

# ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CÔNG SUẤT SÓNG SIÊU ÂM ĐẾN HÀM LƯỢNG PROTEIN CỦA NẤM MỐI BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY BƠM NHIỆT KẾT HỢP SÓNG SIÊU ÂM

EVALUATING THE EFFECT OF ULTRASONIC WAVE POWER ON PROTEIN CONTENT OF TERMITOMYCES ALBUMINOSUS BY USING DRYING METHOD OF HEAT PUMP COMBINED WITH ULTRASONIC WAVES

Nguyễn Ngọc Vinh<sup>1</sup>, Lê Minh Nhật<sup>2</sup>,  
Lê Đình Trung<sup>1</sup>, Lê Quang Huy<sup>1,\*</sup>

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.272>

## TÓM TẮT

Nấm mối (*xerula radicata*) là nguồn thực phẩm có giá trị dinh dưỡng cao. Quả thể của loài nấm này có chứa hàm lượng lớn carbohydrate, protein, chất xơ, vitamin và các khoáng chất có lợi như natri, kali, canxi, magie. Trong đó protein chiếm tỷ trọng cao nhất, đây thành phần dưỡng chất quan trọng mà cơ thể con người cần bổ sung hằng ngày, giúp duy trì sự sống và tăng cường sức khỏe. Trong bài báo này sẽ đánh giá ảnh hưởng của công suất phát sóng siêu âm đến hàm lượng protein của nấm mối sau sấy bằng phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng hàm lượng protein của nấm mối được giữ lại nhiều nhất từ 24,4% ÷ 25,3% tương ứng với vùng công suất sóng siêu âm từ 100 ÷ 150W. Bên cạnh đó, sự ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến thời gian sấy, chi phí điện năng riêng và sự giảm ẩm của vật liệu sấy cũng được đánh giá. Cụ thể, khi sấy ở chế độ bơm nhiệt truyền thống thì thời gian sấy là 8,5 giờ. Tuy nhiên khi sấy có sử dụng bộ phát sóng siêu âm với dải công suất từ 50 ÷ 175W thì thời gian sấy mỗi mẻ sấy giảm đáng kể tương ứng từ 6,8 giờ xuống 5,3 giờ, giúp tiết kiệm được 13,4% ÷ 22,9% chi phí sấy tương ứng.

**Từ khóa:** Bơm nhiệt, chi phí điện năng, nấm mối, protein, sóng siêu âm, thời gian sấy.

## ABSTRACT

Termitomyces albuminosus (*xerula radicata*) is a highly nutritious food source. Its fruiting body contains a high level of carbohydrates, proteins, fiber, vitamins, and beneficial minerals such as sodium, potassium, calcium, and magnesium. Among these nutrients, proteins comprise the highest proportion, which is essential for human health and vitality. This paper evaluates the effect of ultrasonic wave power on protein content of Termitomyces albuminosus by using drying method of heat pump combined with ultrasonic waves. The experimental results showed that protein content in Termitomyces albuminosus retains the highest value from 24.4% ÷ 25.3% corresponding to ultrasonic wave power from 100 ÷ 150W. In addition, the effect of ultrasonic wave power on the drying time, energy consumption, and moisture content were also evaluated. Specifically, when drying in traditional heat pump mode, the drying time is 8.5 hours. However, when ultrasound - assisted drying with power range 50 ÷ 175W, the drying time for each batch is significantly reduced from 6.8 hours to 5.3 hours, respectively, saving 13.4% ÷ 22.9% of drying costs.

**Keywords:** Heat pump, energy consumption, *xerula radicata*, protein, ultrasound, drying time.

<sup>1</sup>Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng

<sup>2</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

\*Email: lequanghuy@caothang.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/5/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 24/6/2024

Ngày chấp nhận đăng: 27/8/2024

## 1. GIỚI THIỆU

Nấm mối (*Xerula radicata*) được biết đến là nguồn thực phẩm có giá trị dinh dưỡng cao. Quả thể của loài nấm này có chứa một hàm lượng lớn protein, carbohydrate, chất xơ và vi chất dinh dưỡng (vitamin, các acid amin và khoáng chất) [1]. Nấm mối cũng chứa một số hoạt chất có hoạt tính sinh học như proteoglycan, phenolic, saponin, melanin, terpen và lectin. Với hàm lượng dưỡng chất dồi dào và phong phú như trên thì nấm mối có thể hoàn toàn đáp ứng được nhu cầu dinh dưỡng cho con người đặc biệt với những người sử dụng thực phẩm thuần chay.

Hiện nay, nấm mối là loại cây nông nghiệp đang được quan tâm và được nhiều địa phương khuyến khích nuôi trồng, phát triển mạnh mẽ ở Việt Nam. Sản lượng nấm mối thu hoạch mỗi năm là vô cùng lớn. Tuy nhiên, thời hạn sử dụng của nấm tươi khi được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4°C là khá ngắn. Do đó, nguyên liệu này gây tổn nhiều năng lượng để bảo quản cũng như khó khăn trong các khâu vận chuyển, phân phối đến tay người tiêu dùng. Vì vậy, để giữ được giá trị chất lượng của nấm với một chi phí phù hợp thì cần có công nghệ chế biến mới.

Sóng siêu âm là một dạng sóng cơ học có tần số từ 20kHz đến 100MHz. Hiện nay, sóng siêu âm không chỉ là một công nghệ quan trọng trong lĩnh vực y học và sinh học mà còn được ứng dụng nhiều trong ngành công nghiệp thực phẩm vì chi phí thấp, dễ sử dụng và không cần hóa chất hoặc chất phụ gia để vận hành. Siêu âm có thể hỗ trợ đông lạnh và rã đông thực phẩm để giảm thiệt hại cho chất dinh dưỡng và cải thiện chất lượng sản phẩm [2]. Siêu âm cũng có thể kết hợp với kỹ thuật sấy đối lưu, bơm nhiệt, chân không. Mặc dù đã có nhiều công trình nghiên cứu đánh giá sự tác động của sóng siêu âm đến hiệu quả quá trình sấy với các loại sản phẩm khác nhau như: cà rốt [3], đu đủ [4], nấm linh chi [5], sâm bố chính [6]. Các tác giả đều có nhận định chung rằng sấy có sự tham gia của sóng siêu âm làm tăng tốc độ sấy khô và cải thiện được chất lượng của các sản phẩm trên. Tuy nhiên, vẫn chưa có các nghiên cứu ảnh hưởng của sóng siêu âm đến sấy nấm mối. Vì vậy, bài báo này nghiên cứu, đánh giá sự ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến hàm lượng protein của nấm mối bằng phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm. Bên cạnh đó, thời gian sấy và chi phí năng lượng khi sấy nấm mối cũng được phân tích đánh giá.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu sấy

Vật liệu sấy là nấm mối tươi được trồng tại thành phố Bảo Lộc, tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam. Sau khi thu hoạch, nấm sẽ được sơ chế, làm sạch và được bảo quản trong tủ

mát ở điều kiện nhiệt độ  $4 \pm 0,5^\circ\text{C}$  và được thái lát với độ dày  $\delta = 4\text{mm}$ .

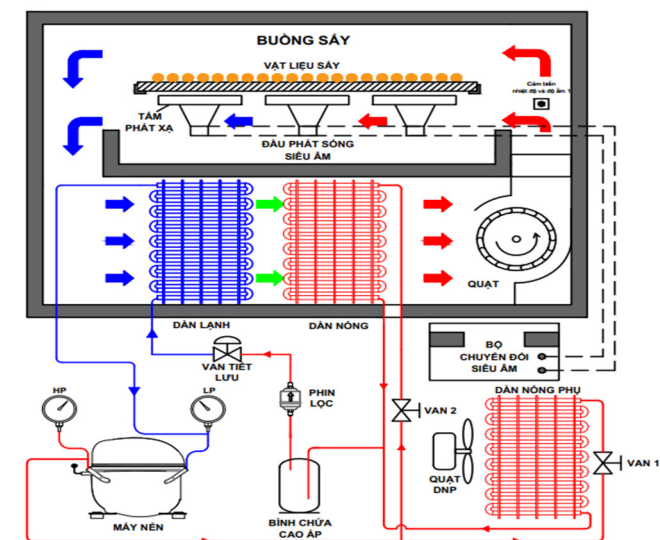
Kết quả xác định ẩm độ ban đầu của nấm tươi:  $\omega_0 = 85,2\%$  kga/kg VLA ( $\omega_{k0} = 5,76\text{kga/kg}$  VLK). Ẩm độ nấm sau khi sấy cần đạt  $\omega_2 = 12\%$  kga/kg VLA ( $\omega_{k2} = 0,14\text{kga/kg}$  VLK), theo tiêu chuẩn bảo quản nấm ăn ở Việt Nam [7].

### 2.2. Thiết bị thí nghiệm và dụng cụ đo

Mô hình máy sấy bơm nhiệt có sự hỗ trợ của sóng siêu âm sử dụng trong nghiên cứu này được thiết kế để sấy nấm mối với năng suất  $Q = 1,0\text{kg/m}^2\text{h}$ , sơ đồ nguyên lý và cấu tạo như hình 1 và được lắp đặt tại công ty TNHH Cơ Điện Lạnh Thanh Quang, địa chỉ: 114/93A Tô Ngọc Vân, P.15, Q. Gò Vấp, TP. Hồ Chí Minh. Cấu tạo của mô hình sấy bao gồm bốn thành phần chính là bơm nhiệt, buồng sấy đối lưu tuần hoàn, bộ phát sóng siêu âm và điều khiển. Mô hình máy sấy có kích thước  $500 \times 400 \times 550\text{mm}$ , buồng sấy có kích thước chiều dài, rộng và cao lần lượt là  $500 \times 200 \times 400\text{mm}$ , máy nén có công suất động cơ là 0,5kW, bộ phát sóng siêu âm (Model: KMD-M4, xuất xứ Trung Quốc) công suất 180 W, được đặt cách khay sấy 10mm, có thể điều chỉnh công suất từ  $0 \div 100\%$ . Chi tiết các thông số kỹ thuật của của hệ thống sấy này thể hiện như bảng 1. Trong bài báo này, khối lượng của vật liệu sấy được đo bằng cảm biến loadcell (hãng CAS, model: BCL-20L, giới hạn đo 10kg, với sai số tuyến tính  $\pm 0,03\%$ kgf) và được gắn phía dưới khay sấy. Điện năng tiêu thụ của hệ thống được đo bằng đồng hồ điện năng (Model: PZEM-061). Vận tốc tác nhân sấy được đo bởi đồng hồ đo tốc độ gió Lutron AM-4203 và có độ chính xác:  $\pm (2\% + 1\text{d})$ . Ẩm độ và nhiệt độ tác nhân sấy được đo bằng thiết bị Conotec Fox-300<sup>a</sup> với thang đo  $-55,0 \sim 99,9^\circ\text{C}$ , với độ chính xác nhiệt độ  $\pm 1\%$  và thang đo ẩm độ 10% - 100%, độ chính xác RH là  $\pm 3\%$ . Ẩm độ ban đầu của nấm mối được đo bằng cân sấy ẩm hồng ngoại thương hiệu Kett (Model: FD-720), thang đo 0,5 - 120g, sai số  $\pm 0,02 \div 0,05\%$ .

Nguyên lý hoạt động của hệ thống sấy này được mô tả như sau: Dòng tác nhân sấy là không khí ẩm đầu tiên được quạt thổi qua dàn lạnh, tại đây tác nhân sấy được làm lạnh tách ẩm. Sau đó, tác nhân sấy đi vào dàn nóng và được gia nhiệt đẳng dung ẩm đến nhiệt độ sấy yêu cầu và được đưa vào buồng sấy. Trong buồng sấy tác nhân sấy sẽ kết hợp với sóng siêu âm do bộ phát sóng phát ra, ẩm trong vật liệu dưới tác động của sóng siêu âm sẽ dịch chuyển từ tâm ra bề mặt và sau đó từ bề mặt khuếch tán vào tác nhân sấy có độ ẩm tương đối thấp do sự chênh lệch phân áp suất hơi nước giữa vật liệu và tác nhân sấy. Sự kết hợp này sẽ làm nước trong vật liệu sấy khuếch tán

ra bề mặt và môi trường nhanh hơn, đồng đều trên toàn bộ vật liệu sấy. Lượng ẩm thoát ra sẽ được tác nhân sấy mang đi và thải ra ở dàn lạnh, quá trình cứ thế tiếp tục đến khi ẩm độ trong vật liệu sấy đạt yêu cầu.



Hình 1. Hệ thống sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm

1- Tủ điện điều khiển và giám sát; 2- Buồng sấy; 3- Van tiết lưu; 4- Dàn lạnh; 5- Dàn nóng; 6- Bộ phát sóng siêu âm; 7- Máy nén; 8- Dàn nóng phụ

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của máy sấy

STT	Nội dung	Thông số
1	Năng suất Q (kg/m <sup>2</sup> )	1,0
2	Kích thước máy sấy: D × R × C (mm)	500×400×550
3	Kích thước buồng sấy: D × R × C (mm)	500×200×400
4	Kích thước khay sấy: D × R × C (mm)	220×110×10
5	Công suất động cơ máy nén N (kW)	0,5
6	Công suất động cơ quạt (kW)	0,12
7	Công suất bộ phát sóng siêu âm (kW)	0,18

8	Nhiệt độ TNS (°C)	35 ÷ 60
9	Tốc độ TNS (m/s)	0,5 ÷ 3,0
10	Điện áp (VAC)	1 Pha/220

### 2.3. Nội dung nghiên cứu

Nhằm đánh giá ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến thời gian sấy, chi phí điện năng riêng và đặc biệt là hàm lượng protein của nấm sau quá trình sấy. Tác giả tiến hành thực hiện các mẻ sấy bằng phương pháp bơm nhiệt có hỗ trợ sóng siêu âm ở tần số 28kHz với dải công suất phát sóng được điều chỉnh lần lượt là 0W, 50W, 75W, 100W, 125W, 150W và 175W. Trong suốt quá trình sấy, nấm mỗi được sấy ở nhiệt độ tác nhân sấy (TNS) là 50°C, vận tốc TNS là 0,5m/s, công suất nấm mỗi cho mỗi mẻ sấy là 1,0kg/m<sup>2</sup>, độ ẩm ban đầu của nấm mỗi là ω<sub>k0</sub> = 5,76kg/kg VLK, ω<sub>k2</sub> = 0,14kg/kg VLK.

Quy trình thí nghiệm được thực hiện như sau: Bước 1: Sơ chế nấm, lau bụi bằng khăn khô, cắt nấm thành lát có độ dày khoảng 4 mm và trải đều lên khay. Bước 2: Đặt khay sấy vào buồng sấy và kiểm tra máy sấy trước khi vận hành (độ cách điện, điện áp nguồn,...). Bước 3: Cài đặt thông số vận hành máy sấy như nhiệt độ TNS, vận tốc TNS, công suất siêu âm. Bước 4: Vận hành đo đạc các thông số của máy và vật liệu sấy. Bước 5: Hút chân không, đóng gói sản phẩm sau khi sấy. Nấm mỗi sau khi sấy được lấy mẫu đóng gói và gửi đến Trung tâm kiểm nghiệm và tư vấn UDKH AVATEK phân tích hàm lượng protein.

### 2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu thực nghiệm trong bài báo này sẽ được xác định theo công thức sau:

+ Độ ẩm của nấm mỗi tại từng thời điểm quá trình sấy được xác định theo công thức (1):

$$\omega_{kt} = \frac{m_2 - m_0(1 - \omega_0)}{m_0(1 - \omega_0)} \quad (1)$$

Trong đó:

ω<sub>0</sub>: Ẩm độ ban đầu của nấm mỗi (% , kg/kg VLA).

ω<sub>kt</sub>: Ẩm độ nấm mỗi theo thời gian t (kg/kg VLK).

m<sub>0</sub>: Khối lượng ban đầu của nấm mỗi (g).

m<sub>2</sub>: Khối lượng nấm mỗi theo thời gian sấy τ (g).

+ Chi phí điện năng riêng của quá trình sấy được xác định theo công thức (2):

$$Ar = \frac{P \cdot \tau}{G}, \text{ kWh/kg} \quad (2)$$

Trong đó:

P là công suất tiêu thụ trong quá trình sấy (kW);

G là khối lượng của nấm mỗi trong một mẻ sấy (kg);

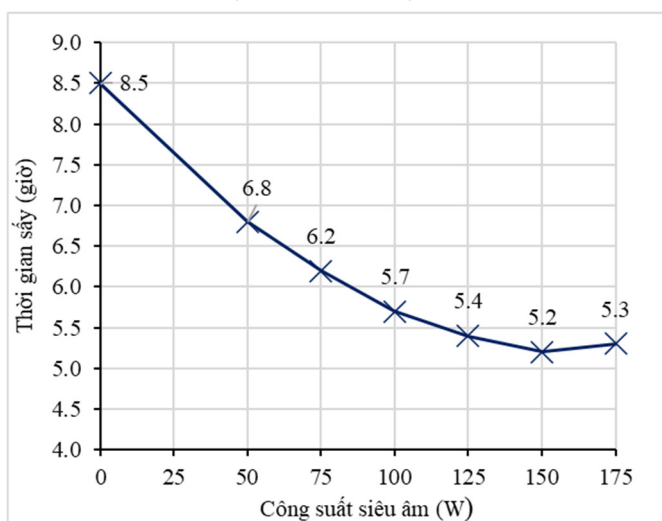
$\tau$  là thời gian vật liệu sấy đạt độ ẩm yêu cầu (giờ) và được xác định bằng đồng hồ đo.

+ Phần trăm hàm lượng Protein (% tính theo vật chất khô): được xác định với phương pháp AVA-KN-PP,HL/01 tại Trung tâm kiểm nghiệm và tư vấn UDKH AVATEK.

### 3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

#### 3.1. Ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến thời gian sấy

Hình 2 cho thấy ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến thời gian sấy khô nấm mỗi đến độ ẩm yêu cầu. Ban đầu, khi sấy ở chế độ sấy bơm nhiệt đơn thuần (không có sự tham gia của sóng siêu âm) thì thời gian sấy một mẻ sấy là 8,5 giờ. Khi tăng công suất phát sóng siêu âm từ 50 ÷ 175W thì thời gian sấy mỗi mẻ sấy giảm đáng kể từ 6,8 giờ xuống 5,3 giờ. Kết quả thực nghiệm đã cho thấy khi sấy có sự hỗ trợ của sóng siêu âm thì thời sấy đã giảm xuống nhanh chóng từ 1,7 giờ ÷ 3,2 giờ. Điều này có thể giải thích vì siêu âm làm cho môi trường xung quanh rung động và sau đó năng lượng siêu âm được truyền đến vật liệu lân cận. Tác động của siêu âm trong môi trường có thể được chia thành các hiệu ứng nhiệt, xâm thực và cơ học [8]. Vậy nên, công suất siêu âm tăng lên đồng nghĩa với việc các dao động, các hiệu ứng được thực hiện phù hợp từ đó phá vỡ lớp biên bề mặt của cấu trúc tế bào sau đó lan truyền trong lòng vật liệu, giảm sự liên kết giữa ẩm và chất khô, tạo ra các vi mao dẫn, tăng khả năng khuếch tán ẩm ra ngoài môi trường.

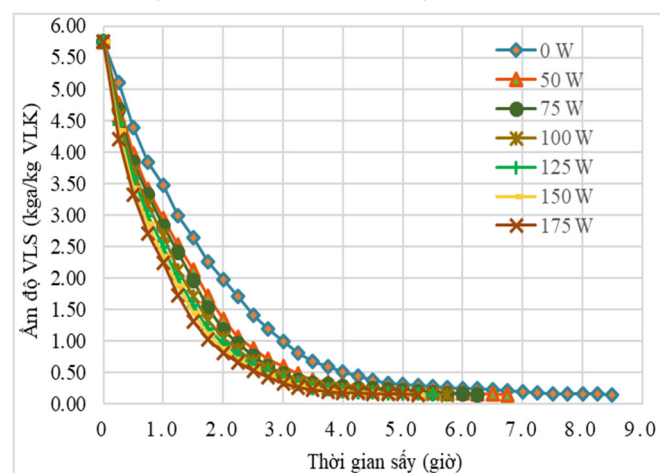


Hình 2. Ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến thời gian sấy

Với sự thay đổi công suất sóng siêu âm từ 50 ÷ 100W thì thời gian sấy đã được rút ngắn từ 6,8 giờ xuống 5,7 giờ, giảm 16,1%. Ở mức công suất từ 125 ÷ 150W thời gian sấy rút ngắn từ 5,4 giờ xuống 5,2 giờ, giảm 3,7%. Nhưng với

mức công suất 175W thời gian sấy tăng từ 5,2 giờ lên 5,3 giờ, tăng 1,9%. Bởi vì khi tiếp tục tăng công suất sóng siêu âm các hiệu ứng hỗ trợ quá trình sấy đã không còn phù hợp dẫn đến tốc độ giảm ẩm trong vật liệu sẽ giảm và thời gian sấy sẽ có xu hướng tăng.

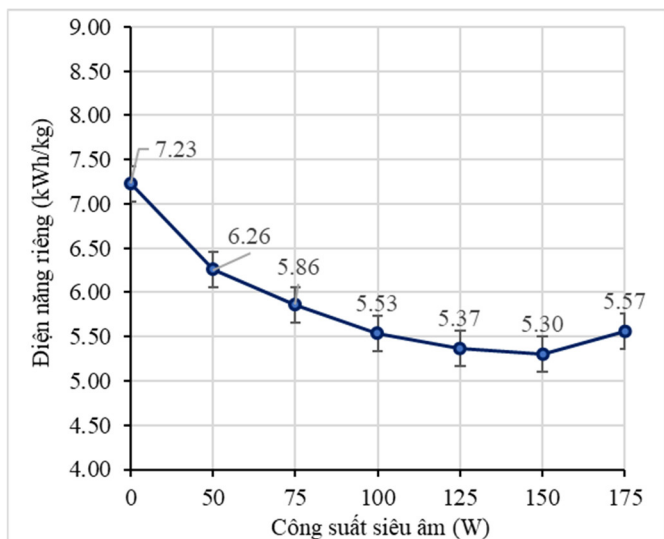
Hình 3 cho thấy sự ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến độ giảm ẩm của nấm mỗi khi sấy. Quá trình sấy thường được chia làm ba quá trình: quá trình làm nóng vật, quá trình tốc độ sấy không đổi, quá trình tốc độ sấy giảm dần. Từ kết quả thực nghiệm hình 4 cho thấy, sóng siêu âm có tác động hiệu quả nhất ở giai đoạn làm nóng vật và giai đoạn tốc độ sấy không đổi, khi sấy ở chế độ bơm nhiệt đơn thuần thời gian giảm ẩm từ 5,76kg/kg VLK xuống 0,2kg/kg VLK là 6,8 giờ. Nhưng với cùng độ giảm ẩm đó khi sấy có sự hỗ trợ của sóng siêu âm ở dải công suất từ 50 ÷ 175W thì thời gian giảm ẩm là từ 5,3 ÷ 3,8 giờ. Ở giai đoạn tốc độ sấy giảm dần, thời gian giảm ẩm từ 0,2kg/kg VLK đến khi đạt độ ẩm yêu cầu ở hai chế độ sấy không có sự chênh lệch đáng kể.



Hình 3. Đồ thị đường cong sấy ở các mức công suất khác nhau

#### 3.2. Ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến chi phí điện năng riêng

Chi phí điện năng riêng là một trong các tiêu chí kinh tế quan trọng của công nghệ sấy. Hình 4 cho thấy sự tác động của công suất sóng siêu âm đến chi phí năng lượng khi sấy nấm mỗi. Từ kết quả thực nghiệm hình 4 cho thấy, ở dải công suất 0 ÷ 125W chi phí điện năng riêng giảm đáng kể từ 7,23kWh/kg xuống 5,37kWh/kg. Điều này có thể được giải thích như sau, chi phí năng lượng của hệ thống sấy chủ yếu là từ bơm nhiệt, ban đầu khi sấy bơm nhiệt truyền thống, thời gian sấy kéo dài, chi phí điện năng riêng sẽ lớn. Nhưng khi có sóng siêu âm hỗ trợ quá trình sấy thời gian sấy giảm, kèm với mức tiêu hao điện năng tăng lên không đáng kể. Do đó tiết kiệm được 25,7% chi phí sấy.



Hình 4. Ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến chi phí điện năng riêng

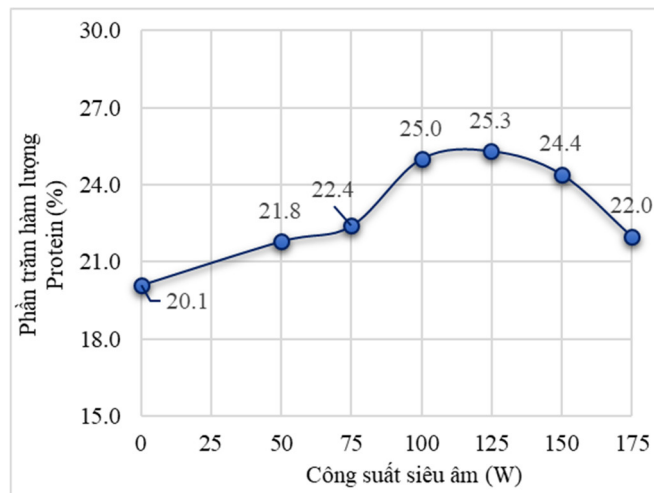
Tuy nhiên khi tiếp tăng công suất siêu âm từ 125W lên đến 150W chi phí điện năng riêng giảm nhưng không nhiều từ 5,37kWh/kg xuống 5,30 kWh/kg, giảm 1,3%. Ở mức công suất 175W chi phí điện năng riêng có xu hướng tiếp tục tăng lên 5,57kWh/kg. Từ kết quả trên có thể dự đoán rằng, nếu tiếp tục tăng công suất sóng siêu âm thì chi phí điện năng riêng sẽ tăng, gây lãng phí năng lượng trong quá trình sấy. Nguyên nhân là do khi công suất siêu âm tiếp tục tăng mức tiêu thụ năng lượng của bộ phát sóng ngày càng cao trong khi đó hiệu quả hỗ trợ quá trình sấy trong giai đoạn này ngày càng giảm, dẫn đến chi phí điện năng riêng sẽ có xu hướng tăng.

### 3.3. Ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến hàm lượng protein của vật liệu sấy

Như đã đề cập ở trên, nấm mối là nguồn thực phẩm giàu thành phần dinh dưỡng, đặc biệt hàm lượng protein chiếm tỉ lệ cao nhất. Để đánh giá hàm lượng protein còn lại ở các chế độ sấy khác nhau, nấm mối sau mỗi mẻ sấy sẽ được lấy mẫu và gửi phân tích hàm lượng protein bởi Trung tâm kiểm nghiệm và tư vấn UDKH AVATEK.

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc ứng dụng sóng siêu âm hỗ trợ quá trình sấy có khả năng giữ lại được thành phần dinh dưỡng tốt hơn khi so với các phương pháp sấy đơn thuần [9]. Kết quả sự ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến hàm lượng Protein của nấm mối khi sấy được thể hiện ở hình 5, qua kết quả trên ta thấy rằng ở mức công suất 100 ÷ 150W hàm lượng protein được giữ lại nhiều nhất từ 24,4% ÷ 25,3%. Tuy nhiên, khi công suất siêu âm tiếp tục tăng lên 175W hàm protein được giữ lại trong nấm có xu hướng giảm. Do ở dải công suất thấp từ 100 ÷ 150W năng lượng sóng siêu âm chưa đủ để phá cấu trúc lớp biên bề mặt của cấu trúc tế bào mà chỉ co dẫn

liên tục tạo ra các vi kênh, giảm sự liên kết giữa các phân tử giúp tăng cường tốc độ sấy nhưng không ảnh hưởng đến hàm lượng dinh dưỡng của sản phẩm, cụ thể ở đây là hàm lượng protein.



Hình 5. Ảnh hưởng công suất sóng siêu âm đến phần trăm hàm lượng protein

## 4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày nghiên cứu thực nghiệm đánh giá sự ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến hàm lượng protein của nấm mối sau sấy bằng phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm. Khi sấy nấm mối ở nhiệt độ và vận tốc không đổi lần lượt là 50°C và 0,5m/s, công suất sóng siêu âm được điều chỉnh ở các mức giá trị lần lượt là 0 đến 175W. Kết quả cho thấy rằng:

- Khi sấy ở chế độ bơm nhiệt truyền thống thì thời gian sấy là 8,5 giờ. Tuy nhiên khi sấy có sử dụng bộ phát sóng siêu âm từ 50 ÷ 175W thì thời gian sấy mỗi mẻ sấy giảm đáng kể tương ứng từ 6,8 giờ xuống 5,3 giờ. Bên cạnh đó, độ ẩm của nấm mối cũng giảm nhanh chóng trong khoảng thời gian 04 giờ đầu của mẻ sấy và sau đó giảm chậm dần.

- Ở dải công suất sóng siêu âm từ 0 ÷ 125W thì chi phí điện năng riêng giảm đáng kể từ 7,23kWh/kg xuống 5,30kWh/kg. Do đó có thể tiết kiệm được 25,7% chi phí sấy so với sấy bơm nhiệt truyền thống.

- Hàm lượng protein của nấm mối sau khi sấy được giữ lại nhiều nhất từ 24,4% ÷ 25,3% ứng với mức công suất sóng siêu âm từ 100 ÷ 150W.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. S. Paloi, et al., "Termite Mushrooms (Termitomyces), a Potential Source of Nutrients and Bioactive Compounds Exhibiting Human Health Benefits: A Review," *J. Fungi*, 9, 1, 2023.

[2]. Justyna Szadzińska, Dominik Mierzwa, Grzegorz Musielak, "Ultrasound-assisted convective drying of white mushrooms (*Agaricus bisporus*)," *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 172, 2022.

[3]. Yiting Guo, Bengang Wu, Xiuyu Guo, Fangfang Ding, Zhongli Pan, Haile Ma, "Effects of power ultrasound enhancement on infrared drying of carrot slices: Moisture migration and quality characterizations," *LWT-Food Science and Technology*, 126, 2020.

[4]. Vieira da Silva, E. Júnior, L. Lins de Melo, R. A. Batista de Medeiros, Z. M. Pimenta Barros, P. M. Azoubel, "Influence of ultrasound and vacuum assisted drying on papaya quality parameters," *LWT - Food Science and Technology*, 97, 317-322, 2018.

[5]. Luong Thi Thu Huyen, Le Quang Huy, Tran Thi Ngoc Diep, Nguyen The Bao, "Experimental study to evaluate the effects of ultrasonic waves in a ganoderma mushroom drying device using the heat pump combined with ultrasonic waves," *Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry*, 59, 6C, 11/2023. (In Vietnamese)

[6]. Le Quang Huy, Nguyen Hay, Nguyen Huu Quyen, Ngo Thi Minh Hieu, Le Thanh Dat "Experimental research to evaluate effects of ultrasound power on the quality of dried bo chinh ginseng by heat pump dryer combined ultrasound," *Thermal Energy Review*, 156, 22-27, 2021. (In Vietnamese)

[7]. TCVN 10918:2015 (CODEX STAN 39-1981). Dried mushroom. Directorate for Standards, Metrology, Quality and Appraisal, Ministry of Science and Technology, No. 156, June 2021. (In Vietnamese)

[8]. Mianli Sun, Yongliang Zhuang, Ying Gu, Gaopeng Zhang, Xuejing Fan, Yangyue Ding, "A comprehensive review of the application of ultrasonication in the production and processing of edible mushrooms: Drying, extraction of bioactive compounds, and post-harvest preservation," *Ultrasonics Sonochemistry*, 102, 106763, 2024.

[9]. R. Pandiselvam, Alev Yüksel Aydar, Naciye Kutlu, Raouf Aslam, Prashant Sahni, Swati Mitharwal, Mohsen Gavahian, Manoj Kumar, Antonio Raposo, Sunghoon Yoo, Heesup Han, Anjineyulu Kothakota, "Individual and interactive effect of ultrasound pre-treatment on drying kinetics and biochemical qualities of food: A critical review," *Ultrasonics Sonochemistry*, 92, 2023.

---

#### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Ngoc Vinh<sup>1</sup>, Le Minh Nhut<sup>2</sup>, Le Dinh Trung<sup>1</sup>, Le Quang Huy<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Cao Thang Technical College, Vietnam

<sup>2</sup>Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam