

## INVESTIGATION OF DINAMICAL VISCOSITY OF WATER SUSPENSION OF SHIITAKE SPOROCARP

N. Sharkova, E. Zhukotsky, G. Dekusha, L. Kostyanets

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Aqueous colloid-dispersed  
suspension of the fruit  
body of the shiitake  
fungus*

*Dynamic viscosity  
Technological regimes  
Rotary pulsation  
apparatus*

*Discrete-impulse energy  
input method*

---

**Article history:**

Received 09.11.2017

Received in revised form  
23.11.2017

Accepted 22.12.2017

---

**Corresponding author:**

N. Sharkova

**E-mail:**

[npnuht@ukr.net](mailto:npnuht@ukr.net)

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2017-23-6-28

---

**ABSTRACT**

The article presents the investigations of reducing the viscosity of an aqueous colloid-dispersed suspension of the fruit body of shiitake mushroom with the aim of its further spray drying. The influence of thermotechnological regimes, additives and design features of equipment on its rheological properties is determined. The most significant influence on the decrease of the viscosity of the mushroom suspension is caused by the growth of the hydromodule, temperature and addition of a structuring additive  $\beta$ -cyclodextrin. The quality category of the mushroom, its structural parts and the type of structure of the rotary-pulsating equipment had the least effect on its rheological properties.

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ В'ЯЗКОСТІ ВОДНОЇ СУПЕНЗІЇ ПЛОДОВОГО ТІЛА ГРИБА ШИЇТАКЕ

Н.О. Шаркова, Е.К. Жукотський, Г.В. Декуша, Л.О. Костянець

*Національний університет харчових технологій*

*У статті вивчено можливість зниження в'язкості водної колоїдно-дисперсної суспензії плодового тіла гриба шиїтаке з метою подальшої її подачі на розпилювальне сушіння. Визначено вплив теплотехнологічних режимів, добавок і конструктивних особливостей обладнання на реологічні властивості грибної суспензії. Встановлено, що збільшення гідромодуля, температури та кількості внесеної структуруючої добавки —  $\beta$ -циклодекстрину найкращим чином сприяють зниженню в'язкості грибної суспензії. Категорія якості гриба, його структурні частини та тип конструкції роторно-пульсаційного апарата мали найменший вплив на її реологічні властивості.*

**Ключові слова:** *водна колоїдно-дисперсна суспензія плодового тіла гриба шиїтаке, динамічна в'язкість, технологічні режими, роторно-пульсаційний апарат, метод дискретно-імпульсного введення енергії.*

**Постановка проблеми.** Сьогодні у всьому світі зростає зацікавленість до східної фунготерапії — традиційного способу лікування цілющими грибами. Серед них японський гриб шіітаке за останні десятиліття став справжньою сенсацією і в загальному світовому об'ємі вирощування грибів посідає третє місце (12,3%) після шампінйонів і гливи [1; 2]. Західна медицина вкладає колосальні кошти в дослідження шіітаке і наукові дослідження однозначно підтверджують лікувальні властивості гриба: протипухлинні, імуномодуючі, антивірусні, антиоксидантні, сорбційні [3—7].

Унікальні властивості гриба проявляються завдяки його незвичайному хімічному складу (білки — 10...17%, жири — 0,6...8,0%, вуглеводи — 67...78%, зола — 3,7...10% за сухою масою). Зокрема, гриб містить унікальний комплекс полісахаридів з імуномодельючими властивостями, білки, які містять всі незамінні для людини амінокислоти, комплекс вітамінів, незамінні поліненасичені жирні кислоти, широкий спектр найважливіших макро- і мікроелементів, серед яких ідефіцитний у нашому харчуванні селен.

Тому сьогодні створення новітніх продуктів і дієтичних лікувально-оздоровчих добавок на основі гриба шіітаке можна віднести до ефективних способів підтримуючої імунотерапії при низці захворювань. До того ж для гриба шіітаке характерна простота цілорічного вирощування, висока врожайність, екологічність і, відповідно, рентабельність [1].

При виробництві сухих порошкових форм плодових тіл базидіальних грибів застосовують, як правило, конвективне сушіння або сушіння інфрачервоними променями з подальшим сухим помелом висушеного матеріалу. Ці способи сушіння мають ряд недоліків: тривалість у часі, недостатня ступінь дисперсності порошоків і низькі мікробіологічні показники, до того ж отримані порошки можуть використовуватись лише після додаткової термічної обробки. Для усунення зазначених вище недоліків авторами запропоновано використання методу розпилювального сушіння при створенні нових продуктів на основі гриба шіітаке для лікувально-оздоровчого харчування.

У зв'язку з практичним інтересом до полісахаридів лікувального гриба шіітаке особлива роль відводиться реологічним властивостям розчинів полісахаридів, для яких характерна аномальна в'язкість.

**Метою статті** є дослідження реологічних властивостей грибною суспензії плодового тіла гриба шіітаке, отриманої при різних теплотехнологічних режимах гідродинамічної обробки із застосуванням методу дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) та встановлення раціональних режимів її отримання для подальшої подачі на розпилювальне сушіння.

**Матеріали і методи.** Матеріалами для проведення експериментальних досліджень є водна колоїдно-дисперсна грибна суспензія плодового тіла гриба шіітаке та функціональні добавки (хлористий натрій, мальтодекстрин і  $\beta$ -циклодекстрин).

Динамічну в'язкість усіх зразків грибною суспензії визначали на ротаційному віскозиметрі Brookfield DV-E (виробник США). При порівнянні в'язкостей ньютонівських рідин при всіх її вимірюваннях використовували одне й те саме поєднання — «швидкість обертання — шпindel». Дане поєднання обирали таким чином, щоб діапазон вимірів знаходився між 45 і 95% поділ-

ками повної шкали. Всі дослідження динамічної в'язкості зразків грибної суспензії проводили на шпинделі № 64 при швидкості обертів  $50 \text{ хв}^{-1}$ .

Для обробки отриманих результатів експериментальних досліджень використано статистичні та математичні методи.

**Результати і обговорення.** При підготовці гриба шиїтаке до сушіння основним технологічним етапом є процес отримання водної колоїдно-дисперсної системи гриба, який складається з його попереднього подрібнення та подальшої гідродинамічної обробки. Матеріал, який подається на розпилювальне сушіння, повинен бути певної консистенції і характеризуватись значеннями динамічної в'язкості  $0,6 \dots 0,8 \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

Для отримання водної дисперсії плодового тіла гриба шиїтаке нами досліджено можливість застосування розробленого в ІТТФ НАН України методу ДІВЕ, що реалізований у роторно-пульсаційних апаратах (РПА) різних типів і успішно зарекомендував себе в багатьох харчових технологіях при гідродинамічній обробці різноманітних складних багатокomпонентних гетерогенних систем для отримання стійких дисперсій за умов не значних енерговитрат [8; 9].

У ході досліджень грибної суспензії встановлено, що при диспергуванні гриба шиїтаке за допомогою методу ДІВЕ без внесення води або з мінімальною її кількістю утворюється стійка нерухома колоїдно-дисперсна суспензія гелеподібної консистенції, яка унеможливує подальший процес подачі її в розпилювальну сушарку. Нами проведено комплекс експериментальних досліджень щодо визначення впливу виду диспергуючого обладнання, принцип роботи яких заснований на механізмах ДІВЕ, та різних тепло-технологічних режимів на зниження в'язкості грибної суспензії, а саме: конструкція РПА, зміна гідромодуля, температури грибної суспензії та внесення структуруючих добавок.

Вплив типу РПА на зміну динамічної в'язкості водної грибної суспензії визначали на двох РПА, розроблених і виготовлених в ІТТФ НАН України:

1. РПА-Л, що складається із 2 роторів та 1 статора,  $n = 3000 \text{ об./хв}$ ;
2. РПА-Ж, що складається із 2 статорів та 1 ротора,  $n = 6000 \text{ об./хв}$ .

Паралельно визначали вплив росту гідромодуля від 1 до 2 (за масою) та температури ( $t = 20 \dots 80^\circ \text{C}$ ) на зміну динамічної в'язкості грибної суспензії.

До наважки дрібних плодових тіл гриба шиїтаке, попередньо подрібнених до розмірів  $2 \dots 3 \text{ мм}$ , додавали у необхідній кількості воду температурою  $t = 20^\circ \text{C}$  і диспергували в РПА певного типу. Динамічну в'язкість отриманого зразка грибної суспензії вимірювали при температурах  $20^\circ \text{C}$ ,  $40^\circ \text{C}$ ,  $60^\circ \text{C}$  і  $80^\circ \text{C}$ . Результати зміни динамічної в'язкості грибної суспензії залежно від конструкції РПА, гідромодуля й температури наведено на рис. 1.

Залежності, наведені на рис. 1, свідчать, що на зниження в'язкості грибної суспензії найсуттєвіший вплив чинить ріст гідромодуля: в межах від 1 до 2 при  $20^\circ \text{C}$  в'язкість суспензії зменшується в середньому в 3 рази (з  $3,2$  до  $1,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ) незалежно від конструкції РПА. При нагріванні всіх зразків водної грибної суспензії від  $20$  до  $80^\circ \text{C}$  їх в'язкість знижується в середньому в 2 рази.

Зниження динамічної в'язкості грибної суспензії з ростом температури можна пояснити тим, що полісахариди, які складають більшу частину гриба за сухою масою, відносяться до аморфних речовин. Їх макромолекули розміщені не щільно і в результаті нагрівання між гнучкими ланцюгами полі-

сахаридів утворюються отвори, в які проникають молекули розчинника і в'язкість грибної суспензії знижується.

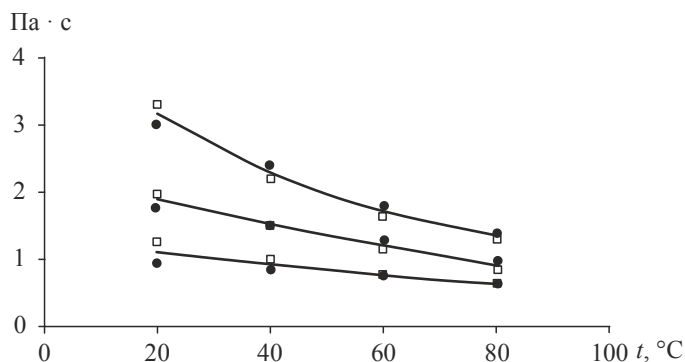


Рис. 1. Залежність динамічної в'язкості грибної суспензії, що приготовлена на РПА різних конструкцій (□ — РПА-Л, ● — РПА-Ж) від температури при гідромодулях: 1 — гідромодуль 1; 2 — гідромодуль 1,5; 3 — гідромодуль 2

Найменше на в'язкісні характеристики грибної суспензії впливали конструкційні особливості РПА, для подальшої роботи було обрано РПА-Ж.

Виходячи з отриманих результатів, для проведення подальших досліджень використовували водну грибну суспензію, приготовлену із гідромодулем 1,5.

Відомо, що порівняно з шапками, ніжки грибів містять більше хітину (масове співвідношення ніжка:шапка складає 1:3) — азотвмісного полісахариду, який надає структурної міцності клітинним оболонкам гриба. Проведено порівняння в'язкісних показників зразків грибних суспензій, виготовлених із цілих грибів та їх структурних частин різної категорії якості: дрібних грибів, несортових грибів і шапок несортових грибів. Усі зразки приготовлено, як описано вище (гідромодуль грибної суспензії 1,5, РПА-Ж, діапазон температури 20...80° С). Залежність динамічної в'язкості зразків грибної суспензії, виготовлених із різних частин плодового тіла гриба шийтаке, від температури наведено на рис. 2.

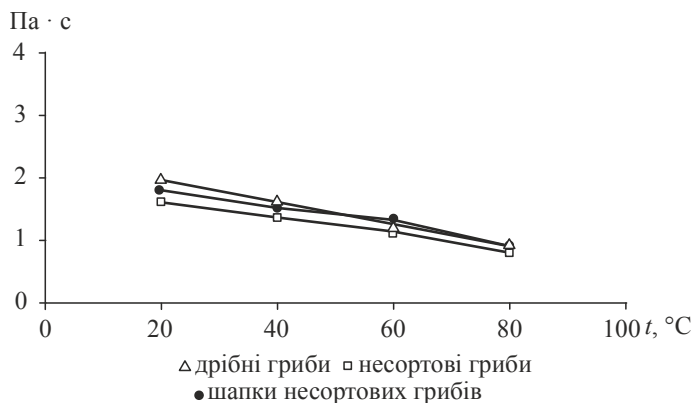
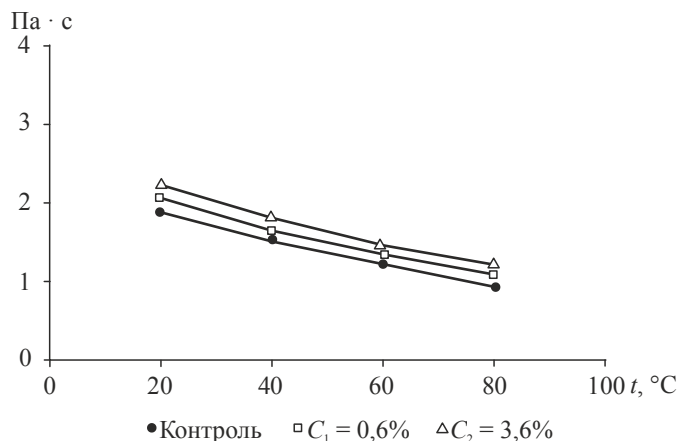


Рис. 2. Залежність динамічної в'язкості зразків грибної суспензії, виготовлених із різних частин гриба шийтаке, від температури

З отриманих залежностей (рис. 2) видно, що всі зразки грибної суспензії близькі за значеннями у всьому діапазоні температур, тому далі використовували цілі несортіві гриби. Окрім того, що вони мають аналогічний до дрібних грибів хімічний склад, їх доцільніше використовувати і з економічної точки зору — несортіві гриби шийтаке в 1,5 раза дешевші за дрібні гриби. Станом на квітень 2017 р. вартість 1 кг цілих сортівих дрібних грибів становила 90 грн, несортівих — 60 грн/кг.

У харчоконцентратній промисловості при розпилювальному сушінні продуктів рослинного походження, що містять складні високомолекулярні сполуки, вносять структуруючі добавки, які сприяють покращенню умов перебігу процесу сушіння, покращують якість, функціональні та смакові властивості висушеного продукту. Для підбору найбільш ефективної добавки, яка могла б знизити в'язкість суспензії, не погіршуючи при цьому інші функціональні властивості суспензії, нами досліджено вплив деяких речовин на в'язкість грибної суспензії: хлористий натрій, мальто- та  $\beta$ -циклодекстрин.

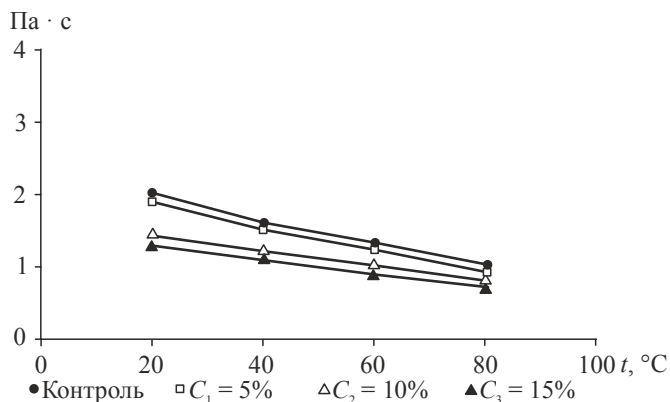
Залежність в'язкості зразків грибної суспензії з масовою концентрацією хлористого натрію (NaCl):  $C_1 = 0,6\%$ ,  $C_2 = 3,6\%$  (від загальної маси зразка) та контролю (умови приготування як і в попередніх дослідах) від температури наведено на рис. 3.



**Рис. 3. Залежність динамічної в'язкості грибної суспензії при різних масових частках хлористого натрію від температури**

З рис. 3 видно, що при загальному зниженні динамічної в'язкості всіх зразків з ростом температури з 20 до 80° С в 2 рази додавання хлористого натрію до суспензії призводить до підвищення її в'язкості на 15...20% порівняно з контролем у всьому діапазоні температур.

При роботі з грибами шийтаке до суспензії додавали харчову добавку мальтодекстрин з декстрозним еквівалентом (DE) 18, який використовується як стабілізуюча добавка у харчових об'єктах розпилювального сушіння: у спортивному харчуванні та дитячих сумішах [10]. Залежність динамічної в'язкості грибної суспензії з масовою часткою мальтодекстрину  $C = 5...15\%$  від температури наведено на рис. 4.

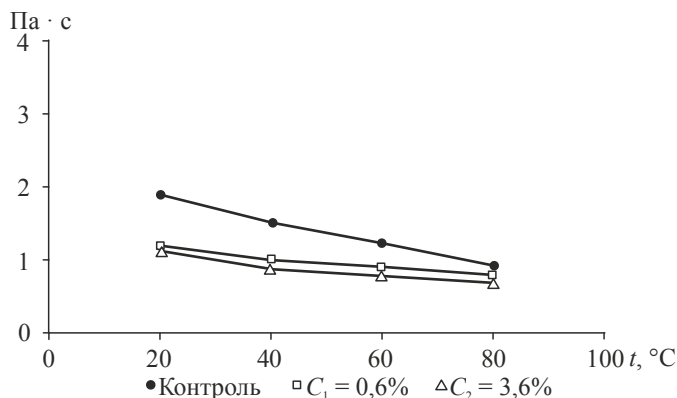


**Рис. 4.** Залежність динамічної в'язкості грибною суспензії при масових частках мальтодекстрину від температури

Як видно з рис. 4, більш істотне зниження в'язкості грибною суспензії (від 25...30%) з внесенням мальтодекстрину у кількості  $\geq 10\%$  відбувається вже при температурі  $20^\circ\text{C}$ , що є важливим технологічним фактором для подачі продукту на розпилювальну сушарку.

$\beta$ -циклодекстрини давно зарекомендували себе як ефективний інструмент для створення препаратів з покращеними властивостями. Це циклічний олігомер із 7 залишків глюкози, отриманий ферментативним шляхом із крохмалю. На зовнішній стороні кільця розташовані гідрофільні групи, а в центрі кільця — відносно неполярна порожнина-кларат, де можуть розміщуватись невеликі молекули. Завдяки своїй структурі вони здатні до молекулярної інкапсуляції речовин, допомагають підвищити розчинність, біодоступність і стабільність матеріалів, маскують небажаний смак і запах, завдяки чому широко використовується у фармацевтиці та косметичній промисловості [11].

На рис. 5 наведено залежність динамічної в'язкості зразків грибною суспензії з внесенням  $\beta$ -циклодекстрину —  $C_1 = 2,5\%$  та  $C_2 = 5\%$  в температурному діапазоні  $20...80^\circ\text{C}$ .



**Рис. 5.** Залежність динамічної в'язкості водної грибною суспензії при різних масових частках  $\beta$ -циклодекстрину від температури

В'язкість зразків водної грибної суспензії із ростом в ній масової частки  $\beta$ -циклодекстрину до 5% і температури до 80° С зменшується порівняно з контролем в 1,6 раза і досягає необхідних значень — 0,6...0,8 Па · с. Подальше збільшення масової частки  $\beta$ -циклодекстрину в грибній суспензії не призводить до суттєвого розрідження суспензії і є недоцільним.

### **Висновки**

Встановлено, що необхідні для подачі в розпилюючу сушарку реологічні показники грибної суспензії, які знаходяться в межах 0,6...0,8 Па · с, досягаються при гідромодулі приготування суспензії — 1,5 та нагріванні її до температури 80° С. Введення декстриновмісних добавок дає змогу знизити в'язкість грибної суспензії на 25...35% у всьому діапазоні температур.

### **Література**

1. Гриби [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [http://ikc.belapk.ru/assets/files/issledovaniya/griby\\_2015.pdf](http://ikc.belapk.ru/assets/files/issledovaniya/griby_2015.pdf).
2. Сімахіна Г.О. Виробництво сухого грибного напівфабрикату для збагачення харчових раціонів / Г.О. Сімахіна, І.Ю. Гойко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2015. — Т. 21, № 2. — С. 190—196.
3. «Наука и жизнь». Японский гриб шиитаке [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.nkj.ru/archive/articles/2832>.
4. Технологии грибоводства [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://wer23sd.narod.ru/inf.html>.
5. Richard Sullivan Medicinal Mushrooms: Their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments. — 2002. — 256 p.
6. Brauer D. Potential for manipulating the polysaccharide content of shiitake mushrooms / D. Brauer, T.E. Kimmons, M. Phillips // Applied microbiology and Biotechnology. — 2010. — P. 1136—1142. — ISSN 0175-7598.
7. Fungi applications and menegment strategies / Editors S.K. Deshmukh, J.K. Misra, J.P. Tewari, Tamas Papp International Standart Book Number-13: 978-1-4987-2492-0. — 472 p.
8. Долинский А.А. Принципы разработки новых энергосберегающих технологий и оборудования на основе метода дискретно-импульсного ввода энергии / А.А. Долинский, Г.К. Иваницкий // Промышленная теплотехника. — 1997. — Т. 19. — № 4—5. — С. 13—15.
9. Промттов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика. Москва :Машиностроение, 2001. — 260 с.
10. Литвяк В.В. Получение и исследование мальтодекстринов / В.В. Литвяк // Пищевая промышленность: наука и технологии — 2014. — № 4(26) — С. 15—27.
11. Elham Blouet Нативные и модифицированные циклодекстрины KLEPTOSE: многофункциональные вспомогательные вещества для молекулярной инкапсуляции // Спеціальний випуск «Інгредієнти для фармації». «Фармацевтическая отрасль». — 2015. — № 5(52). — С. 52—56.