

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CÔNG SUẤT SÓNG SIÊU ÂM TRONG THIẾT BỊ SẤY SÂM BỐ CHÍNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP BƠM NHIỆT KẾT HỢP SÓNG SIÊU ÂM

Lê Quang Huy^{**}, Nguyễn Hay^{*}, Nguyễn Hữu Quyền^{**}, Ngô Thị Minh Hiếu^{**}, Lê Thanh Đạt^{**}.

^{*} Đại Học Nông Lâm TP. HCM, ^{**} Cao Đẳng Kỹ Thuật Cao Thắng
E-mail: lequanghuy@caothang.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/06/2021

Ngày nhận bài được sửa theo ý kiến phản biện: 22/06/2021

Ngày bài được duyệt đăng: 29/06/2021

Tóm tắt: Sâm Bố Chính (*Abelmoschus sagittifolius*) là một dược liệu quý, có giá trị cao, thành phần hóa học chính là saponin triterpen, coumarin, chất nhầy, acid béo, đường khử, polyphenol, các nguyên tố vi lượng. Thành phần saponin, được hiểu như là hoạt chất chính tạo nên những giá trị của nhân sâm, do đó người ta còn gọi sâm Bố Chính là nhân sâm của người nghèo vì có công dụng gần giống nhân sâm lại rẻ tiền hơn. Trên thiết bị sấy bằng phương pháp bơm nhiệt kết hợp với sóng siêu âm. Chúng tôi sẽ trình bày phương pháp thực nghiệm và kết quả nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng công suất sóng siêu âm đến thời gian sấy, chi phí điện năng cũng như tổn thất saponin của sâm bố chính

Từ khóa: bơm nhiệt, chi phí điện năng, saponin, sâm bố chính, sóng siêu âm, thời gian sấy.

KÝ HIỆU:

TNS – tác nhân sấy

VLS – Vật liệu sấy

Ar – chi phí điện năng riêng, kWh/kg

m – khối lượng sâm, kg

m_k – khối lượng chất khô có trong sâm, kg

P – công suất sóng siêu âm, W

%Sp – phần trăm hàm lượng saponin, %

Sp – hàm lượng saponin, g/100g chất khô

t – nhiệt độ tác nhân sấy, °C

v – vận tốc tác nhân sấy, m/s

τ - thời gian sấy, h

ω – độ ẩm tương đối của sâm, %, kg/kgVLA

ω_k – độ ẩm tuyệt đối của sâm, kg/kgVLK

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sấy là quá trình tách ẩm ra khỏi vật liệu không chỉ để làm khô mà đòi hỏi vật liệu sau quá trình sấy phải đảm bảo chất lượng theo một tiêu chuẩn nào đó với chi phí sấy là phù hợp.

Sâm Bố Chính (*Abelmoschus sagittifolius*) là một dược liệu quý, có giá trị cao, thành phần hóa học chính là saponin triterpen, coumarin, chất nhầy, acid béo, đường khử, polyphenol, các nguyên tố vi lượng. Thành phần saponin, được hiểu như là hoạt chất chính tạo nên những giá trị của nhân sâm. Vì vậy, yêu cầu đặt ra trong quá trình làm khô sâm Bố Chính là phải đảm bảo được hàm lượng saponin, vitamin cũng như màu sắc.

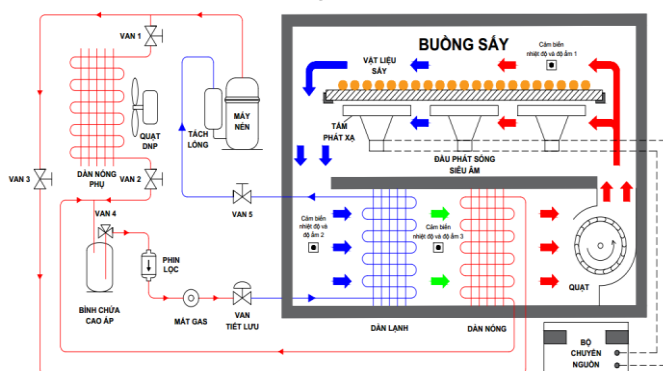
Sóng siêu âm là sóng cơ, có tần số vượt ra khỏi giới hạn nghe của tai người. Sóng siêu âm được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như y học, sinh học, hóa học, công nghiệp thực phẩm, gia công cơ khí, ... góp phần nâng cao năng suất lao động, tăng hiệu quả về kinh tế cho các lĩnh vực tương ứng.

Ngày nay, có rất nhiều công trình nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của sóng siêu âm lên hiệu quả quá trình sấy với các loại vật liệu khác nhau: Cà rốt và vỏ chanh [1], cà chua [2], cà tím [3], hạt dẻ cười [4], táo [5], khoai mì và táo [6], mâm xôi [7], tiêu xanh [8], đậu xanh [9], đậu Hà Lan [10], cà rốt [11],

độ ẩm [12], Đẳng sâm [13]. Các tác giả đều nhận định rằng sóng siêu âm hỗ trợ hiệu quả quá trình sấy, cụ thể: rút ngắn thời gian sấy, giảm năng lượng tiêu thụ mà không làm ảnh hưởng nhiều đến chất lượng cũng như thành phần màu sắc, được tính sản phẩm, đặc biệt ở điều kiện nhiệt độ sấy thấp thì hiệu quả càng rõ rệt.

Kế thừa các công trình nghiên cứu về sấy khi có sự hỗ trợ của sóng siêu âm trong và ngoài nước. Căn cứ vào đặc tính của sâm bố chính, chúng tôi thấy rằng nghiên cứu sấy sâm Bố Chính bằng phương pháp bơm nhiệt kết hợp với sóng siêu âm nhằm đảm bảo chất lượng dược tính và giảm chi phí sấy là phù hợp với thực tế ở Việt Nam hiện nay.

Trên thiết bị sấy này chúng tôi nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến thời gian sấy, chi phí điện năng riêng và phần trăm hàm lượng saponin còn lại.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý thiết bị sấy

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Vật liệu thực nghiệm

❖ Vật liệu:

- + Sâm Bố Chính tươi được trồng tại huyện Đức Huệ, tỉnh Long An bởi công ty Hoàng Ngọc Global.
- + Sâm tươi được rửa sạch, cắt lát với chiều dày 6mm.

2.2 Thiết bị thí nghiệm

❖ Thiết bị sấy :

Thiết bị sử dụng trong nghiên cứu này do chúng tôi thiết kế chế tạo với thông số kỹ thuật được thể hiện ở bảng 1

❖ Dụng cụ đo đạc:

- + Cân sấy ẩm hồng ngoại SH-10A: giới hạn mẫu đo 3- 50g, độ chính xác: ± 0,5%
- + Cân điện tử DS-2002N: giới hạn đo 2000g, với sai số cho phép ±0,01gram.

+ Đồng hồ đo nhiệt độ Hanyoung Nux BR6A: thang đo -50 ÷ 150°C; độ chính xác ±1%;

+ Đồng hồ đo nhiệt độ - độ ẩm hãng Conotec Fox-300A: thang đo -55.0 ~ 99.9 °C, 0 ~ 100% RH, độ chính xác nhiệt độ ±1% và ẩm độ là ±3%.

+ Đồng hồ đo tốc độ gió Lutron AM-4203: Đo tốc độ gió 0,4 ÷ 25 m/s, , độ chính xác: ± 2 %.

+ Đồng hồ đo điện năng (điện áp V, dòng điện A, công suất W và điện năng tiêu thụ Wh). Điện áp đo: 80 ~ 260VAC, dòng đo: 0-20A, tần số: 50/60Hz. Độ chính xác: ±1%.



Hình 2. Thiết bị sấy thực nghiệm

TT	Nội Dung	Thông Số
1	Năng suất (kg/m ²)	1,5
2	Kích thước buồng sấy: D x R x C (mm)	900 x 440 x 400
3	Công suất động cơ máy nén (kW)	0,4
4	Công suất động cơ quạt (kW)	0,29
5	Công suất bộ phát sóng (kW)	0.2
6	Tần số bộ phát sóng siêu âm (kHz)	28
7	Kích thước tấm phát xạ: D x R x C (mm)	260 x 124 x 29
8	Vật liệu làm tấm phát xạ	Inox 304
9	Nhiệt độ tác nhân sấy t (°C)	40 ÷ 55
10	Tốc độ tác nhân sấy v (m/s)	0,5 ÷ 3
11	Điện áp sử dụng:	1 Pha/220V/50 Hz

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của máy sấy



Hình 3. Cân sấy ẩm SH-10A

2.3 Phương pháp đo đạc

Các số liệu thí nghiệm được xác định theo hai phương pháp: số liệu đo đạc trực tiếp và số liệu xác định gián tiếp.

Các số liệu đo đạc trực tiếp bằng các dụng cụ đo gồm nhiệt độ sấy, thời gian sấy, khối lượng và độ dày sâm Bó Chính, công suất sóng siêu âm, điện năng tiêu thụ.

- Hàm lượng saponin (g/100g chất khô): được xác định với phương pháp Saponin/01/2019. (Viện nghiên cứu Công nghệ sinh học và Môi trường, Trường ĐH Nông Lâm TP. HCM).

Phần trăm hàm lượng saponin Sp (%) được tính theo công thức sau:

$$\% Sp = \frac{Sp_2}{Sp_1} \cdot 100 (\%) \quad (1)$$

Trong đó:

Sp_1 : Hàm lượng saponin ban đầu (g/100g chất khô).

Sp_2 : Hàm lượng saponin sau sấy (g/100g chất khô).

- Độ ẩm tương đối của sâm Bó Chính:

Độ ẩm ban đầu của vật liệu được xác định bằng cân sấy ẩm hồng ngoại SH-10A, thực nghiệm 5 lần cân cho 5 mẫu ngẫu nhiên rồi lấy giá trị trung bình, kết quả xác định được độ ẩm của sâm tươi: $\omega_1 \approx 82\%$.

Sau khi biết được độ ẩm ban đầu, ta xác định được khối lượng chất khô có trong vật liệu, khối lượng này xem như không thay đổi trong suốt quá trình sấy, được tính theo công thức :

$$m_k = m_1 \times (1 - \omega_1) = m_1 \times 0.18, (kg) \quad (2)$$

Độ ẩm của vật liệu tại từng thời điểm quá trình sấy được xác định sau khi đã biết khối lượng chất khô theo công thức sau:

$$\omega = \frac{m_2 - m_k}{m_2} \times 100, (\%, kg / kgVLA) \quad (3)$$

Trong đó:

m_1 : khối lượng sâm Bó Chính trước khi sấy, (kg).

m_2 : khối lượng sâm Bó Chính tại thời điểm τ , (kg).

m_k : khối lượng chất khô có trong vật liệu (kg)

2.4 Quy trình thực nghiệm

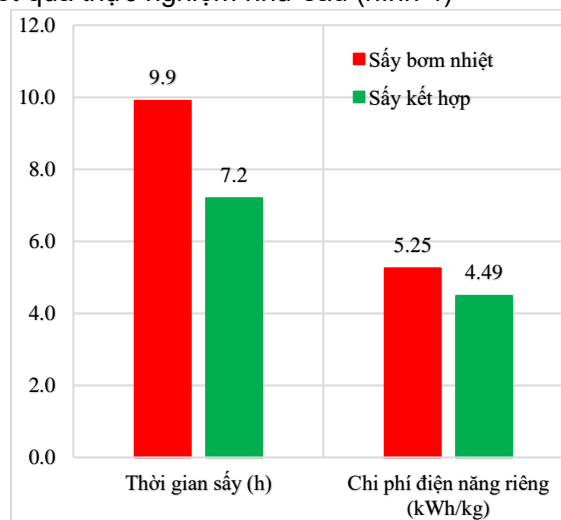
Với mục đích kiểm tra so sánh thời gian sấy thực tế với lý thuyết cũng như kiểm tra so sánh thời gian sấy, chi phí điện năng riêng của phương pháp sấy bơm nhiệt và phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm từ đó đánh giá sơ bộ hiệu quả của phương pháp sấy kết hợp. Chúng tôi tiến hành 2 mẻ sấy là bơm nhiệt và bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm công suất 120W ở cùng nhiệt độ TNS 45°C, vận tốc TNS: 0,5 m/s, công suất 1,5 kg/mê với độ ẩm ban đầu: $\omega_1 = 82\%$ (kg/kgVLA), độ ẩm sau: $\omega_2 = 13\%$ (kg/kgVLA)

Nhằm đánh giá ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến hệ số khuếch tán ẩm, thời gian sấy, chi phí điện năng riêng cũng như phần trăm hàm lượng saponin còn lại, từ đó chọn được dải công suất thích hợp để tiến hành các thực nghiệm xác định chế độ sấy cho thiết bị sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm.

Kế thừa nhiệt độ TNS 45°C, vận tốc TNS 0,5m/s [13], chúng tôi tiến hành sấy 4 mẻ trên bơm nhiệt công suất 690W, với dải công suất sóng siêu âm từ 40 – 160 W.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Qua thực nghiệm trên thiết bị sấy bơm nhiệt và bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm công suất 120W ở cùng nhiệt độ TNS 45°C, vận tốc TNS: 0,5 m/s như đã trình bày ở trên chúng tôi đã ghi nhận được kết quả thực nghiệm như sau (hình 4)



Hình 4. Biểu đồ chế độ sấy bơm nhiệt và bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm

Qua kết quả thực nghiệm, chúng tôi thấy rằng:

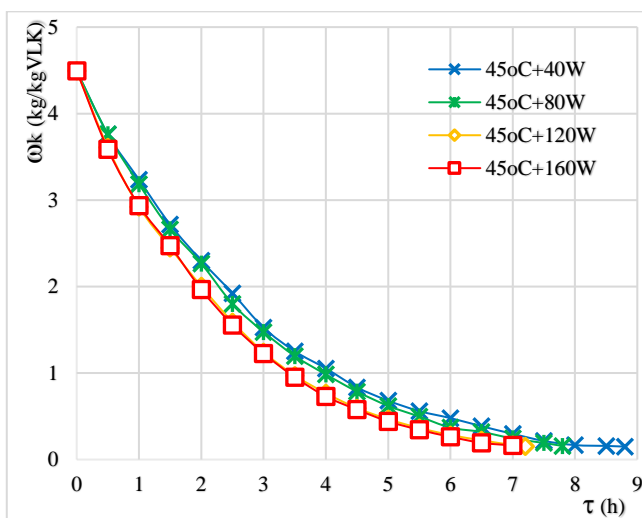
Ở chế độ sấy bơm nhiệt, thời gian sấy là 9,9h, khi sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm công suất 120W, thời gian sấy được rút ngắn còn 7,2h. Ngoài ra sấy kết hợp thì chi phí điện năng riêng cũng giảm so với sấy bơm nhiệt, điều này phù hợp với nhận định sóng siêu âm hỗ trợ quá trình sấy, rút ngắn thời gian sấy cũng như các kết quả nghiên cứu trước đó.

Từ phân tích trên, chúng tôi thấy rằng: sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm giúp rút ngắn thời gian sấy, giảm chi phí điện năng riêng, do đó việc sấy kết hợp là hoàn toàn cần thiết. Tuy nhiên từ kết quả khảo nghiệm chúng tôi chưa thấy được tỷ lệ và vùng kết hợp tối ưu.

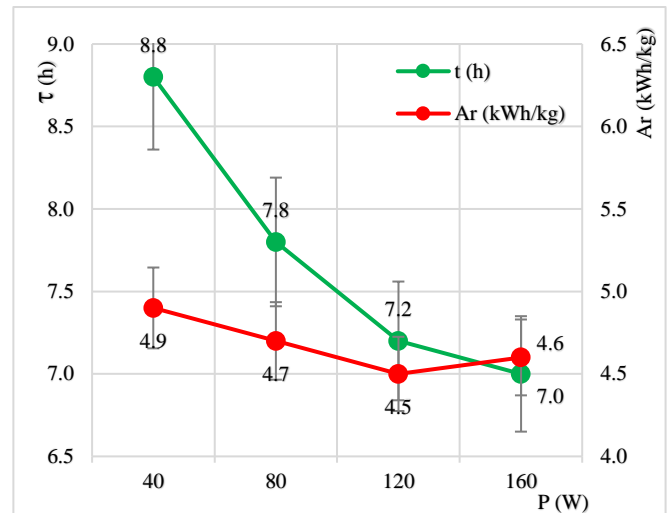
Kết quả thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm được cho ở bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến thời gian sấy, chi phí điện năng riêng và phần trăm hàm lượng saponin

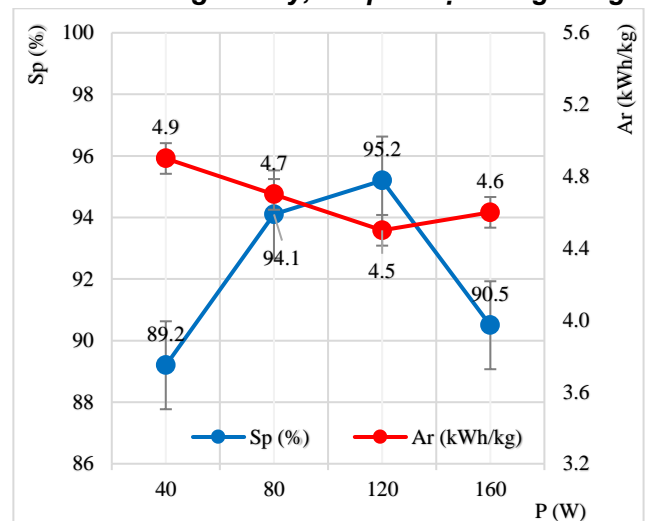
STT	Công suất sóng P (W)	Thời gian τ sấy (h)	Điện năng riêng Ar (kWh/kg)	Phần trăm hàm lượng saponin Sp (%)
1	40	8.8	4.9	89.2
2	80	7.8	4.7	94.1
3	120	7.2	4.5	95.2
4	160	7.0	4.6	90.5



Hình 5. Đường cong sấy ở các mức công suất khác nhau tại nhiệt độ 45°C



Hình 6. Ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm đến thời gian sấy, chi phí điện năng riêng



Hình 7. Ảnh hưởng công suất sóng siêu âm đến chi phí điện năng riêng và phần trăm hàm lượng saponin

Qua kết quả thực nghiệm trên chúng tôi thấy:

Ở cùng một điều kiện nhiệt độ, vận tốc tác nhân sấy (45°C, 0.5m/s), kết quả cho thấy thời gian sấy giảm khi tăng công suất siêu âm (bảng 2, hình 5). Thời gian sấy đã giảm từ 8.8h xuống 7.8h ở công suất siêu âm 80W, và giảm còn 7h khi công suất siêu âm 160W. Nói chung, tác dụng của siêu âm là cung cấp năng lượng cho các phân tử nước không chỉ trên bề mặt mà cả trong lòng VLS. Cụ thể sóng siêu âm cung cấp năng lượng làm phá vỡ lớp biên ẩm bề mặt, đồng thời lan truyền trong VLS cung cấp năng lượng làm cho các phân tử cấu thành VLS rung, co giãn liên tục tăng dao động dẫn đến tạo ra nhiều vi kênh trong vật liệu cũng như làm giảm lực liên kết giữa các phân tử, từ đó ẩm trong vật liệu khuếch tán ra bề mặt và từ bề mặt VLS vào

tác nhân sấy một cách dễ dàng nhờ hạn chế hiệu ứng Luikov. Siêu âm ở tần số 28 kHz có thể làm các phân tử trong VLS của rung 28.000 lần/giây [14].

Khi công suất siêu âm càng cao thì hiệu quả hỗ trợ quá trình sấy càng giảm (hình 6), từ 40-80W thời gian sấy rút ngắn từ 8.8h xuống 7.8h, giảm 11.36%, từ 80-120W rút ngắn đến 7,2h, giảm 7,7% và đến 160W thời gian sấy là 7h, giảm 2.8%. Chúng tôi dự đoán rằng với một giá trị nào đó công suất tiếp tục tăng thì tốc độ sấy tăng lên không đáng kể và thời gian sấy không còn giảm nữa, tuy nhiên do điều kiện thí nghiệm, trong đề tài này vẫn chưa thực hiện được.

Ở mức công suất 40-120W, sóng siêu âm giúp rút ngắn thời gian sấy, giảm chi phí điện năng riêng, từ 4.9 kWh/kg xuống 4.5 kWh/kg, tiết kiệm 8.2% chi phí sấy (bảng 2 và hình 6.). Khi công suất siêu âm tiếp tục tăng từ 120W đến 160W, mặc dù thời gian sấy tiếp tục giảm nhưng chi phí điện năng riêng lại tăng, từ 4.5 kWh/kg đến 4.6 kWh/kg (hình 6). Điều này được lý giải ở mức công suất thấp, tiêu tốn điện năng của bộ phát sóng siêu âm chưa cao nhưng hiệu quả hỗ trợ sấy tốt, từ đó tiết kiệm được chi phí điện năng riêng, tuy nhiên khi công suất siêu âm tiếp tục tăng, mức tiêu tốn điện năng của bộ phát sóng càng cao trong khi hiệu quả hỗ trợ sấy càng giảm, dẫn đến chi phí điện năng riêng có xu hướng tăng.

Số liệu ở bảng 2 và hình 7 cho thấy, hàm lượng saponin còn lại sau quá trình sấy có xu hướng tăng dần ở mức công suất 40-120W (từ 89,2% đến 95,2%) và có chiều hướng giảm xuống khi công suất tiếp tục tăng từ 120-160W (từ 95,2% còn 90.5%).

Điều này được lý giải ở mức công suất thấp 40-120W, năng lượng sóng siêu âm làm co giãn các phân tử cấu thành vật liệu chưa đủ lớn để làm phá vỡ cấu trúc vi mô bên trong VLS mà chỉ đủ để tạo ra các vi kênh trong vật liệu cũng như làm giảm lực liên

kết giữa các phân tử, điều này giúp rút ngắn quá trình sấy, từ đó hạn chế thời gian vật liệu tiếp xúc với nhiệt, bảo toàn được chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên khi công suất tiếp tục tăng từ 120-160W, năng lượng cung cấp làm co giãn các phân tử cấu thành vật liệu đã đủ lớn tạo ra áp lực cơ học làm phá vỡ cấu trúc vi mô trong VLS dẫn đến hàm lượng saponin còn lại trong VLS có xu hướng giảm. Điều này cũng phù hợp với nhận định của các nghiên cứu trên thế giới và trong nước về ảnh hưởng của công suất sóng siêu âm [13,15]

IV. KẾT LUẬN

Từ kết quả thực nghiệm điều kiện nhiệt độ, vận tốc tác nhân sấy (45°C, 0.5m/s) trên thiết bị sấy bơm nhiệt 690 W và công suất sóng siêu âm 200 w, chúng tôi thấy rằng trong sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm, thì công suất sóng siêu âm có ảnh hưởng đến thời gian sấy cũng như tổn thất saponin trong sâm bố chính và vùng công suất sóng siêu âm $P = 80 \div 160$ (W) là vùng có ảnh hưởng nhiều nhất. Cụ thể chi phí điện năng giảm, phần trăm saponin tăng khi tăng công suất siêu âm từ 40-120W và chi phí điện năng tăng, phần trăm saponin giảm khi công suất siêu âm tăng từ 120-160W. Vì vậy công suất của sóng siêu âm phải được giới hạn ở một vùng thích hợp, vì đến một mức nào đó, khi công suất siêu âm tiếp tục tăng sẽ làm tăng chi phí điện năng riêng và giảm hàm lượng saponin trong sản phẩm sấy. Đây là hai chỉ tiêu quan trọng để đánh giá hiệu quả kinh tế và kỹ thuật của một thiết bị sấy

Với kết quả trên chúng ta chưa thể nhận định để đưa ra một chế độ sấy thích hợp cho thiết bị. Vì vậy cần thực nghiệm thêm xác định ảnh hưởng của nhiệt độ, vận tốc tác nhân sấy, công suất sóng siêu âm đến chi phí điện năng riêng và phần trăm hàm lượng saponin. Thực nghiệm và kết quả này chúng tôi sẽ nghiên cứu và trình bày trong bài báo tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] García-Pérez, J.V., et al., Influence of the Applied Acoustic Energy on the Drying of Carrots and Lemon Peel. *Drying Technology*, 2009. 27(2): p. 281-287.
- [2] Ozuna, C., et al., Improvement of water transport mechanisms during potato drying by applying ultrasound. *J Sci Food Agric*, 2011. 91(14): p. 2511-7.
- [3] Puig, A., et al., Moisture loss kinetics and microstructural changes in eggplant (*Solanum melongena* L.) during conventional and ultrasonically assisted convective drying. *Food and Bioproducts Processing*, 2012. 90(4): p. 624-632.

- [4] Kouchakzadeh, A., The effect of acoustic and solar energy on drying process of pistachios. *Energy Conversion and Management*, 2013. 67: p. 351-356.
- [5] Kowalski, S.J. and D. Mierzwa, US-Assisted Convective Drying of Biological Materials. *Drying Technology*, 2015. 33(13): p. 1601-1613.
- [6] Ozuna, C., et al., Influence of material structure on air-borne ultrasonic application in drying. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2014. 21(3): p. 1235-1243.
- [7] Kowalski, S.J., et al., High power airborne ultrasound assist in combined drying of raspberries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2016. 34: p. 225-233.
- [8] Szadzińska, J., et al., The effect of high power airborne ultrasound and microwaves on convective drying effectiveness and quality of green pepper. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2017. 34: p. 531-539.
- [9] Tekin, Z., et al., Dehydration of green beans using ultrasound-assisted vacuum drying as a novel technique: drying kinetics and quality parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2017. 41.
- [10] Yang, Z., et al., Ultrasound-assisted heat pump drying of pea seed. *Drying Technology*, 2018. 36(16): p. 1958-1969.
- [11] Kroehnke, J., et al., Ultrasound- and microwave-assisted convective drying of carrots – Process kinetics and product's quality analysis. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2018. 48: p. 249-258.
- [12] Yang, Z., et al., Ultrasound-assisted heat pump intermittent drying of adzuki bean seeds: Drying characteristics and parameter optimization. *Journal of Food Process Engineering*, 2020. 43(10): p. e13501.
- [13] Nguyễn Xuân Quang, Đề tài Nghiên cứu kỹ thuật sấy nông sản thực phẩm sử dụng sóng siêu âm. 2020, Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM.
- [14] Luo, D.L., et al., Drying characteristics and mathematical model of ultrasound assisted hot-air drying of carrots. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2015. 8: p. 124-132.
- [15] Juliana Gamboa-Santos, Antonia Montilla, Juan Andrés Cárcel, Mar Villamiel, Jose V. Garcia-Perez, 2014. Air-borne ultrasound application in the convective drying of strawberry. *Journal of Food Engineering*, Vol 128, pp.132-139

EXPERIMENTAL RESEARCH TO EVALUATE EFFECTS OF ULTRASOUND POWER ON THE QUALITY OF DRIED BO CHINH GINSENG BY HEAT PUMP DRYER COMBINED ULTRASOUND

Le Quang Huy^{**}, Nguyen Hay^{*}, Nguyen Huu Quyen^{**}, Ngo Thi Minh Hieu^{**},
Le Thanh Dat^{**}.

^{*} Nong Lam University - Ho Chi Minh City, ^{**} Cao Thang Technical College
E-mail: lequanghuy@caothang.edu.vn

ABSTRACT

Bo Chinh ginseng is a precious medicine and the chemical composition includes saponins, carbohydrates, coumarin, polyphenols, sugars, and organic acids. Saponin is the main component creating the value of ginseng, so it is called with the name "Ginseng of poor people" because its benefits are nearly similar to others and it is cheaper. By heat pump dryer combined ultrasound, we present experimental method and research results of effects of ultrasound power on drying time, electrical cost as well as saponin loss of Bo Chinh ginseng.