

## ДИНАМІКА ЗАСВОЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ГРИБАМИ ШИЇТАКЕ

**О.М. Заславський, д.х.н,**

Український державний НДІ «Ресурс»

ORCID ID: 0000-0001-8545-5554

**О.С. Гавриленко, к.вет.н.,**

завідувач лаб. досліджень хіміко-біологічних чинників

Український державний НДІ «Ресурс»

ORCID ID: 0000-0003-2837-6950

**О.М. Козич, завідувач сектору фізико-хімічних випробувань,**

Український державний НДІ «Ресурс»

ORCID ID: 0000-0001-5117-82700X

**С.І. Станіславів, с.н.с.,**

Український державний НДІ «Ресурс»

ORCID ID: 0000-0003-2726-3671

**Д.О. Бахлуков, директор**

ТДВ «ЕСМАШ»

ORCID 0000-0001-9394-7436

**О.О. Веліканов, студент магістратури,**

Національний університет харчових технологій

ORCID ID: 0000-0003-1856-0244

*Гриби шіїтаке є природним джерелом не тільки енергетично цінних речовин, а і макро- та мікроелементів. Їх біологічна цінність залежить від умов вирощування, в першу чергу, від використаного субстрату та води. Для дослідження були використані гриби шіїтаке, які були вирощені ТДВ «Есмаш». Було досліджено мікро- та макроелементний склад грибів шіїтаке, деревинного субстрату та води, що використовувалися для циклу вирощування грибів. Субстрат та гриби перед проведенням дослідження були озолені у кислому середовищі за допомогою мікрохвильового приладу. Визначення мікроелементного складу проводилося атомно-адсорбційним методом на приладі PerkinElmer AAnalyst 400. Визначення фосфору проводили ваговим методом, азоту – титрометричним методом. Калій, натрій та кальцій визначалися методом полуменевої спектрометрії на приладі Elico CL378, бор – за спеціально розробленою методикою з використанням азометину спектрофотометричним методом на приладі Ulab S261UV. Було досліджено зв'язок між мікро- та макроелементним складом деревинного субстрату, води та грибів шіїтаке. Визначено, що при засвоєнні кобальту, магнію, кальцію, натрію, цинку, калію, міді із субстрату, їх вміст у грибах концентрується. Концентрації марганцю, свинцю та заліза однакові для грибів та субстрату. Вміст елементів у воді значно менший ніж у субстраті. Експериментальні дані були порівняні із літературними, прослідковується їх повна невідповідність. Таким чином, можна припустити, що хімічний склад шіїтаке переважно залежить від субстрату, що використовується для циклу вирощування. Вміст заліза у грибах виявився меншим за очікуваний, що дало підставу припустити його нестачу у субстраті. Встановлена необхідність використання насиченого елементами субстрату, або застосування мікродобрив для вирощування грибів. При цьому вода для вирощування не має суттєвого впливу на вміст елементів у грибах.*

**Ключові слова:** шиїтаке, субстрат, біологічна цінність, мікроелементи, макроелементи.

## THE DYNAMICS OF ELEMENTS ASSIMILATION BY SHIITAKE MUSHROOMS

**O. Zaslavskiy**, D-r of Sciences, Chemistry,  
The Ukrainian state scientific research institute “Resurs”  
ORCID ID: 0000-0001-8545-5554

**O. Gavrylenko**, Ph.D. Veterinary,  
head of the chem. and biology. factors res. lab.  
The Ukrainian state scientific research institute “Resurs”  
ORCID ID: 0000-0003-2837-6950

**O. Kozych**, head of the physical and chemical tests sector,  
The Ukrainian state scientific research institute “Resurs”  
ORCID ID: 0000-0001-5117-82700X

**S. Stanislaviv**, Senior Researcher,  
The Ukrainian state scientific research institute “Resurs”  
ORCID ID: 0000-0003-2726-3671

**D. Bahlukov**, head manager,  
DLC “ESMASH”  
ORCID 0000-0001-9394-7436

**O. Velikanov**, master student,  
National University of Food Technologies  
ORCID ID: 0000-0003-1856-0244

*Shiitake mushrooms are a natural source of not only energetically valuable substitutes, but also of macro- and micronutrients. Their biological value depends on the conditions of cultivation, first of all, on the used substrate and water. Shiitake mushrooms that grown by DLC “ESMASH” were used for research. The micro- and macroelement composition of shiitake mushrooms, wooden substrate and water used for the growing cycle of fungi were researched. Substrate and mushrooms before the analysis were converted into ashes in acidic fluid using a microwave device. Determination of the micronutrient composition was carried out by the atomic adsorption method on the PerkinElmer AAnalyst 400. Determination of phosphorus was carried out by weight method, nitrogen – by titrimetric method. Potassium, sodium and calcium were determined by the method of flame spectrometry on the Elico CL378, boron – according to a specially developed method using azomethine by spectrophotometric method on the Ulab S261UV. The relationship between the micro- and macroelement composition of the wooden substrate, water, and shiitake mushrooms was researched. It has been found that during assimilation of cobalt, magnesium, calcium, sodium, zinc, potassium, copper from the substrate, their content in the fungi is concentrated. Concentrations of manganese, lead and iron are the same for mushrooms and substrates. The content of the elements in water is much smaller than in the substrate. Experimental data were compared to literary one. Their complete discrepancy is followed. Thus, it can be assumed that the chemical composition of the shiitake depends entirely on the substrate used for the growing cycle. The content of iron in mushrooms was less than had been expected, this letting assume its lack in the substrate. The necessity of using substrate saturated with elements, or using microfertilizers for the cultivation of fungi has been established. At the same time, water for cultivation does not have a significant effect on the content of elements in mushrooms.*

**Key words:** shiitake, substrate, biological value, microelements, macroelements.

**Постановка проблеми.** Одним із важливих аспектів наукових досліджень є вдосконалення традиційних та розробка нових видів харчової продукції. Велика увага при цьому надається концепції здорового харчування.

У зв'язку із цим виникла необхідність введення в культуру нових організмів – джерел білку, серед яких одним з найцінніших є їстівні гриби.

Відомо, що гриби мають високу харчову і біологічну цінність, що обумовлює їх корисні споживчі властивості. Але відносно велика вартість даної сировини та достатньо вузький асортимент продукції значно знижують споживання грибної продукції усіма верствами населення.

Зрозуміло, що найвищу харчову цінність мають гриби природного походження, але їх використання в їжу носить сезонний і непланомірний характер. До того ж, в умовах погіршення екологічної ситуації й зростаючого забруднення навколишнього середовища збирати дикорослі гриби небезпечно, оскільки гриби є осмотрофами, а тому поглинають шкідливі речовини із ґрунту та повітря.

Вирішенням даної проблеми є культивування грибів в штучних умовах на екологічно чистих субстратах. Культивовані гриби не містять шкідливих речовин, барвників, консервантів, штучних добавок, не проходять хімічну обробку, їх можна вживати в їжу без ризику для здоров'я [1,2].

Впродовж довгих років гриби в харчовій промисловості розглядалися в основному як джерело альтернативного протеїну і як смакова добавка для різноманітних технологій. Але останнім часом гриби привертають увагу як цінне джерело біологічно активних речовин різноманітної хімічної природи оскільки містять в своєму складі окрім повноцінного білку, жирних кислот, простих і складних вуглеводів велику кількість вітамінів і мінеральних речовин. Сучасні наукові дослідження додали нові факти щодо високої здатності хітину – основної сполуки грибної клітинної стінки і близької до нього хімічної структури сполуки хітозану – до біологічного очищення організму від радіонуклідів і різноманітних токсичних хімічних речовин. Особлива увага надається лікувально-профілактичним властивостям макроміцета, таких як загальнозмцнююча, протитуберкульозна, онкостатична [3].

У боротьбі за ринок, прагнення до здешевлення продукції спонукало до вдосконалення структури виробництва й технології вирощування культивованих грибів на основі глибокого вивчення біології культури [4].

Вирощувати їстівні гриби можна цілий рік незалежно від кліматичних і ґрунтових умов, на живильних субстратах, малопродуктивних для інших цілей, наприклад на різних нехарчових відходах; при цьому субстрат зазвичай використовується двічі, оскільки після збору врожаю грибів він стає цінним джерелом перегною для садівництва [5].

Зазначене дозволяє розширити сферу застосування грибів, сприяє отриманню продукції з лікувально-профілактичними властивостями, переробці значної кількості сировини у напівфабрикати і готову продукцію [6].

З усіх видів грибів, що культивуються, найбільш розповсюдженим є печериці. Все більш відомим культивованим грибом стала глива звичайна. Нарешті, сучасним культивованим грибом, що стає популярним в Україні, є гриб шийтаке.

За даними [7] вони містять 4,29 г вуглеводів, 0,49 г жирів, 2,24 г білків на 100 г сирого продукту. Мікро- та макроелементний склад грибів також доволі багатий, але різні джерела наводять дані, що погано корелюють між собою (табл.1): лівий стовпчик [7], правий стовпчик [8].

Гриби шийтаке вирощують на спеціально підготовленому деревинному субстраті, природа якого не відрізняється стабільністю. Між тим, засвоєння плодовим тілом гриба поживних елементів відбувається саме з субстрату, і їх нестача може не тільки знизити харчову цінність продукту, а й взагалі пригнітити розвиток грибів.

## Мінеральний склад грибів шийтаке за даними [7] та [8]

№ з\п	Макроелементи, мг/100г			№ з\п	Мікроелементи, мг/100г		
1	K	304	27,3-33,9	1	B	Немає даних	Немає даних
2	Ca	2	0,2-0,6	2	V	Немає даних	Немає даних
3	Si	Немає даних	Немає даних	3	Fe	0,41	46,5-88,3
4	Mg	20	1,9-3,8	4	I	Немає даних	Немає даних
5	Na	9	0,2-0,5	5	Co	Немає даних	Немає даних
6	S	Немає даних	Немає даних	6	Mn	0,23	Немає даних
7	P	112	10,7-13,9	7	Cu	0,14	9,1-15,4
8	Cl	Немає даних	Немає даних	8	Mo	Немає даних	Немає даних
				9	Ni	Немає даних	Немає даних
				10	Se	5,7 10 <sup>-3</sup>	Немає даних
				11	F	Немає даних	Немає даних
				12	Cr	Немає даних	Немає даних
				13	Zn	1,03	83,0

**Метою даної роботи** було дослідження зв'язку між мікроелементним складом деревинного субстрату, води та грибів шийтаке.

**Матеріали та методи.** Зразки для дослідження отримували з природної сировини, яка застосовується у виробничому циклі ТДВ «ЕСМАШ». Субстрат та гриби підсушувалися до сталої маси, подрібнювалися та озолювалися шляхом окиснення у кислому середовищі за допомогою мікрохвильового пристрою. Визначення мікроелементного складу проводилося на відкаліброваному за стандартами атомно-адсорбційному спектрометрі PerkinElmer AAnalyst 400 з первинних або розведених до необхідної концентрації розчинів. Визначення фосфору проводили ваговим методом, азоту, після термогідролізу, титрометричним методом. Калій, натрій та кальцій визначали методом полуменевої спектрометрії на приладі Elico CL378; бор, за спеціально розробленою методикою з використанням азометину, на спектрофотометрі Ulab S261UV шляхом порівняння оптичної густини з калібрувальними розчинами. Разом з дослідженням грибів і субстрату досліджували воду, яка використовується у циклі вирощування грибів.

**Результати** проведеного дослідження наведені у таблицях 2 та 3.

## Мінеральний склад дослідженого субстрату та грибів шийтаке

№ з\п	Об'єкт	Елемент/сполука, мг/100г						
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	Na	
1	Субстрат	100		273,8	375,0	43,1	5,4	
2	Гриб	270 530*	1380	2268,8	1500,0	120,0	27,7	
№ з\п	Об'єкт	Елемент, мг/100г						
		B	Mn	Zn	Cu	Fe	Co	Pb
1	Субстрат	0,232	11,70	1,24	0,065	3,75	0,032	0,21
2	Гриб		13,13	8,63	1,35	3,75	0,053	0,20

\* - висушений за 45°C

**Мінеральний склад води для циклу вирощування грибів шийі таке**

№ п/п	Об'єкт	Елемент/сполука, мг/л							
		K	Ca	Mg	Na	Mn	Zn	Cu	Fe
1	Вода	3,3	45,0	6,75	7,1	0,11	6,0	0,02	0,15

**Обговорення результатів.** В результаті аналізу одержаних результатів можна зробити висновок, що елементний склад грибів шийітаке обумовлений їх вмістом у субстраті. Вміст елементів у воді значно нижчий ніж у субстраті і практично не впливає на їх накопичення у грибах. Високий вміст цинку у воді, скоріш за все, пов'язаний з його дифузиею з матеріалу труб і не носить систематичного характеру. Вміст марганцю, заліза та свинцю відповідає їх вмісту у субстраті, а концентрація решти елементів збільшується у декілька разів у порівнянні з субстратом: кобальту – у 1,7 раза, магнію – у 2,8 раза, кальцію – у 4 рази, натрію – у 5,1 раза, цинку – у 7 разів, калію – у 8,3 раза, міді – у 20,7 раза.

Справедливо припустити, що елементний склад грибів шийітаке залежить від насиченості елементами конкретного субстрату, що використовується для їх культивування. Цим пояснюється відсутність кореляції отриманих в процесі дослідження даних із літературними [7,8]. Значно менший вміст встановленого азоту обумовлений його знаходженням у різних формах. З одержаних результатів видно, що гриби є цінним джерелом мікроелементів, насамперед кобальту, цинку, міді, марганцю та заліза, які знаходяться в засвоюваній організмом формі. Експериментально визначений вміст заліза менший за очікувані дані. Можна припустити, що його нестача у субстраті не дозволяє грибу засвоїти його повною мірою.

Отже, у виробництві грибів шийітаке насиченість деревинного субстрату мікроелементами, концентрування яких відбувається у плодовому тілі гриба, має неабияке значення. Для отримання якісної продукції слід використовувати збагачені на ці елементи природні матеріали, або вносити їх у субстрат в процесі його підготовки у формі мікродобрив.

**Висновки.** Проведене дослідження свідчить про те, що гриби шийітаке є цінними джерелом не тільки біологічно активних речовин, таких як: білки, жири, вуглеводи, а також мікро- та макроелементів.

Їх засвоювання та концентрування відбувається з деревинного субстрату. Якість продукції обумовлена вмістом елементів у субстраті. При їх нестачі для одержання високих врожаїв повноцінної продукції слід застосовувати мікродобрива.

**Бібліографія**

1. Сычев, П.А. Грибы и грибоводство [Текст] / П. А. Сычев, Н. П. Ткаченко; под общ. ред. П.А. Сычева. – Донецк: «Изд-во Сталкер», 2003. – 512 с. – ISBN 8-401-86974-3.
2. Яницький, В. В. Розробка та промислове виробництво продуктів радіозахисної дії [Текст] / В.В. Яницький, Н. Б. Корсак // Медико-биологические основы разработки продуктов питания: Материалы научной конференции. – 1993. – С. 30.
3. Літуєв, Д. С. Антиокисна активність деяких штамів їстівних грибів [Текст] / Д.С.Літуєв, Д.В. Федотов // Методологические основы познания биологических особенностей грибов – продуцентов физиологически активных соединений и пищевых продуктов. Материалы II международной конференции. – 2002. – С. 128-131.
4. Литвін, Л.О. Добір складових матеріалів субстрату для вирощування шийітаке та оптимальні режими його теплової обробки / Л.О. Литвін // Овочівництво і баштанництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник / Інститут овочівництва і баштанництва НААН. – 2010. – Вип. 56. – С. 96-101.

5. Эрл, М. Разработка пищевых продуктов [Текст] / М. Эрл, Р. Эрл, А. Андерсен; перевод с англ. В. Ашкинази, Т. Фурманской. – СПб: Профессия, 2004. – 384 с. – ISBN 4-587-1008-9.

6. Колесник А.А., Теоретические основы товароведения продовольственных товаров: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. [Текст] / А.А. Колесник, Л.Г.Елизарова. – М.: Экономика, 1990. – 287 с.

7. Пищевая ценность, химический состав и калорийность. Грибы, шитаки, сырые [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intelmeal.ru/nutrition/foodinfo-mushrooms-shiitake-raw.php>.

8. Петюшев, Н.Н. Сырье для производства продуктов функционального назначения на основе сухого картофельного пюре / Н.Н. Петюшев, А.Н. Демянович, Л.В.Евтушевская, О.Н. Станкевич, М.И. Котов // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2012. – №2(16). – С. 33-40.

### References

1. Sychev, P. A. and N. P. Tkachenko; edited by P.A. Sychev. 2003. Griby i gribovodstvo – Mushrooms and mushroom growing. Donetsk, Stalker, 512 (in Russian).

2. Yanytskyi V.V. and N.B. Korsak. 1993. Rozrobka ta promyslove vyrobnytstvo produktiv radiozakhysnoi dii – Development and industrial production of products of radioprotective action. Mediko-biologicheskie osnovy razrobotki produktov pitaniya: Materialy nauchnoj konferencii – Biomedical Basics of Food Products Development: Scientific conference materials, 1, 30 (in Ukrainian).

3. Lituiev, D.S. and D.V. Fiedotov. 2002. Antyokysna aktyvnist deiakykh shtamiv yistivnykh hrybiv – Antioxidant activity of some strains of edible fungi. Metodologicheskie osnovy poznaniya biologicheskikh osobennostej grybov – producentov fiziologicheskii aktivnykh soedinenij i pishhevyh produktov. Materialy II mezhdunarodnoj konferencii – Methodological bases of knowledge of the biological characteristics of fungi – producers of physiologically active compounds and food products. II International Conference materials, 1, 128-131 (in Ukrainian).

4. Lytvyn, L.O. 2010. Dobir skladovykh materialiv substratu dlja vyroshchuvannia shyitake ta optymalni rezhymy yoho teplovoi obrobky – Selection of composite materials of substrate for Shiitake growing and optimal modes of its heat treatment. Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk – Vegetable and soybean: interdepartmental thematic scientific collection, 56, 96-101 (in Ukrainian).

5. Jerl, M., R. Jerl and A. Andersen; transl. from English by V. Ashkinazi, T. Furmanskaja. 2004. Razrobotka pishhevyh produktov – Food Products Development. St. Petersburg, Professija, 384 (in Russian).

6. Kolesnik, A.A. and L.G. Elizarova. 1990. Teoreticheskie osnovy tovarovedeniya prodovol'stvennyh tovarov: Ucheb. dlja vuzov. – 3-e izd., pererab. i dop. – The theoretical basis of the commodity science of food products: Textbook for universities. – 3rd ed., revised and enlarged. Moscow, Ekonomika, 287 (in Russian).

7. Pishhevaja cennost', himicheskij sostav i kalorijnost'. Griby, shitaki, syrye – Nutritional value, chemical composition and caloric content. Mushrooms, shiitake, raw. <http://www.intelmeal.ru/nutrition/foodinfo-mushrooms-shiitake-raw.php> (in Russian).

8. Petjushev, N.N., A.N. Demjanovich, L.V. Evtushevskaja, O.N. Stankevich and M.I.Kotov. 2012. Syr'e dlja proizvodstva produktov funkcional'nogo naznachenija na osnove suhogo kartofel'nogo pjure – Raw materials for manufacture of products of a functional purpose on the basis of dry mashed potatoes. Pishhevaja promyshlennost': nauka i tehnologii – Food industry: science and technology. 2(16): 33-40 (in Russian).