КРІАС - 1» та НВФ «ФШАР» (м. Харків). На основі цих дрібнодисперсних порошків було розроблено сухі молочні соуси, сухі грибні супи-пюре, приправи, сирні закуски, соуси, які готуються до впровадження у виробництві.

Список літератури

1. Павлюк Р. Ю. Розробка технології консервованих вітамінних фітодобавок і їх використання в продуктах харчування профілактичної дії : дис. д-ра техн. наук : 05.18.13 : захищена 16.10.1996 р. / Павлюк Р. Ю. – ОДАХТ : Одеса, 1996. – 446 с.
2. Beelman R. B. Bioactive compounds in *Agaricus bisporus* of nutritional, medicinal or biological importance / R. B. Beelman // *Mushroom Science* XVI. – 2004. – P. 1–16.

3. Janos Vetter. Chitin content of cultivated mushrooms *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes* / Janos Vetter // Food Chemistry. – 2007. – Vol. 102. – P. 6–9.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.

© Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Ю.Г. Наконечна, Л.В. Леухіна, С.М. Лосєва, 2013.

УДК 641.55/.56:664.92

М.І. Погожих, д-р техн. наук (ХДУХТ, Харків)

В.В. Євлаш, д-р техн. наук (ХДУХТ, Харків)

О.В. Неміріч, канд. техн. наук (НУХТ, Київ)

А.Є. Максименко, асист. (ЛНАУ, Луганськ)

КІНЕТИКА СУШІННЯ М'ЯСА ЯЛОВИЧИНИ СПОСОБОМ ЗМІШАНОГО ТЕПЛОПІДВЕДЕННЯ

Вивчено кінетику та встановлено раціональні режими сушіння м'яса яловичини способом змішаного теплопідведення. Вивчено відновлювальні властивості сушеного м'яса залежно від температури сушіння та температури рідини для відновлення.

Изучена кинетика и установлены рациональные режимы сушки мяса говядины способом смешанного теплоподвода. Изучены его восстановительные свойства в зависимости от температуры сушки и температуры восстановителя.

Kinetics is studied and the rational modes of drying of meat of beef are set by the method of mixed thermal admission. His restoration properties are studied depending on the temperature of drying and temperature of waters.

Постановка проблеми у загальному вигляді. У сучасних ринкових умовах підприємства ресторанного господарства типу бістро посягають значний сектор на ринку послуг. Це пов'язано зі зручною реалізацією страв та кулінарних виробів та невеликою їх вартістю, що приваблює сучасного споживача, особливо молодь.

Проте, харчова цінність та якість асортименту кулінарної продукції в даних підприємствах не завжди відповідає сучасним