

ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN THỜI GIAN SẤY VÀ CHI PHÍ NĂNG LƯỢNG RIÊNG KHI SẤY SẢN CỤC TRÊN MÁY SẤY THẤP KÊNH DÒNG THẲNG

Nguyễn Tuấn Anh^{1*}, Nguyễn Đình Tùng¹, Lê Minh Lưu²

¹*Viện nghiên cứu Thiết kế chế tạo máy Nông nghiệp, Bộ Công Thương*

²*Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

*Tác giả liên hệ: tuananh.riam@gmail.com

Ngày nhận bài: 07.06.2018

Ngày chấp nhận đăng: 17.08.2019

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến thời gian sấy và chi phí/tiêu thụ năng lượng riêng trên máy sấy thấp kênh dòng thẳng. Qua nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố cho thấy nhiệt độ tác nhân sấy phân bố khoảng 75-95°C và vận tốc dòng tác nhân sấy phân bố trong khoảng 1,65-2,25 m/s. Sử dụng quy hoạch hóa thực nghiệm với 3 thông số đầu vào (nhiệt độ sấy, vận tốc dòng tác nhân sấy và độ ẩm vào của nguyên liệu) tác động tới 2 hàm mục tiêu là: thời gian sấy nhỏ nhất và chi phí/tiêu thụ năng lượng riêng thấp nhất. Kết quả đã tìm được các thông số công nghệ tối ưu là nhiệt độ sấy 87,52°C, vận tốc dòng tác nhân sấy 1,9 m/s và độ ẩm vào của nguyên liệu 58,68% cho hàm mục tiêu đạt thời gian sấy 47,88805 giờ và chi phí năng lượng riêng đạt 1,18475 kWh/kg H₂O.

Từ khóa: Chi phí năng lượng riêng, sản cục, thông số công nghệ.

Effects of Some Technological Parameters on Drying Time and Specific Energy Consumption for Cassava Drying in Continuous Cross-flow Particle Dryer

ABSTRACTS

This article presented the results of experimental research on the effects of some technological parameters on drying regime (drying time and specific energy consumption) for cassava chooped into 3-5 cm in size on continuous cross-flow particle dryer. Throung an empirical study, the drying temperature was distributed in the range 75-95°C and the drying velocity between 1.65-2.25 m/s. The use of experimental planning with three inputs (the drying temperature, the velocity of drying flow and the moisture content of the input material) to affect two target functions, viz.: minimum drying time and lowest specific energy consumption, revealed optimum technological parameters, as well as: drying temperature (87.52°C), velocity of drying agent flow (1.9 m/s), moisture content of input material (58.68%) for the objective function. The drying time was 47.8805 hours and the specific energy consumption was 1.18475 kWh/kg H₂O.

Keywords: Specific energy consumption, vassava morsel, technological parameters.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây ở Việt Nam sản vẫn được xếp hạng là một trong những cây lương thực chính, được canh tác nhiều chỉ sau lúa, ngô và trồng tại nhiều tỉnh thành trong cả nước, tổng diện tích trồng lên tới 566,5 nghìn ha, với

năng suất bình quân 18,84 tấn/ha, cho sản lượng đạt 10,67 triệu tấn và có tăng “nhẹ” lên trong năm 2016-2017 (Tổng cục thống kê, 2016; 2017). Sản phẩm chế biến từ sản được sử dụng để làm thức ăn, chế biến tinh bột, sản khô (Nguyen, 2018),... Hiện nay lượng sản khô trong nước chiếm khoảng trên 10% tổng sản lượng

Ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng khi sấy sản cục trên máy sấy tháp kênh dòng thẳng

sản. Tất cả lượng sản khô đều được làm khô bằng phương pháp sấy vỉ ngang hoặc phơi khô tự nhiên nhờ ánh nắng mặt trời, do đó khó phát triển được theo hướng quy mô công nghiệp khi yêu cầu năng suất cao, chất lượng sản phẩm tốt. Để đáp ứng được các yêu cầu năng suất cao và chất lượng sản phẩm tốt thì hợp lý hơn cả là sử dụng phương pháp sấy tháp có kênh dẫn dòng tác nhân sấy và dòng thải ẩm. Sản nguyên liệu trước khi sấy được băm dạng cục với kích thước từ 3-5 cm, do đó cần nghiên cứu xây dựng công nghệ/thiết bị sấy hợp lý, đối với sản cục có thể dùng nguyên lý như tương tự đối với sấy hạt, ở đây tác giả lựa chọn nguyên lý sấy tháp. Tuy nhiên, kết cấu của tháp sấy cần phải thay đổi để phù hợp với đối tượng là sản cục, cụ thể hơn về vấn đề này nhóm tác giả đã trình bày tại tài liệu (Nguyễn Tuấn Anh & cs., 2017). Trong bài báo này chế độ công nghệ tối ưu của quá trình sấy sản cục trên máy sấy tháp được xác định bằng thực nghiệm. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của các thông số công nghệ (nhiệt độ dòng tác nhân sấy và vận tốc dòng tác nhân sấy...) đến thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng, qua đó xác định được khoảng giá trị

nhiệt độ,- và vận tốc dòng tác nhân sấy ảnh hưởng lớn nhất đến các hàm mục tiêu. Từ đó xác định được các thông số công nghệ sấy hợp lý.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Đặc tính và các thông số của nguyên liệu sản cục sau khi băm và nhiên liệu đốt là sinh khối gỗ sử dụng trong nghiên cứu này được mô tả như trong bảng 1 và hình 1.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm tối ưu và nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố với các thông số ảnh hưởng là nhiệt độ sấy và vận tốc dòng tác nhân sấy tới thời gian sấy và chi phí/tiêu thụ năng lượng riêng trong quá trình sấy.

Phương pháp tối ưu hóa quy hoạch thực nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của 3 yếu tố nhiệt độ sấy, vận tốc dòng tác nhân sấy và độ ẩm vào của nguyên liệu với hàm mục tiêu là chi phí năng lượng riêng và thời gian sấy tối ưu.

Bảng 1. Đặc tính của nguyên liệu và nhiên liệu thí nghiệm

Đặc tính vật liệu nghiên cứu			Đặc tính nhiên liệu thí nghiệm		
Thông số	Giá trị	Thứ nguyên	Thông số	Giá trị	Thứ nguyên
Sản cục	3-5	cm	Nhiệt trị thấp của gỗ Hu _{nl} (Nguyen, 2009; ESPE, 2018)	18.000	kJ/kg _{nl}
Độ ẩm vào (*)	60	%	Khối lượng nhiên liệu	1.595	kg
Khối lượng vào	12.500	kg			
Độ ẩm ra (**)	13,5	%			
Khối lượng sản phẩm	5.780	kg			

Ghi chú: (*) Giá trị đo được khi thí nghiệm nhiều lần/nhiều mẫu từ 58-62%; (**) Giá trị yêu cầu của sản phẩm đo được khi kết thúc quá trình sấy từ 13-14%



Hình 1. Vật liệu sản cục trước khi sấy (a) và sau khi sấy (b)

Phương pháp tính toán được sử dụng để xác định chi phí năng lượng riêng trong quá trình thực nghiệm. Giá trị chi phí năng lượng riêng được tính thông qua phương trình (1) (Nguyen & Dieter, 2008)

$$q = \frac{Q_v}{W} = \frac{m_{nl} \cdot Hu_{nl}}{W} = \frac{m_{nl} \cdot Hu_{nl}}{m_1 - m_2} \quad (1)$$

$$= 4.272,32 \text{ (kJ/kg H}_2\text{O)}$$

$$= 1,18677 \text{ (kWh/kg H}_2\text{O)}$$

Trong đó:

q: Chi phí năng lượng riêng (kWh/kg H₂O)

m_{nl}: Khối lượng nhiên liệu đốt (kg_{nl})

W: Khối lượng ẩm cần bốc hơi (kg)

m₁: Khối lượng nguyên liệu trước khi sấy (kg)

m₂: Khối lượng sản phẩm sau khi sấy (kg)

Hu_{nl}: Nhiệt trị thấp của nguyên liệu đốt (kJ/kg_{nl})

Phương pháp tính toán bằng giải tích thường được sử dụng để xác định thời gian sấy. Bởi thời gian sấy phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nguyên liệu sấy, hình dáng, kích thước của nguyên liệu, độ ẩm đầu vào và đầu ra của nguyên liệu hay loại thiết bị sấy cũng như chế độ công nghệ sấy và phương pháp sấy. Thông thường, để đơn giản hóa thường người ta sử dụng phương trình tính thời gian sấy theo phương trình (2) (Liberty & Dzivama, 2013; Nguyễn Đình Tùng, 2015).

$$\tau = m_0 \frac{M_1 - M_2}{\frac{dm}{du}} \quad (2)$$

Trong đó:

m₀: Khối lượng nguyên liệu vật chất khô (kg):

$$m_0 = m_1(1 - \omega_1) = m_2(1 - \omega_2) \text{ (kg)}$$

ω₁, ω₂: Độ ẩm của nguyên liệu trước và sau khi sấy (kg ẩm/kg nguyên liệu).

M₁, M₂: Tỷ lệ khối lượng thủy phần trước và sau khi sấy; M₁ = ω₁/(1 - ω₁); M₂ = ω₂/(1 - ω₂)

dm/du: Tốc độ chuyển khối (kg/h).

2.3. Thiết bị đo

Thiết bị đo trong quá trình thí nghiệm sử dụng các thiết bị sau đây:

- Máy đo độ ẩm Sartorius MA 45, được sản xuất bởi hãng Sartorius của Đức. Máy có màn hình tinh thể lỏng với cơ chế sấy mẫu bằng tia hồng ngoại và bức xạ nhiệt, mức cân tối đa được 35 g, có độ nhạy 0,001 g với độ lặp lại 0,2% cho 1g và 0,05% cho 5 g. Giá trị hiển thị gồm % ẩm, % trọng lượng, tỉ lệ hóa hơi, thời gian sấy ngừng trong khoảng 0,1-99 phút với nhiệt độ sấy mẫu có thể đặt trong khoảng 40-230°C.

- Máy đo nhiệt độ TFI 650, do hãng Ebro của CHLB Đức sản xuất. Máy sử dụng điểm laser đôi, ngoài ra máy còn có thể gắn đầu đo, để đo được nhiệt độ cao ở tâm thiết bị, khoảng đo nhiệt độ từ -60-1.500°C, với dải đo 0,1°C có sai số 2%/ 2°C của giá trị đo.

- Máy đo tốc độ gió Testo 416, sản xuất bởi hãng Testo của CHLB Đức. Máy sử dụng đầu đo cánh quạt với khoảng đo 0,6-40 m/s, có độ chính xác 0,2 m/s hay 1,5% của giá trị đo và dải đo đến 0,1 m/s.

- Máy đo áp suất Testo 510, do hãng Testo của CHLB Đức sản xuất, với màn hình hiển thị đơn vị Pascal cho tất cả các giá trị đo và có thể chuyển đổi sang các đơn vị đo khác hPa, mbar, Pa, mmH₂O, inHg, mmHg, psi. Khoảng đo của thiết bị từ 0-100 hPa, độ chính xác 0,03 hPa (0-0,3 hPa); 0,05 hPa (0,31-1 hPa); (0,1 hPa + 1,5% của giá trị đo) (1,01-100 hPa) và dải đo 0,01 hPa.

2.4. Thiết bị nghiên cứu

Thiết bị nghiên cứu là thiết bị sấy sản cục theo nguyên lý sấy tháp quy mô công nghiệp năng suất 10-15 tấn SP/tháp với kết cấu như trên hình 3a, nguyên lý làm việc của thiết bị được thể hiện trên hình 3b. Trên hình 3b diễn tả nguyên lý làm việc của thiết bị, ở đây tác nhân sấy được cấp vào từ lò đốt qua các kênh dẫn dòng tác nhân sấy ở bên trong thân tháp sấy, sau đó len lõi xuyên qua lớp vật liệu sấy, các lớp sản được làm nóng bởi dòng tác nhân sấy. Trong quá trình trao đổi nhiệt ẩm, dòng hơi ẩm được vận chuyển tới các kênh thải ẩm cũng nằm bên trong thân tháp sấy, sau đó được thoát ra ngoài môi trường theo hệ thống thoát ẩm của thiết bị nhờ quạt gió. Đồng thời dòng vật liệu sấy được di chuyển dần theo chiều từ trên xuống dưới tương ứng với chu kỳ xả, và/hoặc khi đảo

Ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng khi sấy sản phẩm trên máy sấy tháp kênh dòng thẳng

nguyên liệu (Hình 3). Quá trình đảo trộn này làm cho nguyên liệu sấy có độ khô đồng đều.

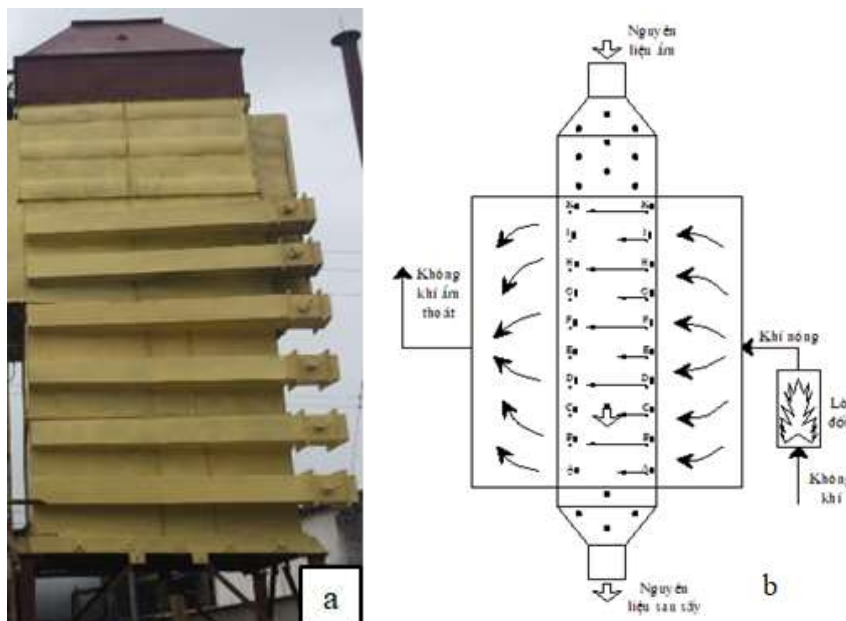
Hình 4 diễn tả hướng di chuyển của dòng khí (dòng tác nhân sấy và dòng ẩm), kết cấu của các kênh sấy và kênh thải ẩm bên trong tháp sấy. Các kênh sấy và kênh thải ẩm được bố trí xen kẽ nhau nhằm mục tiêu cho quá trình trao đổi nhiệt ẩm trong quá trình sấy được diễn ra tốt hơn. Kết cấu và bố trí các kênh được trình bày trên hình 4b, thông số hình học của các kênh và hàng kênh được giới thiệu trên bảng 2 và được sử dụng làm cơ sở để thiết kế, chế tạo thiết bị thí nghiệm như trên hình 3.

2.5. Phương thức và cách bố trí thí nghiệm

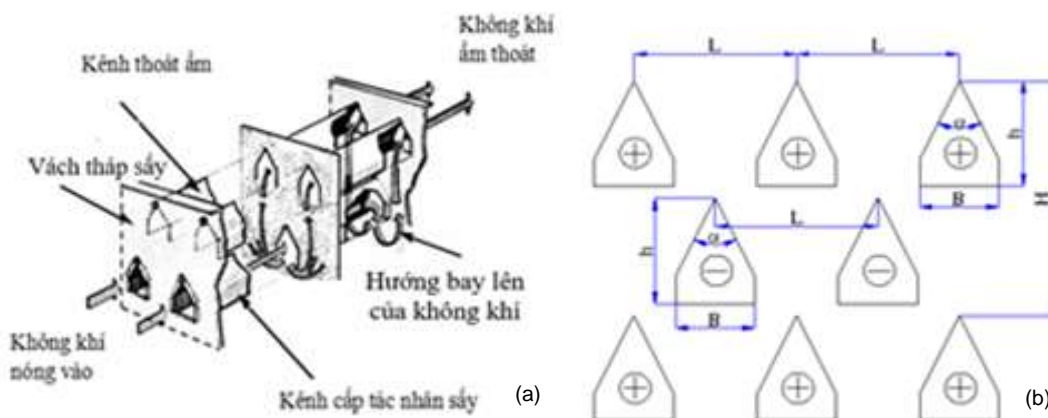
Mô hình thí nghiệm được trình bày trên hình 3 với nguyên lý dạng tháp thực nghiệm bằng cách thay đổi các thông số công nghệ (nhiệt độ sấy và vận tốc dòng tác nhân sấy) để đánh giá ảnh hưởng tới thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng trong quá trình sấy.

Nhiệt độ sấy được thay đổi theo 5 mức giá trị 60, 70, 80, 90 và 100°C.

Vận tốc dòng tác nhân sấy cũng khảo sát theo 5 mức giá trị tương ứng với chế độ nhiệt độ nêu trên là 1,2; 1,5; 1,8; 2,1 và 2,4 m/s.



Hình 3. Nguyên lý kết cấu (a) và nguyên lý hoạt động (b) của thiết bị nghiên cứu



Hình 4. Nguyên lý di chuyển của dòng khí/dòng tác nhân sấy và dòng ẩm (a) và các thông số kết cấu của kênh sấy (b)

Trong nghiên cứu này khối lượng nguyên liệu đầu vào của mỗi lần thí nghiệm không đổi và bằng 12.500 kg.

Độ ẩm của nguyên liệu được xác định bằng giá trị trung bình của các thời điểm đo đầu, giữa và cuối của quá trình nạp liệu.

Cách bố trí các điểm đo trong thí nghiệm được thể hiện trên hình 3. Nhiệt độ sấy và vận tốc dòng tác nhân sấy được đo tại các điểm đầu vào và đầu ra của các hàng kênh, theo thứ tự từ trên xuống dưới.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng

Kết quả thực nghiệm của các phương án được xử lý và biểu diễn dưới dạng đồ thị ảnh hưởng của nhiệt độ sấy tới thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng (Hình 5). Độ ẩm của nguyên liệu được xác định bằng giá trị trung bình của các thời điểm đo đầu, giữa và cuối của quá trình nạp liệu, giá trị trung bình độ ẩm vào của các phương án sấy đo được đều nằm trong khoảng độ ẩm từ 58-62% ẩm.

Trên đồ thị hình 5 có thể thấy rằng khi nhiệt độ tăng đã làm thời gian sấy giảm xuống, nhưng chi phí năng lượng riêng tăng lên. Như vậy cần phải lựa chọn vùng biến thiên nhiệt độ đáp ứng cho hai yêu cầu thời gian sấy ngắn nhất và chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất có thể. Từ đồ thị trên cho thấy vùng nhiệt độ sấy nên lựa chọn trong khoảng giá trị từ 75-95°C.

3.2. Ảnh hưởng của vận tốc dòng tác nhân sấy đến thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng

Kết quả thực nghiệm của các phương án được xử lý và biểu diễn dưới dạng đồ thị ảnh hưởng của vận tốc dòng tác nhân sấy tới thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng (Hình 6).

Trên đồ thị hình 6 có thể thấy rằng khi vận tốc dòng tác nhân sấy tăng đã làm thời gian sấy giảm xuống, nhưng chi phí năng lượng riêng tăng lên. Như vậy cần phải lựa chọn vùng biến thiên vận tốc dòng tác nhân sấy đáp ứng cho hai

yêu cầu thời gian sấy ngắn nhất và chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất có thể. Từ đồ thị trên cho thấy vùng vận tốc dòng tác nhân sấy nên lựa chọn trong khoảng giá trị từ 1,65-2,25 m/s.

Để kiểm chứng kết quả của quá trình thực nghiệm, ngoài ra để tìm các thông số tối ưu, hơn nữa giảm thời gian và chi phí trong quá trình thực nghiệm. Trong bài báo này nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp quy hoạch hóa thực nghiệm để giải quyết vấn đề nêu trên, kết quả cụ thể được trình bày tại mục 3.5 dưới đây.

Để xác định các giá trị tối ưu của các thông số công nghệ nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp quy hoạch hóa thực nghiệm trực giao với 3 yếu tố đầu vào (vận tốc dòng tác nhân sấy v , nhiệt độ sấy T và độ ẩm đầu vào của nguyên liệu sản cục). Khoảng biến thiên của các yếu tố này đã được xác định trong mục 3.2, 3.3 và được nghiên cứu ở 3 mức (-1, 0, +1) (Phạm Văn Lang & Bạch Quốc Khang, 1998) (Bảng 3) tác động tới 2 hàm mục tiêu là thời gian sấy (Y_1 , giờ) ngắn nhất và chi phí năng lượng riêng (Y_2 , kWh/kg H_2O) nhỏ nhất.

3.3. Quy hoạch thực nghiệm

Mô hình hóa được biểu diễn bằng phương trình bậc 2 theo Box-Behnken và quy hoạch thực nghiệm đưa ra bảng ma trận thực nghiệm gồm 17 thí nghiệm với 2 hàm mục tiêu là chi phí năng lượng riêng q và thời gian sấy t (Bảng 4). Xử lý số liệu thực nghiệm bằng phần mềm Design Expert 7.0 để phân tích các hệ số hồi quy, mặt đáp ứng và tối ưu hóa với thuật toán hàm mong đợi.

Phương trình toán học mô tả mối quan hệ giữa chi phí năng lượng riêng, thời gian sấy với các biến mã dưới dạng phương trình hồi quy như sau:

Phương trình hồi quy đối với hàm mục tiêu là thời gian sấy được tính toán ra dựa trên kết quả của bảng ma trận trực giao (Bảng 4) cho ta phương trình (3)

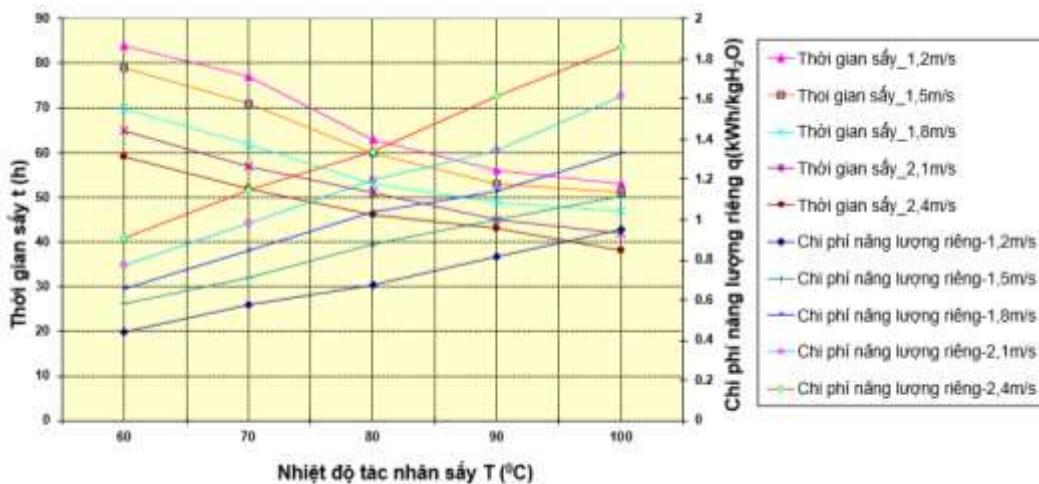
$$Y_1 = 48,20 - 5,51X_1 - 5,51X_2 + 0,78X_3 + 1,59X_1X_2 + 0,63X_1X_3 - 0,065X_2X_3 + 2,54X_1^2 + 1,76X_2^2 + 1,26X_3^2 \quad (3)$$

Ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng khi sấy sản phẩm trên máy sấy tháp kênh dòng thẳng

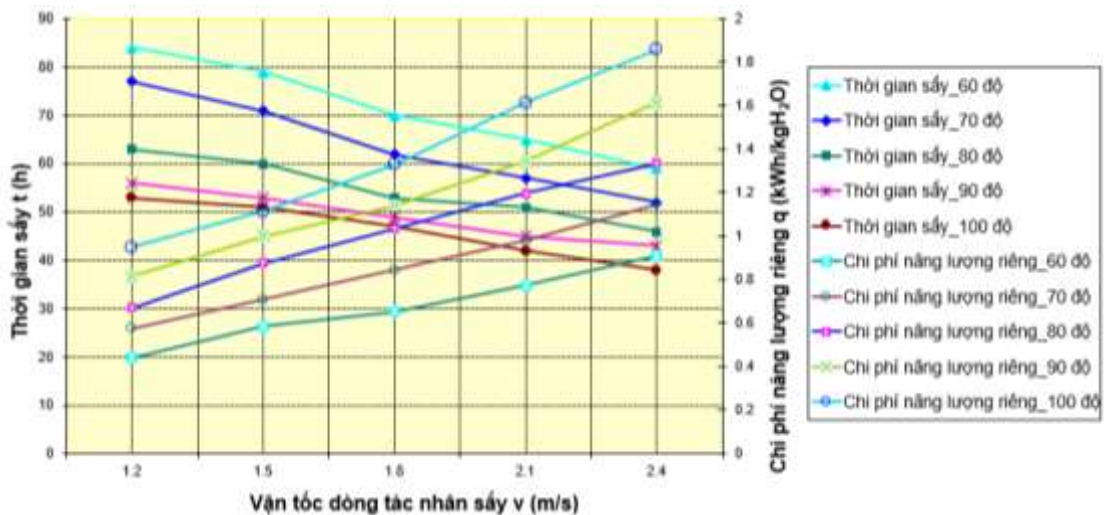
Bảng 2. Các thông số kích thước hình học cơ bản của kênh sấy, tháp sấy từ mô hình Pilot

Tên thông số	Ký hiệu	Giá trị	Thứ nguyên
Khoảng cách đỉnh hai kênh liên tiếp	L	350	mm
Bước của hàng kênh	H	500	mm
Bề rộng kênh	B	165	mm
Chiều cao của kênh	h	225	mm
Góc đỉnh kênh	α	53	độ (°)

Nguồn: Nguyễn Tuấn Anh & cs., 2017; 2018.



Hình 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy đến thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng với các chế độ vận tốc tác nhân sấy khác nhau



Hình 6. Ảnh hưởng của vận tốc dòng tác nhân sấy đến thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng với các chế độ nhiệt độ sấy khác nhau

Hệ số hồi quy (R^2) trong phương trình (3) xác định được là 0,9930. Điều này thể hiện rằng

có 99,3% số liệu thực nghiệm tương thích với số liệu tiên đoán theo mô hình.

Phương trình hồi quy đối với hàm mục tiêu là chi phí năng lượng riêng được tính toán ra dựa trên kết quả của bảng ma trận trực giao (Bảng 4) cho ta phương trình (4).

$$\begin{aligned}
 Y_2 = & 1,19 + 0,16X_1 + 0,17X_2 \\
 & + 4,125 \cdot 10^{-3}X_3 + 0,069X_1X_2 \\
 & - 3,25 \cdot 10^{-3}X_1X_3 - 2 \cdot 10^{-3}X_2X_3 \\
 & + 0,012X_1^2 + 0,025X_2^2 - 0,014X_3^2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Hệ số hồi quy (R^2) trong phương trình (4) xác định được là 0,9973. Điều này thể hiện rằng có 99,73% số liệu thực nghiệm tương thích với số liệu tiên đoán theo mô hình.

Kết quả phân tích hồi quy cho thấy vận tốc dòng tác nhân sấy v , nhiệt độ sấy T và độ ẩm

đầu vào w_1 là các yếu tố công nghệ ảnh hưởng đến thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng nhiều nhất. Sự ảnh hưởng tương tác của từng cặp các yếu tố công nghệ này tới kết quả đầu ra được thể hiện rất rõ trên mặt đáp ứng của đồ thị hình 7 và hình 8.

Trên các đồ thị hình 7 có thể thấy rằng ảnh hưởng của độ ẩm nguyên liệu tới chi phí năng lượng riêng là không lớn. Nhưng sự ảnh hưởng của nhiệt độ sấy và vận tốc dòng tác nhân sấy là rất lớn. Khi nhiệt độ sấy tăng chi phí năng lượng riêng tăng, khi vận tốc dòng tác nhân sấy tăng chi phí năng lượng riêng tăng còn khi cả nhiệt độ sấy và vận tốc dòng tác nhân sấy tăng thì chi phí năng lượng riêng tăng lên rất nhanh.

Bảng 3. Giá trị mã hóa và giá trị thực nghiệm của các yếu tố thực nghiệm

Biến số	Kí hiệu	Đơn vị	Kí hiệu giá trị mã hóa		
			-1	0	+1
Nhiệt độ tác nhân sấy t	X_1	°C	75	85	95
Vận tốc dòng tác nhân sấy v	X_2	m/s	1,65	1,95	2,25
Độ ẩm vào của nguyên liệu	X_3	%	58	60	62

Bảng 4. Ma trận kế hoạch thực nghiệm trực giao bậc hai theo Box-Behnken

TN	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2
1	0	0	0	47,27	1,187
2	1	0	1	48,49	1,356
3	0	0	0	48,92	1,186
4	-1	1	0	51,34	1,165
5	1	0	-1	45,46	1,350
6	0	0	0	47,91	1,177
7	-1	0	-1	56,76	1,004
8	-1	-1	0	65,65	0,975
9	1	1	0	42,51	1,609
10	0	-1	1	57,39	1,022
11	0	0	0	48,07	1,198
12	0	1	-1	45,16	1,374
13	0	0	0	48,82	1,180
14	0	1	1	46,37	1,374
15	1	-1	0	50,48	1,141
16	0	-1	-1	55,92	1,014
17	-1	0	1	57,27	1,023

Ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến thời gian sấy và chi phí năng lượng riêng khi sấy sản cực trên máy sấy tháp kênh dòng thẳng

Ảnh hưởng của độ ẩm vào tới thời gian sấy là rất lớn (Hình 8) đặc biệt là khi sấy ở nhiệt độ cao hay sấy ở chế độ vận tốc dòng tác nhân sấy lớn thì độ ẩm vào của nguyên liệu càng ảnh hưởng một cách rõ nét hơn. Ảnh hưởng của nhiệt độ và vận tốc dòng tác nhân sấy tới thời gian sấy tương tự như ảnh hưởng của chúng tới chi phí năng lượng riêng.

Bài toán quy hoạch thực nghiệm tối ưu được giải bằng phần mềm Design Expert 7.0, xác định được giá trị tối ưu của các thông số công nghệ với hàm mong đợi đạt 0,724 (Bảng 5).

Với phương pháp quy hoạch thực nghiệm thu được các thông số tối ưu ở chế độ sấy như trên bảng 5: với nhiệt độ sấy 87,52°C và vận tốc dòng tác nhân sấy 1,9 m/s khi độ ẩm vào 58,68% tương ứng với các giá trị tìm được: thời gian sấy 47,88805 giờ, chi phí năng lượng riêng 1,18475 kWh/kg H₂O. Như vậy qua đây cho thấy các thông số tối ưu trong quy hoạch thực nghiệm

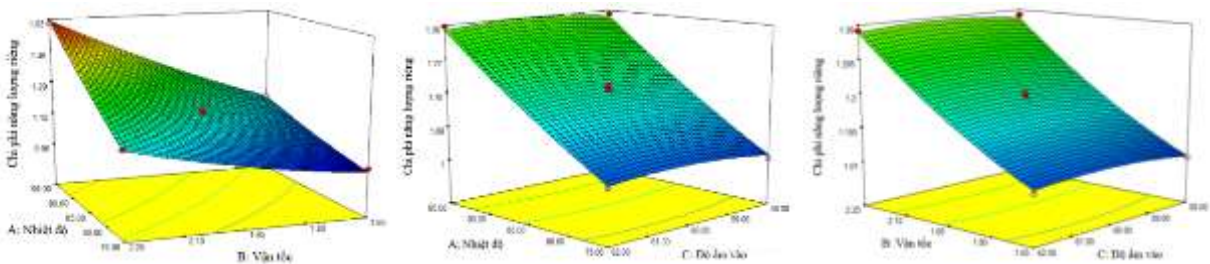
hoàn toàn phù hợp với kết quả thực nghiệm điều này chứng tỏ mô hình hoàn toàn hợp lý.

4. KẾT LUẬN

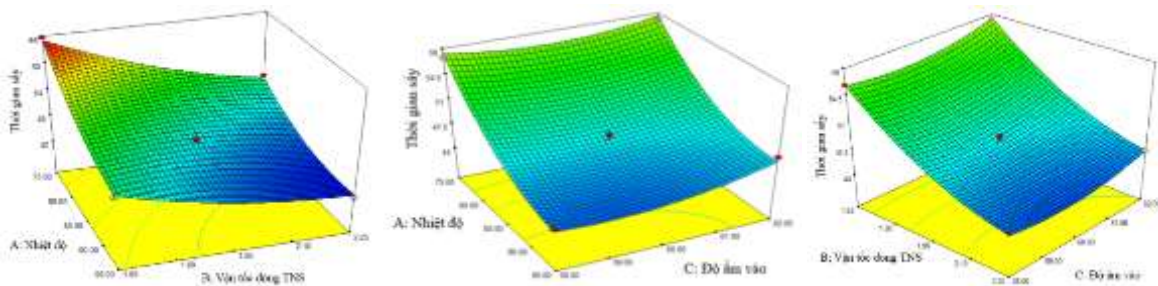
Lựa chọn nguyên lý sấy tháp với các thông số kết cấu như khoảng cách đỉnh kênh 350 mm; Bước hàng kênh 500 mm; Bề rộng kênh 165 mm; Chiều cao kênh 225 mm và góc đỉnh kênh 53° là phù hợp cho sấy sản cực.

Kết quả thực nghiệm tìm được khoảng giá trị nhiệt độ sấy từ 75-95°C, vận tốc dòng tác nhân sấy 1,65-2,25 m/s.

Kết quả nghiên cứu xác định được các thông số công nghệ sấy tối ưu: nhiệt độ sấy 87,52°C; vận tốc dòng tác nhân sấy 1,9 m/s; độ ẩm nguyên liệu 58,68%; thời gian sấy 47,88805 giờ và chi phí năng lượng riêng 1,18475 kWh/kg H₂O.



Hình 7. Đồ thị mặt biểu diễn sự phụ thuộc của các yếu tố ảnh hưởng đến chi phí năng lượng riêng



Hình 8. Đồ thị mặt đáp ứng biểu diễn sự phụ thuộc của các yếu tố ảnh hưởng đến thời gian sấy

Bảng 5. Kết quả phương án tối ưu

Nhiệt độ TNS T (°C)	Vận tốc dòng TNS v (m/s)	Độ ẩm vào nguyên liệu (%)	Thời gian sấy t (giờ)	Chi phí năng lượng riêng q (kWh/kg H ₂ O)	Hàm mong đợi
87,52	1,90	58,68	47,8805	1,18475	0,724

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Tổng cục thống kê (2016). Niên giám thống kê. Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội.
- Tổng cục thống kê (2017). Niên giám thống kê. Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội.
- Tung Nguyen Dinh (2018). An investigation of lifting and discharging cassava roots system using hydraulic transmission. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*. 9(11): 297-308.
- Nguyễn Tuấn Anh, Lê Minh Lư & Nguyễn Đình Tùng (2017). Nghiên cứu xác định các thông số cơ bản ảnh hưởng tới quá trình tạt liệu/tháo liệu đối với vật liệu sản cục trong hệ thống sấy tháp dạng kênh. Hội nghị cơ khí động lực lần thứ 10. *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng*. 4: 172-177.
- Nguyen Dinh Tung (2009). Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur energetischen Nutzung landwirtschaftlicher Abfälle aus Vietnam. Dissertation, Universität Rostock, Deutschland. p. 8
- ESPE (2018). ESPE Energy Professionals, Biomass Cogenerators. Catalog Chip50. Espegroup.com
- Tung Dinh Nguyen and Dieter Steinbrecht (2008). Modeling a Combined Heat and Power Cogeneration System in Vietnam with a Fluidized Bed Combustor Burning Biomass, *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript EE 08 008. 10.
- Liberty J.T. & Dzivama A.U. (2013). Design, Construction and Performance Evaluation of Cassava Chips Dryer Using Fuel Wood, *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, ISSN: 2249 - 8958. 2(4).
- Nguyễn Đình Tùng (2015). Nghiên cứu sấy lạc trong máy sấy dòng cắt nhau. *Tạp chí Công nghiệp Nông thôn*. 20: 8-12.
- Nguyễn Tuấn Anh, Nguyễn Đình Tùng, Lê Minh Lư (2018). Nghiên cứu thực nghiệm sự ảnh hưởng của các thông số kết cấu của kênh sấy trong quá trình sấy sản khô dạng cục. *Kỷ yếu Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ V (VCME 2018)*, ISBN: 978-604-67-1103-2. tr. 1109.
- Phạm Văn Lang & Bạch Quốc Khang (1998). Cơ sở lý thuyết quy hoạch thực nghiệm và ứng dụng trong kỹ thuật nông nghiệp. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- Design - Expert version 7.1 (2007). Software for design of experiments, Stat - Ease, Inc, Minneapolis, USA.