NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG NỒNG ĐỘ DUNG DỊCH SUCROSE TRONG THIẾT BỊ SẤY CHÂN KHÔNG SÂM CAU ĐỎ CÓ HỖ TRỢ TIỀN XỬ LÝ SIÊU ÂM

STUDY ON THE EFFECT OF SUCROSE SOLUTION CONCENTRATION IN VACUUM DRYING OF CURCULIGO ORCHIOIDES WITH ULTRASOUND-ASSISTED PRETREATMENT

Lê Quang Huy[1], Nguyễn Hay[2,*], Nguyễn Trường Giang[1], Hoàng Minh Tuấn[3], Võ Bình Phước[1]

DOI: https://doi.org/10.57001/huih5804.2026.060

TÓM TẮT

Sâm cau đỏ là dược liệu quý được sử dụng rộng rãi trong y học cổ truyền giúp tăng cường sinh lực, giảm viêm và cải thiện chức năng sinh lý nhưng dược tính vô cùng nhạy nhiệt. Trong bài báo này sẽ đánh giá ảnh hưởng nồng độ dung dịch sucrose trong quá trình tiền xử lý siêu âm đến thời gian sấy chân không sâm cau đỏ. Trong quá trình tiền xử lý siêu âm ở tần số 40kHz, công suất 100W với thời gian tác động liên tục 36 phút ở 40°C, đến thời gian sấy chân không của sâm cau đỏ. Kết quả cho thấy ở nồng độ 45% sucrose, vật liệu đạt tỷ lệ mất nước (WL) cao nhất, 11,13%, trong khi lượng tăng chất rắn (SG) đạt 3,38%. Nhờ lượng nước được loại bỏ trước và cấu trúc vật liệu được cải thiện sau tiền xử lý, thời gian sấy chân không của sâm cau đỏ ở nồng độ 45% đã rút ngắn 22,7% so với mẫu không tiền xử lý. Kết quả này khẳng định hiệu quả của tiền xử lý siêu âm thẩm thấu trong việc tăng cường truyền khối và nâng cao hiệu suất sấy chân không đối với sâm cau đỏ.

Từ khoá: *Tiền xử lý; Sucrose; sâm cau đỏ; sấy chân không; sóng siêu âm.*

ABSTRACT

Curculigo orchioides is a valuable medicinal material widely used in traditional medicine for enhancing vitality, reducing inflammation, and improving physiological functions, but its bioactive compounds are highly thermosensitive. This study evaluates the effect of sucrose solution concentration during ultrasonic pretreatment on the vacuum drying time of red sea asparagus. Ultrasonic pretreatment was conducted at 40kHz, 100W, for 36 minutes of continuous treatment at 40°C before vacuum drying. The results showed that at a sucrose concentration of 45%, the material exhibited the highest water loss (WL), reaching 11.13%, while the solid gain (SG) was 3.38%. Due to the amount of water removed beforehand and the improved material structure after pretreatment, the vacuum drying time of red sea asparagus at 45% sucrose concentration was reduced by 22.7% compared with the untreated sample. These findings confirm the effectiveness of osmotic ultrasonic pretreatment in enhancing mass transfer and improving the vacuum drying performance of red sea asparagus.

Keywords: *Pretreatment; Sucrose; Curculigo orchioides; vacuum drying; ultrasound.*

[1]Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng
[2]Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM
[3]Trường Cao đẳng Công nghiệp Huế
[*]Email: nguyenhay@hcmute.edu.vn
Ngày nhận bài: 09/12/2025
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/01/2026
Ngày chấp nhận đăng: 30/3/2026

1. GIỚI THIỆU

Sâm cau đỏ là một dược liệu quen thuộc trong y học cổ truyền, chứa nhiều hoạt chất sinh học như curculigoside, phenolic và flavonoid. Các hợp chất này nhạy cảm với nhiệt và dễ bị phân hủy trong điều kiện sấy thông thường, do đó cần lựa chọn các phương pháp sấy

ở nhiệt độ thấp để đảm bảo chất lượng dược liệu sau thu hoạch. Sấy chân không là kỹ thuật sấy ở áp suất thấp, cho phép giảm điểm sôi của nước và giúp quá trình thoát ẩm diễn ra ở nhiệt độ thấp hơn so với sấy không khí nóng [1]. Phương pháp này giúp hạn chế các phản ứng oxy hóa và phân hủy nhiệt, đồng thời giảm mức độ co rút và biến dạng của mô thực vật. Nhờ vậy, sấy chân không phù hợp với các loại dược liệu có cấu trúc tế bào nhạy nhiệt và yêu cầu bảo tồn màu sắc, hương vị và hoạt tính sinh học, trong đó có sâm cau đỏ.

Tiền xử lý thẩm thấu bằng dung dịch sucrose là một bước chuẩn bị trước khi sấy nhằm điều chỉnh cấu trúc và hàm ẩm ban đầu của vật liệu. Khi ngâm mẫu trong dung dịch sucrose ưu trương, xảy ra quá trình trao đổi chất qua màng tế bào, nước từ mô di chuyển ra dung dịch, trong khi một phần sucrose khuếch tán ngược vào mô. Cơ chế thẩm thấu này giúp giảm hàm lượng nước ban đầu, đồng thời sucrose có vai trò ổn định cấu trúc bề mặt, giảm co rút trong giai đoạn sấy [2]. Việc lựa chọn nồng độ sucrose, thời gian và nhiệt độ tiền xử lý cần được thiết lập phù hợp để đảm bảo hiệu quả xử lý mà không gây tích tụ đường dư hoặc thay đổi cảm quan không mong muốn của vật liệu.

Sóng siêu âm được sử dụng ngày càng phổ biến như một kỹ thuật hỗ trợ trong các quá trình xử lý thực phẩm và dược liệu trước khi sấy. Sóng siêu âm là dao động cơ học có tần số cao hơn ngưỡng nghe của tai người (lớn hơn 20kHz), có khả năng truyền qua chất lỏng và tạo ra hiện tượng xâm thực. Khi sóng siêu âm lan truyền trong dung dịch, các chu kỳ nén và giãn liên tục tạo ra các bọt khí vi mô, những bọt khí này sau đó sụp đổ nhanh chóng, giải phóng năng lượng lớn. Những tác động cơ học này có khả năng làm giãn nở mao quản, phá vỡ một phần cấu trúc tế bào và tăng tính thấm của màng tế bào, từ đó thúc đẩy quá trình truyền khối. Fakhreddin Salehi và cộng sự [3] đã nghiên cứu động lực truyền khối trong quá trình tiền xử lý siêu âm lát táo ở nồng độ sucrose 30°Brix; 40°Brix, 50°Brix. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tần số 25kHz, thời gian siêu âm liên tục là 60 phút thì ở công suất siêu âm 150W, nước mất đi là nhiều nhất sau khi tiền xử lý siêu âm và từ công suất 0 ÷ 150W thì ở nồng độ sucrose 50°Brix thì độ mất nước là cao nhất. Fakhreddin Salehi và cộng sự [4] cũng nghiên cứu động lực truyền khối trong quá trình khử nước thẩm thấu bằng siêu âm lát kiwi, tần số sóng siêu âm 40 kHz, thời gian siêu âm 80 phút, nhiệt độ dung dịch 50°C. Kết quả nghiên cứu cho thấy, nước thoát ra nhiều nhất ở công suất sóng siêu âm 150W và nồng độ dung dịch sucrose 40%.

Trong quá trình tiền xử lý thẩm thấu, sóng siêu âm giúp tăng tốc độ khuếch tán nước, chất hòa tan giữa vật liệu và dung dịch nhờ sự rối loạn dòng chảy vi mô và sự mở rộng các kênh truyền ẩm trong mô thực vật. Điều này giúp rút ngắn thời gian tiền xử lý, tăng hiệu quả mất nước ban đầu và tăng khả năng thâm nhập của dung dịch vào mô. Đồng thời, sự tác động của hiện tượng xâm thực của sóng siêu âm ở mức độ phù hợp cũng góp phần ổn định cấu trúc tế bào, giúp vật liệu giữ được độ xốp và giảm co rút trong quá trình sấy sau đó. Abhishek Chandra và cộng sự [5] đã nghiên cứu sấy đu đủ bằng phương pháp sấy đối lưu không khí nóng có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm trong dung dịch sucrose có nồng độ 25 và 35°Brix ở tần số 33 và 40kHz có cùng công suất siêu âm 150W, thời gian tiền xử lý 20 phút. Sau khi tiền xử lý siêu âm, đu đủ được sấy bằng phương pháp sấy đối lưu không khí nóng ở nhiệt độ 60°C, tốc độ không khí 2,5m/s. Kết quả nghiên cứu cho thấy, đu đủ sau khi sấy có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm ở tần 33kHz ở nồng độ sucrose 35°Brix có hàm lượng Polyphenol 47 ÷ 88,5mg GAE/g cao nhất, hàm lượng β-carotene đạt cao nhất 184,54mg/g khi tiền xử lý 10 phút, hoạt tính chống oxy hóa cao nhất 48,3% khi tiền xử lý 15 phút và giữ được màu sắc tốt hơn so với đu đủ sấy không có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm. Angelika Wojtyś và cộng sự [6] nghiên cứu về tiền xử lý siêu âm táo trong dung dịch đường Xylitol ở tần số 21kHz, cường độ siêu âm 8W/g, thời gian siêu âm từ 5 ÷ 45 phút, nhiệt độ dung dịch 40°C. Kết quả nghiên cứu cho thấy, thời gian siêu âm 15 ÷ 30 phút cải thiện đáng để mô táo, thời gian siêu âm 45 phút, tuy tăng tốc độ mất nước nhưng lại làm giảm sự tiếp nhận đường, có khả năng do mô táo bị tổn thương quá mức, làm giảm tính thấm vào sâu. Nước mất nhiều nhất ở nồng độ 45% sucrose, táo khô hơn và ổn định hơn.

Việc ứng dụng siêu âm trong tiền xử lý bằng dung dịch đường phụ thuộc vào các thông số như tần số, công suất, thời gian xử lý, đặc tính của dung dịch và cấu trúc của vật liệu. Lựa chọn chế độ siêu âm thích hợp có thể mang lại lợi ích rõ rệt trong việc cải thiện hiệu quả truyền khối, rút ngắn thời gian sấy và nâng cao chất lượng sản phẩm cuối cùng. Bên canh đó, sâm cau đỏ cũng là một vật liệu có những thành phần dược tính quý, nhưng vật liệu dễ hư hỏng sau khi thu hoạch. Vì vậy, bài báo nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của nồng độ sucrose đến thời gian sấy chân không sâm cau đỏ.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Độ ẩm vật liệu trong quá trình sấy

Nếu ký hiệu G_{vla} là khối lượng vật liệu ẩm (kg), G_a là khối lượng ẩm chứa trong vật liệu (kg) và G_k là khối lượng vật khô tuyệt đối (kg) ta có:

Độ ẩm tương đối (ω) là tỷ số giữa khối lượng ẩm chứa trong vật với khối lượng vật liệu ẩm:

$$\omega = \frac{G_a}{G_{vla}}.100 \ (\%g/g_{\text{vật liệu ẩm}}) \quad (1)$$

Độ ẩm tuyệt đối (ω_o) là tỷ số giữa khối lượng ẩm chứa trong vật với khối lượng vật khô tuyệt đối.

$$\omega_o = \frac{G_a}{G_k}.100 \ (\%g/g_{\text{vật liệu khô}}) \quad (2)$$

Độ ẩm $\omega_o\tau$ trong từng thời điểm của quá trình sấy được xác định gián tiếp qua khối lượng của vật liệu tại thời điểm τ từ đó tính được theo công thức sau:

$$\omega_{o\tau} = \frac{G_{vla\tau} - G_k}{G_k} \quad (3)$$

2.1.2. Tỷ lệ mất nước WL

Tỷ lệ mất nước WL (%) được tính theo công thức sau:

$$\omega = \frac{G_{a0} - G_{a1}}{G_{a0}}.100\% \quad (4)$$

Trong đó: G_{a0} - Khối lượng nước trong vật liệu ẩm ban đầu; G_{a1} - Khối lượng nước vật liệu ẩm sau khi tiền xử lý

2.1.3. Tỷ lệ chất rắn SG

Lượng chất rắn tăng trong quá trình tiền xử lý (SG) được tính bằng công thức sau

$$SG = \frac{G_{k0} - G_{k1}}{G_{k0}}.100\% \quad (5)$$

Trong đó: G_{k0} - Khối lượng rắn của vật liệu ban đầu; G_{k1} - Khối lượng rắn vật liệu sau khi tiền xử lý

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nhằm đánh giá ảnh hưởng sóng siêu âm đến quá trình thẩm thấu, tiến hành tiền xử lý bằng dung dịch sucrose ở nồng độ 25%, 35%, 45%, 55% đến thời gian sấy sâm cau đỏ.

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là nghiên cứu thực nghiệm với quy trình thực nghiệm được thực hiện như sau: Bước 1: Chuẩn bị sâm cau đỏ, rửa sạch, cắt lát sâm cau đỏ, cân khối lượng vật liệu tươi ban đầu. Bước 2: Đặt sâm cau đỏ đã chuẩn bị vào bể dung dịch sucrose. Bước 3: Đưa sâm cau đỏ vào buồng chân không. Bước 4: Đến khi độ ẩm sâm cau đỏ đạt 0,14 $g/g_{\text{vật liệu khô}}$, quá trình sấy kết thúc.

2.3. Vật liệu và thiết bị nghiên cứu

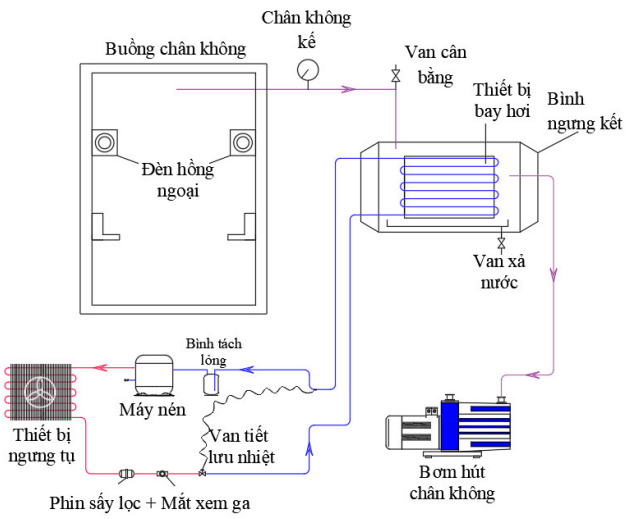
2.3.1. Vật liệu nghiên cứu

Sâm cau đỏ sau khi thu hoạch tại Kon Tum, Việt Nam được sơ chế, rửa sạch và được bảo quản ở điều kiện nhiệt độ 5 ÷ 6°C. Sâm cau đỏ trước khi sấy được cắt lát đồng đều có độ dày 7 mm bằng máy cắt lát Ritter. Đường kính trung bình của sâm cau đỏ được lựa chọn trong khoảng d = 24 ÷ 26mm

Kết quả xác định ẩm độ ban đầu của sâm cau đỏ tươi: ω_1 = 74,51%$g/g_{\text{vật liệu ẩm}}$ (ω_{k1} = 2,92$g/g_{\text{vật liệu khô}}$) và ẩm sau khi sấy của sâm cau đỏ theo Dược điển Việt Nam ω_2 = 0,13% $g/g_{\text{vật liệu ẩm}}$ (0,14$g/g_{\text{vật liệu khô}}$)

2.3.2. Thiết bị nghiên cứu

Máy sấy sử dụng trong nghiên cứu có thông số kỹ thuật như sau: kích thước buồng chân không 400x220x385mm, công suất 200g/mẻ. Nhiệt độ sấy trong khoảng (0 ÷ 40°C), Áp suất buồng sấy P < 2kPa. Nhiệt độ buồng ngưng kết trong khoảng (- 25 ÷ -45)°C. Sơ đồ nguyên lý và hình ảnh máy sấy chân không như thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý và hình ảnh máy sấy chân không

Nguyên lý hoạt động của hệ thống sấy chân không: sâm cau đỏ sau khi được ngâm trong bể sucrose có hỗ trợ sóng siêu âm thì được đưa vào buồng sấy. Trong buồng chân không, áp suất chân không được tạo ra bởi bơm chân không và nhiệt cấp từ đèn hồng ngoại, ẩm bên trong vật liệu thực hiện quá trình bay hơi, tiếp tục đi qua buồng ngưng kết. Tại đây, ẩm vật liệu thực hiện quá trình ngưng kết, từ trạng thái hơi về trạng thái rắn.

2.3.3. Thiết bị đo lường

a) Đo độ ẩm vật liệu

Để xác định độ ẩm ban đầu của vật liệu cũng như kiểm tra độ ẩm sau quá trình sấy. Ở đây, sử dụng cân sấy ẩm FD 720 với các thông số kỹ thuật như sau: khối lượng mẫu 120g, độ chính xác với mẫu có khối lượng 10g là 0,02%, với mẫu có khối lượng 5g là 0,05%, dải nhiệt độ sấy khô: 30 ÷ 180°C.

b) Đo khối lượng vật liệu

Để xác định khối lượng của vật liệu ban đầu cũng như khối lượng vật liệu trong quá trình sấy. Trong nghiên cứu này, sử dụng cân điện tử có model là Setra BL 4100S có thông số kỹ thuật như sau: mức cân 4100g, sai số cho phép: ±0,01g, đơn vị cân: g.

c) Máy thái lát vật liệu

Để độ dày vật liệu sấy đồng đều, sử dụng máy thát lát Ritter E16 có công suất 65W, kích thước 22,5 x 33,5 x 23cm, độ dày vật liệu cắt lát có thể điều chỉnh từ 0 ÷ 20mm.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng nồng độ sucrose đến tỷ lệ mất nước và tỷ lệ chất rắn của sâm cau đỏ trong quá trình tiền xử lý siêu âm

Để đánh giá ảnh hưởng của nồng độ đến thời gian sấy của sâm cau đỏ, tiến hành thực nghiệm tiền xử lý siêu âm trong dung dịch sucrose có tần số 40kHz ở nồng độ lần lượt 0%, 25%, 35%, 45%, 55%. Sóng siêu âm phát liên tục có công suất 100W trong thời gian 36 phút và nhiệt độ dung dịch 40°C. Kết quả thực nghiệm được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Độ mất nước WL (%) trong quá trình tiền xử lý siêu âm sâm cau đỏ ở nồng độ 25%, 35%, 45%, 55%

Nồng độ dung dịch sucrose	25%	35%	45%	55%
Khối lượng vật liệu ban đầu (g)	150,25	151,57	151,27	151,51
Khối lượng vật liệu sau khi tiền siêu âm (g)	157,67	155,06	143,83	155,72
Độ ẩm ban đầu của vật liệu (%g/$g_{vật\ liệu\ ẩm}$)	74,51	74,51	74,51	74,51
Độ ẩm vật liệu sau khi tiền xử lý siêu âm (%g/$g_{vật\ liệu\ ẩm}$)	73,24	71,3	69,64	72,37
Khối lượng nước ban đầu trong vật liệu (g)	111,95	112,93	112,71	112,89
Khối lượng nước sau khi tiền xử lý siêu âm (g)	115,48	110,56	100,16	112,69
Độ mất nước WL (%)	-3,15	2,1	11,13	0,173

Kết quả thực nghiệm ở bảng 1 cho thấy, ở nồng độ sucrose 45%, nước thoát ra trong quá trình tiền xử lý nhiều nhất, mất nước 11,13%. Ở nồng độ sucrose 35%, khối lượng vật liệu sau khi tiền xử lý siêu âm tăng lên nhưng nước vẫn thoát ra và thoát ra ít hơn, 2,1%. Bên cạnh đó, ở nồng độ sucrose 55%, khối lượng sau khi tiền xử lý tăng, nhưng nước thoát ra rất ít. Ngược lại, ở nồng độ sucrose 25%, khối lượng vật liệu tăng lên, khối lượng nước cũng tăng lên, như vậy, nước thẩm thấu ngược lại vào trong vật liệu và tăng 3,15%. Ngoài ra, quá trình tiền xử lý siêu âm là quá trình thẩm thấu giữa sâm cau đỏ ít đường nhiều nước và dung dịch sucrose nhiều đường ít nước, không chỉ nước di chuyển ra khỏi vật liệu mà còn có tinh thể đường có thể di chuyển vào trong vật liệu. Lượng đường tăng lên trong quá trình tiền xử lý siêu âm được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Khối lượng rắn tăng lên trong quá trình tiền xử lý siêu âm

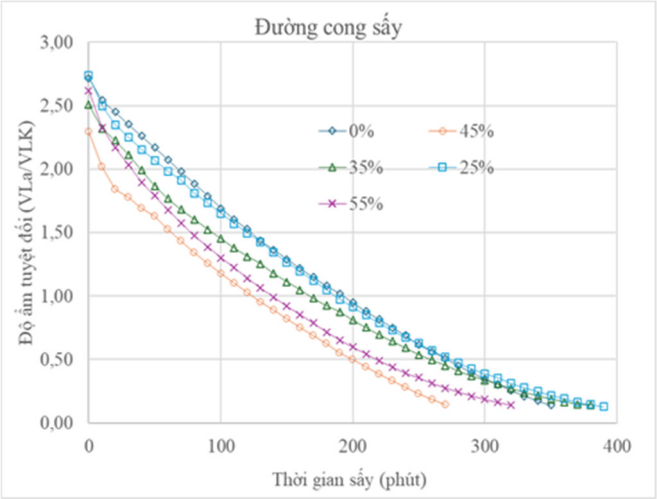
Nồng độ dung dịch sucrose	25%	35%	45%	55%
Độ ẩm ban đầu của vật liệu (%g/$g_{vật\ liệu\ ẩm}$)	74,51	74,51	74,51	74,51
Độ ẩm của vật liệu sau khi tiền xử lý (%g/$g_{vật\ liệu\ ẩm}$)	73,24	71,3	69,64	72,37
Khối lượng rắn ban đầu G_{k0} (g)	38,30	38,64	38,56	38,62
Khối lượng rắn sau khi tiền xử lý G_{k1} (g)	42,19	44,50	43,67	43,02
Lượng rắn tăng lên SG (%)	2,59	3,87	3,38	2,91

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, lượng rắn tăng lên khi tiền xử lý siêu âm trong dung dịch sucrose 35% là cao nhất, 3,87% và lượng rắn tăng lên khi tiền xử lý siêu âm bằng dung dịch sucrose 25% là thấp nhất, 2,59%. Trong trường hợp sử dụng dung dịch 35% sucrose, khối lượng vật liệu tăng lên sau khi tiền xử lý siêu âm do lượng đường di chuyển vào trong vật liệu, nước trong vật liệu vẫn thoát ra ngoài. Tương tự, ở nồng độ sucrose 55%, khối lượng rắn tăng 2,91%, vì vậy, đường đi vào vật liệu nhiều hơn so với lượng nước mất đi. Ngược lại, ở trường hợp dùng dung dịch 25% sucrose, khối lượng vật liệu sau khi tiền xử lý siêu âm do nước đi ngược vào vật liệu, lượng đường đi vào vật liệu thấp. Mặt khác, khi tiền xử lý siêu âm bằng dung dịch sucrose 45%, nước thẩm thấu ra vật liệu là cao

nhất, lượng đường đi vào vật liệu tương đối thấp, 3,38%. Vì vậy, có thể thấy rằng, dùng dung dịch ở 45% là hiệu quả nhất. Sóng siêu âm cũng đóng vai trò quan trọng trong quá trình tiền xử lý, sóng siêu âm tạo ra hiện tượng xâm thực làm vỡ nhẹ thành tế bào, tăng khuếch tán nước ra ngoài, giúp nước thoát nhanh ra hơn. Ngoài ra, sóng siêu âm còn tăng tốc độ thẩm thấu, giảm lớp ranh giới khuếch tán, từ đó tăng nhanh tốc độ trao đổi chất.

3.2. Thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng nồng độ sucrose đến thời gian sấy chân không sâm cau đỏ

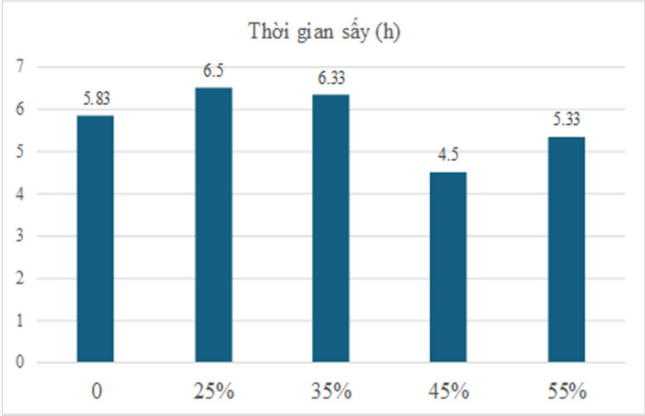
Để đánh giá ảnh hưởng của nồng độ sucrose đánh thời gian sấy sâm cau, tiếp tục tiến hành đưa sâm cau đỏ có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm có tần số 40kHz ở nồng độ 0%, 25%, 35%, 45%, 55% vào buồng chân không có áp suất P < 2kPa, nhiệt độ sấy 40°C. Kết quả thực nghiệm được thể hiện ở hình 2.



Hình 2. Đường cong sấy quá trình chân không sâm cau đỏ có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm ở nồng độ 0%, 25%, 25%, 45%, 55%

Kết quả ở hình 2 cho thấy, thời gian sấy sâm cau đỏ có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm 45% và 55% là rút ngắn so với thời gian sấy sâm cau đỏ không có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm. Ngược lại, ở nồng độ sucrose 25% và 35% thì thời gian sấy sâm cau kéo dài. Trong đó, sấy chân không sâm cau đỏ có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm ở nồng độ 45% là thấp nhất. Điều này là do độ ẩm vật liệu thay đổi sau quá trình tiền xử lý siêu âm. Ở nồng độ sucrose 45%, nước ra khỏi vật liệu nhiều nhất, độ ẩm vật liệu cũng thấp nhất, từ đó dẫn đến giảm thời gian sấy. Ngược lại, ở nồng độ sucrose 25%, vật liệu hấp thụ thêm nước, vì vậy, thời gian sấy kéo dài. Cụ thể, thời gian sấy sâm cau đỏ ở các nồng độ sucrose khác nhau được thể hiện ở hình 3.

Kết quả ở hình 3 cho thấy, trong cùng một môi trường sấy, thời gian sấy chân không sâm cau đỏ có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm ở nồng độ 45% rút ngắn nhất, giảm 22,8% và thời gian sấy sâm cau đỏ ở nồng độ sucrose 55% rút ngắn 8,58% so với thời gian sấy không có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm. Yuhong Gong và cộng sự [7] cũng nghiên cứu sấy hoa hòe bằng phương pháp sấy chân không có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm, công suất siêu âm từ 150 ÷ 600W, thời gian tiền xử lý 5 ÷ 15 phút. Kết quả nghiên cứu cho thấy, thời gian sấy có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm giảm 40% so với mẫu không có hỗ trợ tiền xử lý ở công suất 600W trong 10 phút. Mẫu có tiền xử lý siêu âm có nhiều lỗ rỗng, cấu trúc xốp hơn. Vì vậy, trong quá trình tiền xử lý siêu âm, sóng siêu âm đẩy nhanh quá trình thẩm thấu, nước thoát ra, giảm độ ẩm ban đầu của vật liệu. Ngoài ra, sóng siêu âm thay đổi cấu trúc, giúp tạo ra các vi kênh để nước thoát ra dễ dàng hơn trong quá trình sấy [7, 8].



Hình 3. Thời gian sấy (h) sâm cau đỏ có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm ở nồng độ 0%, 25%, 35%, 45%, 55%

Tuy nhiên, thời gian sấy có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm có nồng độ 35% và 25% lần lượt kéo dài 11,49% và 8,58% so với thời gian sấy không có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm. Sóng siêu âm khi kết hợp với dung dịch sucrose có thể khiến vật liệu hấp thụ đường nhiều hơn. Khi đường thấm vào vật liệu, đường sẽ thấm vào các mao dẫn gây cản trở nước bay hơi ra khỏi vật liệu [9]. Đường thấm vào vật liệu khiến khối lượng chất rắn tăng, cần nhiều năng lượng để gia nhiệt, khử ẩm, từ đó tăng thời gian sấy chân không. Mặt khác, nồng độ dung dịch sucrose không phù hợp, cụ thể 25% sucrose có thể khiến vật liệu hấp thụ ngược lại nước, tăng độ ẩm vật liệu, từ đó tăng thời gian sấy sâm cau đỏ.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng nồng độ sucrose 0%, 25%, 35%, 45%, 55% trong quá trình tiền xử lý siêu âm có tần số 40kHz, công suất 100W đến thời gian sấy sâm cau đỏ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sóng siêu âm phát liên tục trong thời gian 36 phút, nhiệt độ dung dịch 40°C ở nồng độ 45% sucrose thì tỷ lệ mất nước là cao nhất, WL =11,13%, lượng tăng chất rắn SG = 3,38. Thời

gian sấy chân không sâm cau đỏ có hỗ trợ tiền xử lý siêu âm ở nồng độ 45% rút ngắn nhất, giảm 22,7% giờ so thời gian sấy không có hỗ trợ tiền xử lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Pasten A., Vega Galvez A., Uribe E., Carvajal M., Mejías N., Araya M., Goñi M. G., "A Comparison of the Effects of Low-Temperature Vacuum Drying and Other Methods on Cauliflower's Nutritional-Functional Properties," *Processes*, 12(8), 1629, 2024.

[2]. Layeghinia N., "Effect of osmotic dehydration on qualitative and nutritional properties of microwave-dried quince slices," *Journal of Agriculture and Food Research*, 20,101749, 2025.

[3]. Salehi F., Cheraghi R., Rasouli M., "Mass transfer kinetics (soluble solids gain and water loss) of ultrasound-assisted osmotic dehydration of apple slices," *Scientific Reports*, 12(1), 15392, 2022.

[4]. Salehi F., Cheraghi R., Rasouli M., "Mass transfer analysis and kinetic modeling of ultrasound-assisted osmotic dehydration of kiwifruit slices," *Scientific Reports*, 13, Article 11859, 2023.

[5]. Chandra A., Kumar S., Kumar S., Nema P. K., "Ultrasound-assisted osmotic dehydration, followed by convective drying of papaya: effect on physicochemical and functional quality parameters," *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 3(4), 615-626, 2023.

[6]. A. Wojtyś, S. Pietrzyk, K. Grzeinska, R. Witkowicz, "Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration of Apples in Xylitol Solution: Effects on Kinetics, Physicochemical Properties and Antioxidant Activity," *Molecules*, 30(11), 2304, 2025.

[7]. Y. Gong, J. Li, J. Li, L.Fan, L. Wang, "Influence of Ultrasound-Assisted Vacuum Drying on Physicochemical Characteristics, Antioxidant Activity, and α-Glucosidase Inhibition Activity of Flos Sophorae Immaturus," *Foods*, 12(3), 671, 2023.

[8]. Cheng X., Wang S., Iqbal M. S., Pan L., Hong L., "Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration on the drying kinetics, water state, and physicochemical properties of microwave vacuum-dried potato slices," *Ultrasonics Sonochemistry*, 99, 106557, 2023.

[9]. Yadav A. K., Singh S. V., "Osmotic dehydration of fruits and vegetables: A review," *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1654-1673, 2014.

AUTHORS INFORMATION

Le Quang Huy[1], Nguyen Hay[2], Nguyen Truong Giang[1], Hoang Minh Tuan[3], Vo Binh Phuoc[1]

[1]Cao Thang Technical College, Vietnam

[2]Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam

[3]Hue Industrial College, Vietnam