

NGHIÊN CỨU HOÀN THIỆN QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ SẤY QUẢ THẢO QUẢ HÀ GIANG

Nguyễn Văn Lợi¹

TÓM TẮT

Quả thảo quả là loại quả có giá trị kinh tế cao, được sử dụng làm thuốc đông y và làm gia vị thực phẩm. Mục tiêu của nghiên cứu này là tối ưu hóa các thông số công nghệ và hoàn thiện quy trình công nghệ sấy quả thảo quả. Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố đã xác định được các yếu tố: độ dày lớp nguyên liệu trên khay sấy, nhiệt độ và vận tốc gió đều ảnh hưởng đến thời gian sấy. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố đã xây dựng được phương trình hồi quy tuyến tính có dạng: $Y = 6,93 + 0,45X_1 - 0,53X_2 - 0,48X_3 - 0,098X_1X_2 - 0,39X_1X_3 + 0,125X_2X_3$. Từ đó đã hoàn thiện được quy trình sấy khô quả thảo quả Hà Giang với các thông số công nghệ tối ưu là: độ dày của lớp quả thảo quả trên khay sấy là 4,62 cm, tương ứng với hai lớp quả thảo quả, nhiệt độ sấy 67,5°C và vận tốc gió là 1,3 m/s. Với điều kiện sấy như trên thì thời gian sấy mỗi mẻ quả thảo quả là 6,33 giờ và độ ẩm đạt 12-13%.

Từ khóa: Độ ẩm, quả thảo quả, quy trình sấy, thời gian sấy, tối ưu hóa.

1. MỞ ĐẦU

Cây thảo quả có tên khoa học là *Amomum aromaticum* Roxb, được trồng và mọc hoang ở những vùng khí hậu mát miền Bắc nước ta, như: Hà Giang, Lào Cai, Yên Bái, Lai Châu, Điện Biên, Cao Bằng, Lạng Sơn...[1, 2]. So với các địa phương trên thì Hà Giang có nhiều tiềm năng, lợi thế (thời tiết, tiểu khí hậu, thổ nhưỡng, diện tích tự nhiên) thuận lợi hơn để phát triển cây thảo quả. Tính đến cuối năm 2020 diện tích trồng thảo quả ở Hà Giang là trên 9.200 ha và được phân bố ở hầu hết các huyện. Các kết quả nghiên cứu cho thấy cây thảo quả trồng ở Hà Giang cho quả có hàm lượng tinh dầu cao hơn khi trồng ở địa phương khác cùng khu vực, đặc biệt hàm lượng tinh dầu lên tới 2,2% [3]. Thành phần của quả thảo quả gồm có carbohydrate, chất xơ, protein, vitamin C, niacin, pyridoxine, riboflavin, thiamin, sắt, canxi, magie, mangan, kẽm, tinh dầu, tinh bột và các hợp chất alkaloid [1, 2]. Quả thảo quả được sử dụng làm thuốc đông y và làm gia vị thực phẩm. Loại quả này có mùi thơm, vị cay, trong gia vị thực phẩm quả thảo quả được dùng để nấu phở và sử dụng để làm tăng vị cay, mùi thơm cho thực phẩm. Quả thảo quả có tính ôn hòa, có tác dụng trừ hàn, trừ đờm, ấm bụng, tiêu tích, giúp ăn ngon miệng và giải độc... Trong dân gian, thảo quả chủ yếu dùng để làm thuốc kích thích

tiêu hóa, phòng chống nôn mửa, trướng bụng, ho, tiêu chảy, đờm đặc gây khó thở và phòng chống hôi miệng... [1, 2]. Hiện nay, ở các tỉnh phía Bắc nói chung và tỉnh Hà Giang nói riêng, việc làm khô quả thảo quả chủ yếu sử dụng phương pháp sấy thủ công (sấy bằng củi gỗ). Phương pháp này có ưu điểm là chi phí thấp, nhưng nhược điểm là gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến môi trường sinh thái, sản phẩm sau khi sấy dễ nhiễm mùi của khói, thời gian sấy dài và các thông số kỹ thuật không ổn định, dẫn tới chất lượng sản phẩm không đồng đều. Vì thế, để nâng cao chất lượng và đảm bảo sự đồng đều về chất lượng của sản phẩm quả thảo quả sấy khô giữa các cơ sở, các hộ dân tham gia vào chuỗi chế biến quả thảo quả tại địa phương, cần phải có một quy trình sấy thống nhất và phù hợp tại địa phương. Từ đó góp phần xây dựng thương hiệu cho sản phẩm này trên địa bàn tỉnh Hà Giang. Do thời điểm thu hoạch quả thảo quả tại Hà Giang thường từ tháng 8-9 là thời điểm mùa mưa, đồng thời nơi trồng thảo quả thường ở trong rừng, vì thế cường độ ánh nắng mặt trời yếu. Vì vậy, nghiên cứu này tiến hành sấy quả thảo quả bằng nhiệt độ cao và sử dụng năng lượng điện. Mục tiêu của nghiên cứu là tối ưu hóa các thông số công nghệ và xây dựng quy trình sấy khô quả thảo quả tại tỉnh Hà Giang là rất cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao.

¹ Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội
Email: nguyenvanloi@hus.edu.vn

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

2.1.1. Vật liệu thí nghiệm

Nguyên liệu sử dụng là quả thảo quả tươi thu mua tại xã Năm Dăn, huyện Xin Mần, tỉnh Hà Giang ở thời điểm từ 165 đến 180 ngày (kể từ khi đậu quả). Quả thảo quả phải tươi, có dạng hình trứng hay hình elip, đảm bảo nguyên vẹn, không bị tổn thương, không bị sâu, bệnh, đường kính trung bình của quả là 2,2 cm, chiều dài trung bình của quả là 3,8 cm, khối lượng trung bình của quả là 13,6 g, hàm lượng nước trung bình của quả là 71,69%, quả có màu đỏ đậm tươi, hạt có màu nâu đen hay nâu xám, thịt có màu trắng xen lẫn màu hơi nâu, cấu trúc giòn, mùi thơm đặc trưng, vị cay nóng. Quả thảo quả được đựng trong thùng xốp đục lỗ và vận chuyển về phòng thí nghiệm, bảo quản trong tủ lạnh nhiệt độ từ 4 - 6°C để chờ tiến hành các thí nghiệm sấy.

2.1.2. Thiết bị sấy thí nghiệm

Sử dụng thiết bị sấy DAKH do Việt Nam chế tạo. Đây là loại thiết bị sấy đối lưu cưỡng bức, cấp nhiệt bằng điện trở, công suất bộ gia nhiệt 2 kW. Quạt gió có công suất 0,37 kW, tốc độ gió được điều khiển bằng biến tần. Số khay sấy 12, khối lượng nguyên liệu trung bình và tối đa mỗi mẻ sấy tương ứng là 150 kg và 180 kg quả thảo quả.



Hình 1. Thiết bị sấy thí nghiệm DAKH

Ghi chú: 1- Còi cảnh báo, 2- Nút tắt, 3- Nút mở 4- Nút nguồn, 5- Đồng hồ điều khiển nhiệt, 6- Biến tần điều khiển tốc độ động cơ, 7- Khay sấy, 8- Cánh buồng sấy, 9- Buồng sấy, 10- Bánh xe

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thực nghiệm đơn yếu tố

Áp dụng nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố để nghiên cứu ảnh hưởng riêng của 3 yếu tố: độ dày lớp

nguyên liệu Z_1 (cm), nhiệt độ sấy Z_2 (°C) và vận tốc gió Z_3 (m/s) đến thời gian sấy Y (h) [3].

Thí nghiệm 1: Xác định ảnh hưởng của độ dày lớp nguyên liệu đến thời gian sấy. Tiến hành thí nghiệm với độ dày của lớp nguyên liệu là 2,2 cm (một lớp), 4,4 cm (hai lớp), 6,6 cm (ba lớp), 8,8 cm (bốn lớp) và 11 cm (năm lớp) quả thảo quả; nhiệt độ sấy là 65°C và vận tốc gió là 1,5 m/s.

Thí nghiệm 2: Xác định ảnh hưởng của nhiệt độ đến thời gian sấy. Thí nghiệm sấy ở nhiệt độ là 45°C, 50°C, 55°C, 60°C, 65°C, 70°C, 75°C, 80°C độ dày của lớp nguyên liệu là 4,4 cm và vận tốc gió là 1,5 m/s.

Thí nghiệm 3: Tiến hành sấy quả thảo quả với tốc độ gió 0,5 m/s, 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s, 2,5 m/s, 3 m/s và nhiệt độ sấy là 65°C, độ dày của lớp nguyên liệu là 4,4 cm.

2.2.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố

Áp dụng phương pháp nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố (hay phương pháp quy hoạch thực nghiệm) để nghiên cứu ảnh hưởng đồng thời của 3 yếu tố: Độ dày lớp nguyên liệu Z_1 (cm), nhiệt độ sấy Z_2 (°C) và vận tốc gió Z_3 (m/s) đến thời gian sấy Y (h). Ma trận thí nghiệm được xây dựng theo phương án quy hoạch thực nghiệm bậc 1 của Box - Wilson [4, 5, 6]. Tổng số thí nghiệm theo phương án này được tính theo công thức:

$$N = 2^m + N_0$$

Trong đó: 2^m là số thí nghiệm ở mức trên và dưới (m là số yếu tố ảnh hưởng); N_0 - số thí nghiệm ở mức trung tâm.

Với số yếu tố đầu vào $m = 3$ và chọn số thí nghiệm ở mức trung tâm $N_0 = 3$ thì tổng số thí nghiệm là:

$$N = 2^3 + 3 = 11$$

Từ hệ tọa độ Z_1, Z_2, Z_3 chuyển sang hệ tọa độ X_1, X_2, X_3 theo công thức sau:

$$X_i = \frac{Z_i - Z_{in}}{\Delta Z_i} \text{ và } \Delta Z_i = \frac{Z_{it} - Z_{id}}{2}$$

Với X_i là giá trị mã hóa của các yếu tố thứ i ($i = 1 - 3$); Z_{it}, Z_{in}, Z_{id} là giá trị thực của các yếu tố thứ i ở mức trên, mức giữa và mức dưới; ΔZ_i là khoảng biến thiên của các yếu tố thứ i ; Z_{it}, Z_{in}, Z_{id} có giá trị mã hóa là -1, 0, +1 [4, 5, 6].

2.2.3. Phương pháp xác định một số thông số công nghệ

- Phương pháp xác định thời gian sấy: Thời gian sấy là khoảng thời gian thực hiện một mẻ sấy được tính từ lúc bắt đầu sấy đến khi sản phẩm đạt độ khô theo yêu cầu công nghệ (12-13%) và được xác định bằng đồng hồ đo thời gian.

- Phương pháp xác định nhiệt độ dòng khí sấy: Nhiệt độ dòng khí sấy được xác định bằng thiết bị đo nhiệt độ điện tử hiện số nhãn hiệu SGK-MF-904, khoảng đo từ -40 - 200°C, sai số $\pm 0,5^\circ\text{C}$ [4, 5].

- Phương pháp xác định vận tốc gió: Vận tốc gió được xác định bằng thiết bị đo tốc độ gió Testo 405 - V₁ do Đức sản xuất [4, 5].

- Phương pháp xác định độ ẩm vật liệu sấy: Độ ẩm vật liệu sấy được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi ở 105°C [4, 5]. Độ ẩm của mẫu được tính theo công thức sau:

$$X = \frac{(G_1 + G_2)}{(G_1 - G)} \cdot 100\%$$

Trong đó: X là độ ẩm của nguyên liệu sấy (%); G₁ là khối lượng cốc sấy và mẫu thử trước khi sấy (g); G₂ là khối lượng cốc thử và mẫu thử sau khi sấy (g); G là khối lượng cốc sấy (g).

Mức độ biến đổi độ ẩm trong quá trình sấy [4, 5] được tính theo công thức sau:

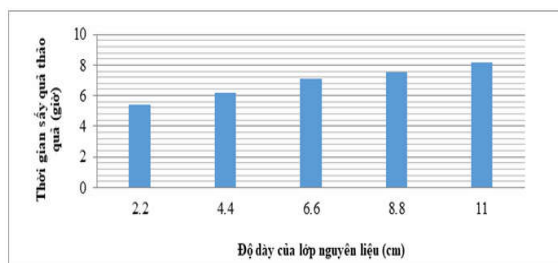
$$W_2 = 100 - \frac{G_1(100 - W_1)}{G_2} (\%)$$

Trong đó: G₁, G₂ là khối lượng của nguyên liệu trước và sau khi sấy (g); W₁, W₂ là độ ẩm của nguyên liệu trước và sau khi sấy (%).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố

3.1.1. Ảnh hưởng của độ dày lớp nguyên liệu đến thời gian sấy



Hình 2. Ảnh hưởng của độ dày lớp nguyên liệu đến thời gian sấy

Điều kiện thí nghiệm: Nhiệt độ không khí sấy Z₂=65°C và vận tốc gió Z₃=1,5 m/s.

Quả thảo quả thường có đường kính dao động từ 1,9 đến 2,6 cm, trong quá trình sấy độ dày của lớp nguyên liệu cũng ảnh hưởng rất lớn đến thời gian sấy. Tiến hành khảo sát độ dày của lớp quả thảo quả là 2,2 cm; 4,4 cm; 6,6 cm; 8,8 cm và 11 cm. Kết quả được trình bày ở hình 2.

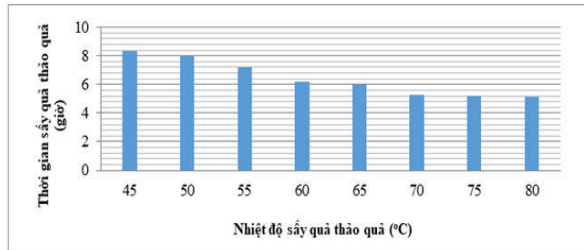
Hình 2 cho thấy khi độ dày của lớp nguyên liệu càng mỏng thì thời gian sấy càng nhanh. Khi sấy ở độ dày lớp nguyên liệu là 2,2 cm, thì thời gian sấy là 5 giờ 40 phút; nhưng khi sấy với độ dày lớp nguyên liệu là 4,4 cm thì thời gian sấy là 6 giờ 20 phút; độ dày lớp nguyên liệu là 6,6 cm thì thời gian sấy là 7 giờ 10 phút. Tương tự với độ dày lớp nguyên liệu là 8,8 cm thì thời gian sấy là 7 giờ 50 phút và độ dày lớp nguyên liệu là 11 cm thì thời gian sấy là 8 giờ 20 phút. So sánh giữa sấy với độ dày lớp nguyên liệu là 8,8 cm với 11 cm quả thảo quả thì sự chênh lệch thời gian sấy không lớn như khi sấy ở độ dày lớp nguyên liệu thấp hơn. Tuy nhiên, khi sấy ở độ dày lớp nguyên liệu quá lớn thì quá trình làm bay hơi nước chậm, thời gian sấy dài, làm tăng chi phí cho quá trình sấy, chất lượng cảm quan của sản phẩm càng giảm. Vì khi chiều dày của lớp nguyên liệu tăng, quá trình thoát hơi nước bị hạn chế, do diện tích tiếp xúc của bề mặt nguyên liệu với môi trường bị hạn chế, nguyên liệu phía dưới bị nguyên liệu phía trên che phủ. Vì thế, quả thảo quả ở phía trên bề mặt có quá trình thoát ẩm mạnh sẽ được làm khô trước, còn quả thảo quả ở phía dưới do quá trình thoát ẩm kém nên được làm khô sau. Do đó dẫn tới thời gian sấy kéo dài, gây ra hiện tượng biến đổi xấu về trạng thái, hình dạng và màu sắc. Nếu sấy với độ dày thấp thì thời gian sấy sẽ nhanh hơn, nhưng sẽ không tận dụng được thể tích hữu ích của thiết bị sấy. Kết quả này cũng tương đồng với kết quả của Angom I. S và Anand K. P (2013) [7]. Vì vậy, để thời gian sấy không quá cao và không quá thấp và chất lượng cảm quan không bị biến đổi xấu thì độ dày thích hợp của lớp nguyên liệu trên khay sấy là Z₁= 4,4 - 8,8 cm.

3.1.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến thời gian sấy

Điều kiện thí nghiệm: độ dày của lớp nguyên liệu là Z₁= 6,6 cm và vận tốc gió Z₃=1,5 m/s.

Kết quả nghiên cứu cho thấy khi tăng nhiệt độ sấy thì thời gian sấy sẽ giảm, tuy nhiên khi tăng nhiệt độ quá cao sẽ làm ảnh hưởng đến chất lượng của sản

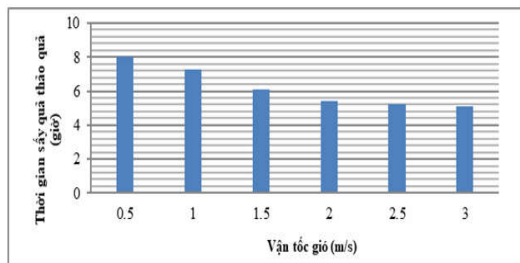
phẩm, làm cho sản phẩm bị cháy, làm mất mùi thơm... Trong nghiên cứu này khảo sát khoảng nhiệt độ sấy là 45°C, 50°C, 55°C, 60°C, 65°C, 70°C, 75°C, 80°C. Kết quả được thể hiện ở hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến thời gian sấy

Hình 3 cho thấy, khi sấy quả thảo quả ở nhiệt độ 45°C thì thời gian sấy là 8 giờ 30 phút, khi tăng nhiệt độ sấy lên 50°C thì thời gian sấy là 8 giờ, nhiệt độ sấy là 55°C thì thời gian sấy 7 giờ 20 phút, nhiệt độ sấy là 60°C thì thời gian sấy là 6 giờ 20 phút. Tương tự khi sấy ở nhiệt độ 65°C thì thời gian sấy là 6 giờ, sấy ở nhiệt độ 70°C thời gian sấy là 5 giờ 30 phút, sấy ở nhiệt độ 75°C thì thời gian sấy là 5 giờ 20 phút và khi sấy ở nhiệt độ 80°C thì thời gian sấy là 5 giờ 15 phút. Qua đó cho thấy khi tăng nhiệt độ thì quá trình bay hơi nước càng nhanh làm cho thời gian sấy càng giảm. So sánh sấy ở nhiệt độ 70°C, 75°C và 80°C cho thấy sự chênh lệch về thời gian không đáng kể. Đặc biệt khi sấy ở nhiệt độ quá cao sẽ làm mất mùi thơm của quả thảo quả, các cấu tử tạo mùi thơm sẽ bị phân hủy bởi nhiệt độ cao, đồng thời làm cho quả thảo quả có thể bị cháy. So với kết quả của Angom I. S và Anand K. P (2013) [7] thì kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp. Vì vậy, để giữ mùi thơm cho quả thảo quả sau khi sấy và tiết kiệm thời gian và điện năng cho quá trình sấy, khoảng nhiệt độ sấy thích hợp là $Z_2 = 60 - 70^\circ\text{C}$.

3.1.3. Ảnh hưởng của vận tốc gió đến thời gian sấy



Hình 4. Ảnh hưởng của vận tốc gió đến thời gian sấy

Điều kiện thí nghiệm: độ dày của lớp nguyên liệu là $Z_1 = 6,6 \text{ cm}$ và nhiệt độ sấy $Z_2 = 65^\circ\text{C}$.

Vận tốc gió cũng ảnh hưởng rất lớn đến thời gian sấy quả thảo quả. Tốc độ gió quá lớn hoặc quá nhỏ đều không có lợi cho quá trình sấy. Tiến hành sấy quả thảo quả với tốc độ 0,5 m/s, 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s, 2,5 m/s, 3 m/s. Kết quả ảnh hưởng của vận tốc gió đến thời gian sấy được thể hiện ở hình 4.

Hình 4 cho thấy, khi sấy với tốc độ gió 0,5 m/s thì thời gian sấy là 8 giờ. Do tốc độ gió thấp nên chất lượng quả thảo quả không đều trong buồng sấy, những nơi ở cuối luồng gió quả thảo quả bị ẩm nhiều. Vì lượng gió không đủ mang hơi ẩm của quả thảo quả đi, dẫn tới thời gian sấy kéo dài, đồng thời xảy ra hiện tượng thủy phân và oxy hóa làm giảm chất lượng của sản phẩm. Khi tăng tốc độ gió là 1 m/s thì thời gian sấy là 7 giờ 30 phút, tăng vận tốc gió 1,5 m/s thì thời gian sấy là 6 giờ 10 phút, vận tốc gió là 2 m/s thì thời gian sấy là 5 giờ 40 phút. Tuy nhiên, khi tăng vận tốc gió lên 2,5 m/s và 3 m/s thời gian sấy giảm không đáng kể so với vận tốc gió 2 m/s. Khi tăng tốc độ gió quá cao, dẫn tới quá trình tách ẩm ở bề mặt quả thảo quả mạnh làm cho bề mặt quả khô nhanh, do quá trình khuếch tán ngoại mạnh hơn quá trình khuếch tán nội, dẫn đến bề mặt sản phẩm bị biến dạng mạnh, co nhân và bay hơi hàm lượng chất thơm của sản phẩm. Hơn nữa gió lớn cần quạt có công suất cao, tăng chi phí năng lượng cho quá trình sấy. Kết quả này cũng tương đồng với kết quả của Angom I. S và Anand K. P (2013) [7]. Do đó, để đảm bảo chất lượng và tiết kiệm được thời gian và chi phí năng lượng cho quá trình sấy, vận tốc gió thích hợp là $Z_3 = 1 - 2 \text{ m/s}$.

Từ các kết quả thí nghiệm ở hình 2, 3 và 4, chọn được khoảng nghiên cứu thích hợp của các yếu tố là: độ dày của lớp nguyên liệu $Z_1 = 4,4 - 8,8 \text{ cm}$, nhiệt độ sấy $Z_2 = 60 - 70^\circ\text{C}$ và vận tốc gió $Z_3 = 1 - 2 \text{ m/s}$. Ứng với khoảng nghiên cứu trên thì thời gian sấy, chất lượng sản phẩm và chi phí điện năng cho quá trình sấy có giá trị tương đối tốt.

3.2. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố

3.2.1. Chọn mức biến thiên, khoảng biến thiên của các yếu tố

Mức biến thiên, khoảng biến thiên của các yếu tố trong nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố được lựa chọn theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố (mục 3.1). Kết quả lựa chọn mức biến thiên, khoảng biến thiên và giá trị mã hóa của các yếu tố ảnh hưởng được ghi trong bảng 1.

Bảng 1. Mức biến thiên, khoảng biến thiên và giá trị mã hoá của các yếu tố

TT	Các mức	Các yếu tố ảnh hưởng		
		Độ dày của lớp nguyên liệu Z_1 (cm)	Nhiệt độ sấy Z_2 (°C),	Vận tốc gió Z_3 (m/s)
1	Mức trên (+1)	8,8	70	2
2	Mức giữa (0)	6,6	65	1,5
3	Mức dưới (-1)	4,4	60	1
4	Khoảng biến thiên ΔZ_i	2,2	5	0,5

Mô hình toán hàm thời gian sấy quả thảo quả Y được biểu diễn bằng phương trình hồi quy bậc 1 có dạng như sau:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 \quad (1)$$

3.2.2. Xây dựng ma trận thí nghiệm

Tiến hành thí nghiệm sấy quả thảo quả theo phương án quy hoạch thực nghiệm bậc 1 Box-Willson với tổng số 11 thí nghiệm, trong đó có 8 thí nghiệm ở mức trên và dưới và 3 thí nghiệm ở mức trung tâm. Ma trận và kết quả thí nghiệm được ghi trong bảng 2. Hàm mục tiêu thời gian sấy Y (h) là giá trị trung bình của 3 lần thí nghiệm lặp lại.

Bảng 2. Ma trận và kết quả thí nghiệm

Số thí nghiệm	Z_1	Z_2	Z_3	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	Y
1	4,4	60	1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	7,1
2	8,8	60	1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	9
3	4,4	70	1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	6
4	8,8	70	1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	7,5
5	4,4	60	2	-1	-1	+1	+1	-1	-1	6,7
6	8,8	60	2	+1	-1	+1	-1	+1	-1	7
7	4,4	70	2	-1	+1	+1	-1	+1	+1	6
8	8,8	70	2	+1	+1	+1	+1	+1	+1	6,1
9	6,6	65	1,5	0	0	0	0	0	0	6,9
10	6,6	65	1,5	0	0	0	0	0	0	6,9
11	6,6	65	1,5	0	0	0	0	0	0	6,9

3.2.3. Tối ưu hoá các thông số công nghệ của quá trình sấy

Bảng 3. Kết quả phân tích ANOVA của mô hình

TT	Hệ số	Giá trị b	Giá trị thực	Giá trị p
1	Hằng số	b_0	6,93	<0,0001*
2	Độ dày của lớp nguyên liệu (X_1)	b_1	0,45	0,0090
3	Nhiệt độ sấy (X_2)	b_2	-0,53	0,0075
4	Vận tốc gió (X_3)	b_3	-0,48	0,0083
5	X_1X_2	b_{12}	-0,098	0,0402
6	X_1X_3	b_{13}	-0,39	0,0100
7	X_2X_3	b_{23}	0,125	0,0315

Từ kết quả ở bảng 2, sử dụng phần mềm Statgraphicscenturion XVI, Excel để xác định các hệ số hồi quy theo phương trình (1). Phân tích thống kê cho thấy sai tiêu chuẩn của tất cả các mẫu đều nhỏ hơn 0,05%. Kết quả này chứng tỏ có sự phù hợp giữa

lý thuyết và thực nghiệm, đồng thời đảm bảo độ tin cậy trong nghiên cứu thực nghiệm. Phân tích ANOVA cho thấy, mối tương quan chặt chẽ giữa các yếu tố ảnh hưởng lên hàm mục tiêu Y với ($R^2 > 0,9$). Kết quả phân tích ANOVA của mô hình được ghi trong bảng 3.

Sau khi tính toán và kiểm tra, đảm bảo sự tương thích của mô hình tính toán với thực nghiệm, từ đó thu được phương trình hồi quy dạng tuyến tính:

$$Y = 6,93 + 0,45X_1 - 0,53X_2 - 0,48X_3 - 0,098X_1X_2 - 0,39X_1X_3 + 0,125X_2X_3 \quad (2)$$

Từ phương trình hồi quy cho thấy, với các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy đã được lựa chọn trong nghiên cứu này: Độ dày của lớp nguyên liệu X_1 (cm), nhiệt độ sấy X_2 (°C) và vận tốc gió X_3 (m/s) đều có ảnh hưởng lớn đến thời gian sấy. Xét về mức độ ảnh hưởng đến thời gian sấy: Khi nhiệt độ sấy là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất ($b_2 = -0,53$), sau đó là tốc độ

gió ($b_3 = -0,48$) và cuối cùng là độ dày của lớp nguyên liệu ($b_1 = 0,45$) với ($p < 0,05$). Xét về chiều biến thiên của các yếu tố: Khi nhiệt độ và vận tốc gió tăng thì thời gian sấy giảm (vì hệ số b_2 và b_3 mang dấu âm) và khi độ dày lớp vật liệu sấy tăng thì thời gian sấy tăng (b_1 mang dấu dương) phù hợp với bản chất vật lý của quá trình sấy.

Từ phương trình hồi quy hàm thời gian sấy Y , bằng cách đạo hàm riêng đối với mỗi yếu tố X_i và cho bằng 0 thu được hệ 3 phương trình tuyến tính. Giải hệ phương trình này, được giá trị tối ưu dạng mã hóa của các yếu tố vào X_1, X_2, X_3 như sau:

$$X_1 = -0,9, X_2 = 0,5 \text{ và } X_3 = -0,4$$

Thay các giá trị X_1, X_2, X_3 vào phương trình (2) xác định được giá trị tối ưu của hàm thời gian sấy như sau:

$$Y = 6,93 + 0,45(-0,9) - 0,53(0,5) - 0,48(-0,4) - 0,098(-0,9)(0,5) - 0,39(-0,9)(-0,4) + 0,125(0,5)(-0,4) = 6,33 \text{ giờ.}$$

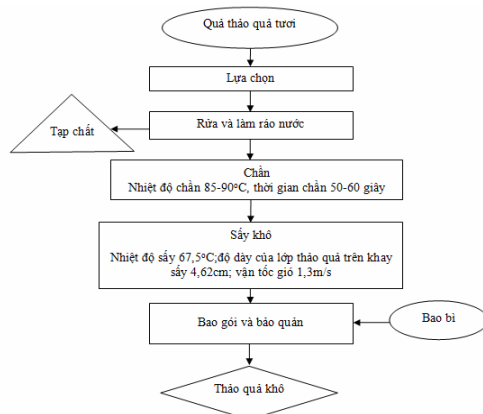
Chuyển sang giá trị thực của các yếu tố X_i theo công thức: $Z_i = X_i \Delta Z_i + Z_i^0$

Thay các giá trị X_1, X_2, X_3 vào biểu thức trên thu được $Z_1 = -0,9 \times 2,2 + 6,6 = 4,62 \text{ cm}$; $Z_2 = 0,5 \times 5 + 65 = 67,5^\circ\text{C}$, $Z_3 = -0,4 \times 0,5 + 1,5 = 1,3 \text{ m/s}$.

Vậy điều kiện tối ưu sấy quả thảo quả là độ dày của lớp nguyên liệu 4,62 cm, tương ứng với hai lớp quả, nhiệt độ sấy là $67,5^\circ\text{C}$ và vận tốc gió là 1,3 m/s, khi đó thời gian sấy là 6,33 giờ và độ ẩm thảo quả là 12-13%.

3.3. Hoàn thiện quy trình công nghệ sấy quả thảo quả

3.3.1. Sơ đồ quy trình công nghệ sấy quả thảo quả



Hình 5. Sơ đồ quy trình công nghệ sấy hoàn thiện quả thảo quả

Từ các kết quả tối ưu hoá thời gian sấy, đã đề xuất sơ đồ quy trình công nghệ sấy quả thảo quả như hình 5.

3.3.2. Thuyết minh quy trình



Hình 6. Quả thảo quả tươi



Hình 7. Quả thảo quả sấy khô

Bước 1. Lựa chọn quả thảo quả: Quả thảo quả phải đảm bảo các tiêu chuẩn an toàn vệ sinh thực phẩm, có màu đỏ tươi, không bị sâu bệnh, không bị tổn thương, không bị đốm đen. Chỉ lựa chọn những quả thảo quả đạt độ chín theo yêu cầu, ở thời điểm có hàm lượng chất thơm và các thành phần dinh dưỡng lớn nhất.

Bước 2. Rửa và làm ráo nước: Sau khi lựa chọn được quả thảo quả đạt tiêu chuẩn. Quả thảo quả được loại bỏ các tạp chất, loại bỏ các phần không sử dụng được, tách quả ra khỏi buồng, rửa sạch đất bẩn và lá cây còn bám trên vỏ quả. Cho quả thảo quả vào rổ và để ráo nước

Bước 3. Chần: Trước khi sấy quả thảo quả cần phải chần ở nhiệt độ từ $85-90^\circ\text{C}$, trong thời gian từ 50-60 giây, nhằm mục đích ức chế sự hoạt động của enzyme oxy hóa khử, hạn chế sự biến đổi màu sắc của quả thảo quả.

Bước 4. Sấy khô: Sau khi quả thảo quả được để ráo nước, tiến hành rải đều ra các khay và đưa vào buồng sấy. Tiến hành sấy ở chế độ sấy tối ưu với nhiệt độ $67,5^\circ\text{C}$, độ dày của lớp thảo quả trên khay sấy 4,62 cm tương ứng với hai lớp quả và vận tốc gió là 1,3 m/s. Với điều kiện này thì thời gian sấy mỗi mẻ thảo quả là 6,33 giờ. Sản phẩm sấy có màu phớt vàng - màu đặc trưng của sản phẩm quả thảo quả sấy.

Bước 5. Bao gói và bảo quản: Quả thảo quả sau khi được làm khô, để nguội được bao gói trong bao bì gồm 2 lớp, bên trong là lớp bao bì ni lông dày và dai, bên ngoài là lớp bao tải. Sản phẩm sau khi bao gói kín đưa vào trong kho bảo quản. Yêu cầu kho phải khô ráo, tránh mưa nắng tác động trực tiếp, tránh côn trùng xâm nhập.

Không được để quả thảo quả khô trực tiếp xuống nền kho mà phải để trên các giá kê, cách nền kho ít nhất là 50 cm, tách tường và cách trần ít nhất

là 30 cm để hạn chế hiện tượng hút ẩm. Trong quá trình bảo quản phải thường xuyên kiểm tra và đánh giá chất lượng.

4. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố đã xác định được các yếu tố: độ dày lớp nguyên liệu trên khay sấy, nhiệt độ và vận tốc gió đều ảnh hưởng đến thời gian sấy. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố đã xây dựng được phương trình hồi quy tuyến tính có dạng:

$$Y = 6,93 + 0,45X_1 - 0,53X_2 - 0,48X_3 - 0,098X_1X_2 - 0,39X_1X_3 + 0,125X_2X_3$$

Từ đó đã hoàn thiện được quy trình sấy khô quả thảo quả Hà Giang với các thông số công nghệ tối ưu là: độ dày của lớp quả thảo quả trên khay sấy là 4,62 cm tương ứng với hai lớp quả thảo quả, nhiệt độ sấy 67,5°C và vận tốc gió là 1,3 m/s. Với điều kiện như vậy thì thời gian sấy mỗi mẻ quả thảo quả là 6,33 giờ và độ ẩm đạt 12-13%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Tất Lợi (2014). *Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam*. Nhà xuất bản Y học, 409-410.
2. Lê Đình Môi, Lưu Đàm Cư, Trần Minh Hợi, Trần Huy Thái, Ninh Khắc Bản (2002). *Tài nguyên*

thực vật có tinh dầu ở Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 327-330.

3. Nguyễn Văn Lợi, Nguyễn Thị Thu Hiền, Phạm Thị Bình (2020). *Xây dựng quy trình sản xuất tinh dầu từ quả thảo quả Hà Giang*. Tạp chí Nông nghiệp và PTNT, 21, 55-62.

4. Nguyễn Thị Mỹ Trang, Vũ Ngọc Bội, Nguyễn Thị Hương, Hoàng Thái Hà, Đặng Xuân Cường (2016). *Nghiên cứu tối ưu hóa công đoạn sấy rong nho (Caulerpa lentillifera) bằng kỹ thuật sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy sản, 4, 133-139.

5. Sagar V. R, Suresh P. K (2010). *Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables a review*. Journal of Food science and Technology, 47, 15-26.

6. Derringer G, Suich R (1980). *Simultaneous optimization of several responses variables*. Journal of Quality Technology, 12, 214-219.

7. Angom I. S, Anand K. P (2013). *Postharvest Processing of Large Cardamom in the Eastern Himalaya*. Journal of Mountain Research and Development, 33(4), 453-462.

STUDY ON THE COMPLETE DRYING TECHNOLOGY PROCESS FOR CARDAMOM (*Amomum aromaticum* Roxb) IN HA GIANG

Nguyen Van Loi¹

¹University of Science, Vietnam National University

Email: nguyenvanloi@hus.edu.vn

Summary

Cardamom (*Amomum aromaticum* Roxb) is a fruit with high economic value, used as traditional medicine and as a food condiment. The purpose of this study is to optimize the technological parameters and complete drying technology process for *Amomum aromaticum* Roxb. The research results show that the factors of material layer thickness, temperature and wind speed affecting drying time have been identified. Thereby establishing a linear regression equation of the form: $Y = 6.93 + 0.45X_1 - 0.53X_2 - 0.48X_3 - 0.098X_1X_2 - 0.39X_1X_3 + 0.125X_2X_3$. From that, a complete drying technology process for *Amomum aromaticum* Roxb in Ha Giang with the following technological parameters: Drying at a temperature of 67.5°C, the thickness of the *Amomum aromaticum* Roxb layer on the drying tray of 4.62 cm corresponding to two layers of fruit and wind speed is 1.3 m/s. With this condition, the drying time for each batch of *Amomum aromaticum* Roxb is 6.33 hours and the moisture content is 12-13%.

Keywords: Moisture content, cardamom (*Amomum aromaticum* Roxb), drying process, drying time, optimization.

Người phản biện: PGS.TS. Trần Như Khuyến

Ngày nhận bài: 14/7/2021

Ngày thông qua phản biện: 16/8/2021

Ngày duyệt đăng: 23/8/2021