

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH THÔNG SỐ SẤY TỐI ƯU CHO MÁY SẤY QUẢ VẢI U HỒNG TƯƠI BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐỐI LƯU CƯỜNG BỨC

Bùi Công Viên^{1,*}, Nguyễn Thị Như Hoa¹

¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

*Email: vienckdl@gmail.com

TÓM TẮT

Tại Việt Nam, máy sấy đối lưu cưỡng bức được sử dụng nhiều trong việc sấy khô các loại nông sản. Để đảm bảo chất lượng tốt nhất cho các loại nông sản sấy khô, giảm thời gian và chi phí, góp phần tăng hiệu quả kinh tế của phương pháp chế biến, thì đối với mỗi loại nông sản khác nhau, cần phải điều chỉnh các thông số sấy như: nhiệt độ sấy, vận tốc dòng khí sấy, khoảng cách giữa các khay sấy,... là khác nhau. Việc sấy khô quả vải U Hồng tươi tại các hộ gia đình ở miền Bắc Việt Nam thường được thực hiện bằng kinh nghiệm của người vận hành máy sấy, nên chất lượng sản phẩm không ổn định, tỷ lệ sản phẩm sấy bị hỏng hoặc kém chất lượng tương đối cao. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm, trong việc xác định một số thông số sấy tối ưu cho máy sấy quả vải U Hồng tươi của Việt Nam bằng phương pháp đối lưu cưỡng bức, nhằm mang lại hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao nhất cho phương pháp chế biến loại nông sản này.

Từ khóa: máy sấy nông sản, nhiệt độ sấy, tốc độ dòng khí sấy, sấy khô quả vải, đối lưu cưỡng bức.

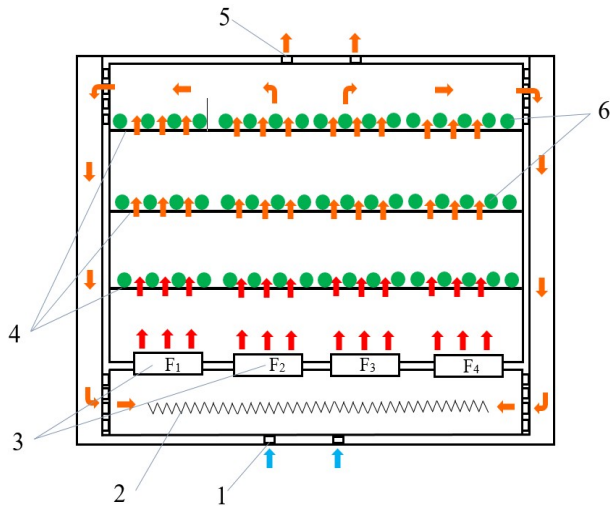
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vải U Hồng (U Hong Litchi chinensis) là giống vải chín sớm có nguồn gốc từ tỉnh Hải Dương, là một giống vải mới được lai tạo từ hai giống vải khác là vải thiều và vải tím. Tên gọi U Hồng là do màu sắc của quả vải rất đẹp, có màu đỏ tươi như hoa hồng và hình dạng của quả vải có hình chữ U. Vải U Hồng có vị ngọt thanh, thơm nồng, cùi giòn, có nhiều nước, quả có kích thước to và hạt nhỏ. Việc trồng và thương mại quả vải U Hồng cũng mang lại thu nhập ổn định cho nhiều người nông dân ở các vùng như vùng Phù Cừ của tỉnh Hưng Yên, Hải Dương, Bắc Giang,... góp phần nâng cao chất lượng cuộc sống và phát triển kinh tế cho các địa phương. Tuy nhiên, thời vụ thu hoạch quả vải U Hồng rất ngắn chỉ từ cuối tháng 4 đến tháng 6 hằng năm.

Quả vải U Hồng tươi không thể bảo quản được lâu, nên việc chế biến quả vải U Hồng bằng phương pháp sấy khô ngày càng phổ biến để kéo dài thời hạn bảo quản, sử dụng, nhằm góp phần chấm dứt tình trạng “được mùa thì giá

Nam. Cấu tạo cơ bản của máy sấy quả vải U Hồng tươi sử dụng phương pháp đối lưu cưỡng bức được minh họa trong hình 1. Các quạt gió hướng trục số 3 làm việc, tạo ra môi trường chân không trong khoang chứa thiết bị gia nhiệt số 2 (điện trở), do sự chênh lệch áp suất, không khí mát từ bên ngoài bị hút vào khoang chứa thiết bị gia nhiệt qua các cửa số 01 vào, tại đây không khí được làm nóng. Các quạt gió số 3 hút không khí nóng và đẩy qua các giá chứa vải U Hồng tươi ở phía trên. Không khí nóng và khô tiếp xúc với các quả vải tươi (số 6) sẽ làm chúng bị nóng lên và nước bên trong các quả vải tươi từ từ được rút ra ngoài, nhờ vậy quả vải sẽ bị mất nước và trở thành quả vải khô. Không khí nóng sau khi đi qua các giá sấy, phần lớn được tuần hoàn trở lại khoang chứa thiết bị gia nhiệt, phần còn lại thoát ra ngoài qua cửa số 5 [2].

cả lại rẻ” và cũng nhằm tạo ra một sản phẩm có giá trị xuất khẩu giá trị cao cho nông sản Việt



Hình 1. Cấu tạo của tủ sấy quả vải bằng phương pháp đối lưu cưỡng bức

1 - Không khí mát, 2 - thiết bị gia nhiệt, 3 - các quạt gió, 4 - giá đựng quả vải, 5 - lỗ thoát khí, 6 - quả vải trên giá đỡ.

Nhiệt độ không khí sấy đóng vai trò rất quan trọng, nó quyết định đến màu sắc, mùi vị và chất dinh dưỡng của sản phẩm sau khi sấy: Nhiệt độ sấy quá cao sẽ làm cho sản phẩm khô nhanh nhưng khô không đều, trở nên giòn và đặc biệt là dễ bị mất màu, mùi vị và mất chất dinh dưỡng; Nhiệt độ sấy quá thấp sẽ dẫn tới sản phẩm lâu khô, sản phẩm dễ bị ẩm mốc, hư hỏng do độ khô không đạt yêu cầu. Khoảng cách giữa các khay đựng sản phẩm sấy, cũng như tốc độ dòng không khí sấy phù hợp sẽ tối ưu hóa sự lưu thông không khí xung quanh sản phẩm sấy, góp phần nâng cao hiệu quả hút ẩm từ sản phẩm, giảm thời gian sấy khô. Vì vậy, có thể nói rằng hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của phương pháp sấy chỉ được nâng cao khi người vận hành xác định được chính xác các thông số sấy tối ưu cho từng loại sản phẩm [3,10]. Hiện nay, vẫn chưa có các nghiên cứu chính thức, để xác định các thông số sấy tối ưu cho máy sấy quả vải U Hồng tươi, do đó chất lượng sản phẩm của quả vải sấy và tính kinh tế của phương pháp chế biến chủ yếu phụ thuộc vào kinh nghiệm của người vận hành máy sấy. Vì vậy, nghiên cứu xác định các thông số sấy tối ưu cho máy sấy quả vải U Hồng tươi, nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm, giảm chi phí vận hành là một vấn đề cấp bách và có ý nghĩa thực tiễn cao.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mô tả phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp thực nghiệm khoa học để xác định các thông số sấy tối ưu cho quá trình sấy quả vải U Hồng tươi bằng máy sấy đối lưu cưỡng bức. Các thông số sấy chính được khảo sát bao gồm: Nhiệt độ không khí sấy, vận tốc dòng khí sấy và khoảng cách giữa các khay sấy, vì đây là những yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp đến tốc độ tách ẩm, thời gian sấy và chất lượng cảm quan của sản phẩm [4].

Hệ thống thí nghiệm là một tủ sấy nhiều tầng, có cấu tạo bao gồm các quạt hướng trục để tạo ra dòng không khí đối lưu, bộ gia nhiệt bằng điện trở và các khay đựng quả vải. Trước mỗi lần thí nghiệm, tủ sấy được vận hành trước 10 phút để đảm bảo nhiệt độ ổn định trong buồng sấy. Trong quá trình sấy, các thông số về nhiệt độ quả, độ ẩm và thời gian được ghi lại định kỳ để phục vụ quá trình phân tích.

Quá trình nghiên cứu được chia thành ba giai đoạn:

1 - Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy: Các thí nghiệm được tiến hành ở các mức nhiệt độ từ 55°C đến 95°C, với vận tốc dòng khí cố định 0,6 m/s và khoảng cách giữa các khay 0,09 m. Mục tiêu là đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ giảm ẩm, thời gian sấy và chất lượng sản phẩm.

2 - Đánh giá độ đồng đều của quá trình sấy giữa các tầng khay: Ở mức nhiệt độ được đánh giá là tối ưu (75°C), tiến hành đo và so sánh độ ẩm và nhiệt độ của quả vải ở các khay (trên, giữa, dưới) và các vị trí khác nhau trong tủ sấy, nhằm đánh giá sự phân bố nhiệt và ẩm trong buồng sấy.

3 - Phân tích ảnh hưởng của vận tốc dòng khí và khoảng cách giữa các khay: Thực hiện các thí nghiệm thay đổi vận tốc không khí từ 0,1÷0,9 m/s và khoảng cách giữa các khay từ 3÷15 cm để khảo sát sự thay đổi về thời gian sấy và độ khô đồng đều. Các kết quả được tổng hợp, xử lý và biểu diễn bằng đồ thị, phục vụ quá trình phân tích và lựa chọn thông số tối ưu.

Dữ liệu thu thập được xử lý bằng phương pháp phân tích định lượng, từ đó đưa ra chế độ sấy tối ưu thỏa mãn đồng thời các yêu cầu về thời gian sấy ngắn, độ khô đồng đều và chất lượng sản phẩm sau sấy cao.

2.2. Mô hình toán học tính toán số lần thực nghiệm khoa học

Trong quá trình nghiên cứu thực nghiệm nhằm xác định các thông số sấy tối ưu cho máy sấy quả vải U Hồng tươi bằng phương pháp đối lưu cưỡng bức, việc thiết lập một mô hình toán học để xác định số lượng thí nghiệm cần thiết, nhằm đảm bảo tính đại diện, độ tin cậy và khả năng phân tích thống kê của kết quả thực nghiệm.

Các yếu tố khảo sát và mức biến thiên: Qua phân tích nội dung và mục tiêu nghiên cứu, nhóm tác giả đã lựa chọn ba yếu tố công nghệ chính ảnh hưởng đến quá trình sấy làm biến đầu vào của mô hình thực nghiệm, bao gồm:

- Nhiệt độ dòng không khí sấy (T): khảo sát tại 5 mức khác nhau, cụ thể là: 55°C, 65°C, 75°C, 85°C và 95°C.
- Vận tốc dòng khí sấy (v): khảo sát tại 5 mức, từ 0,1 m/s đến 0,9 m/s, bao gồm: 0,1; 0,3; 0,6; 0,8 và 0,9 m/s.
- Khoảng cách giữa các khay sấy (h): khảo sát tại 5 mức: 3 cm, 6 cm, 9 cm, 12 cm và 15 cm.

Với ba biến độc lập, mỗi biến có 5 mức, mô hình thực nghiệm toàn diện (full factorial design) được xác lập như sau:

$$N = m^k = 5^3 = 125 \text{ thí nghiệm}$$

Trong đó: N – số lần thí nghiệm cần thiết; m – số mức khảo sát của mỗi yếu tố; k – số yếu tố khảo sát.

Đề xuất thiết kế thí nghiệm tối ưu: Tuy nhiên, việc triển khai toàn bộ 125 tổ hợp thí nghiệm sẽ đòi hỏi nguồn lực lớn về thời gian, công sức và vật tư, đồng thời có thể gây lãng phí nếu các tổ hợp yếu tố không mang lại kết quả khác biệt rõ ràng. Vì vậy, để nâng cao hiệu quả nghiên cứu, nhóm tác giả đề xuất sử dụng thiết kế trực giao Taguchi L25 (5³) – một dạng thiết kế thực nghiệm tối ưu hóa có khả năng rút gọn số lượng

thí nghiệm mà vẫn đảm bảo đánh giá được ảnh hưởng riêng lẻ của từng yếu tố.

Theo thiết kế này, số lần thí nghiệm được rút gọn xuống:

$$N_{\text{Taguchi}} = 25 \text{ thí nghiệm}$$

Ma trận thiết kế trực giao Taguchi L25 cho 3 yếu tố với 5 mức (Taguchi L25 (5³)) được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. ma trận thiết kế trực giao Taguchi L25 (5³)

Thí nghiệm số	Nhiệt độ (°C)	Vận tốc (m/s)	Khoảng cách khay (cm)
1	55	0,1	3
2	55	0,3	6
3	55	0,6	9
4	55	0,8	12
5	55	0,9	15
6	65	0,1	6
7	65	0,3	9
8	65	0,6	12
9	65	0,8	15
10	65	0,9	3
11	75	0,1	9
12	75	0,3	12
13	75	0,6	15
14	75	0,8	3
15	75	0,9	6
16	85	0,1	12
17	85	0,3	15
18	85	0,6	3
19	85	0,8	6
20	85	0,9	9
21	95	0,1	15
22	95	0,3	3
23	95	0,6	6
24	95	0,8	9
25	95	0,9	12

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng tách ẩm và chất lượng sản phẩm

Các thông số đầu vào của thực nghiệm, để xét ảnh hưởng của nhiệt độ dòng không khí sấy đến khả năng tách ẩm và chất lượng quả vải U Hồng sau khi sấy khô như bảng 2.

Bảng 2. Các thông số đầu vào của thực nghiệm

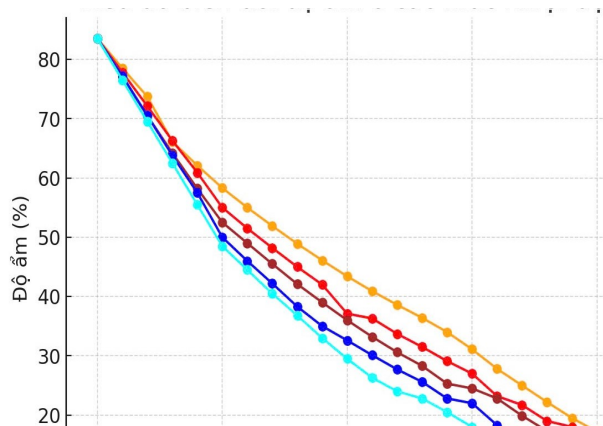
Thông số	Giá trị
Vận tốc dòng không khí sấy, (m/s)	0,6
Năng suất sấy, (kg/lần)	30
Độ ẩm tương đối của không khí, (%)	25
Giải nhiệt độ của không khí sấy trong nghiên cứu, ($^{\circ}\text{C}$)	55÷95
Khoảng cách giữa các giá sấy (giá đựng quả vải), (m)	0,09

Thí nghiệm được lập đi, lập lại nhiều lần ở những mức nhiệt độ sấy và thời gian sấy khác nhau. Kết quả diễn biến nhiệt độ sấy được tổng hợp trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm sấy vải quả khi sấy ở nhiệt độ 55 $^{\circ}\text{C}$ ÷95 $^{\circ}\text{C}$

Tốc độ giảm độ ẩm của sản phẩm sấy phụ thuộc vào nhiệt độ của dòng không khí sấy (T , $^{\circ}\text{C}$)	Thời gian sấy t (giờ)									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	25
Tốc độ giảm ẩm tại $T = 55^{\circ}\text{C}$	83,5	66,1	55	46,1	38,6	31,1	22,2	15,9	13	13
Tốc độ giảm ẩm tại $T = 65^{\circ}\text{C}$	83,5	66,3	51,5	42	33,7	27	19	15	13	13
Tốc độ giảm ẩm tại $T = 75^{\circ}\text{C}$	83,5	64,2	49	39	30,6	24,5	17,3	13	13	12,9
Tốc độ giảm ẩm tại $T = 85^{\circ}\text{C}$	83,5	63,8	46	35,3	27,7	22	15,4	13	13	12,8
Tốc độ giảm ẩm tại $T = 95^{\circ}\text{C}$	83,5	62,5	44,5	33	24,2	18	13	13	12,9	12,8

Kết quả ảnh hưởng nhiệt độ sấy đến khả năng tách ẩm và chất lượng sản phẩm vải sấy như trên đồ thị hình 2.

**Hình 2. Đồ thị biểu diễn đặc tính giảm ẩm của vải quả thái lát khi sấy ở nhiệt độ 55 $^{\circ}\text{C}$ ÷95 $^{\circ}\text{C}$**

Từ kết quả nghiên cứu trên hình 2 nhận thấy thấy rằng, khi ở cùng tốc độ sấy, nhiệt độ sấy tăng thì thời gian sấy giảm. Khi nhiệt độ tăng lên 5 $^{\circ}\text{C}$ thì thời gian sấy giảm khoảng 60÷120 phút. Giai đoạn đầu tốc độ thoát ẩm diễn ra nhanh hơn do năng lượng dùng tách nước ra khỏi sản phẩm là nước tự do. Còn giai đoạn sau tốc độ thoát ẩm giảm dần do lực liên kết ẩm trong vải quả chặt chẽ hơn. Khi độ ẩm của quả

vải sấy giảm tới 38% trên bề mặt xuất hiện lớp keo dính hạn chế sự co ngót về thể tích. Khi sấy ở nhiệt độ 85÷95 $^{\circ}\text{C}$ thời gian sấy ngắn nhất nhưng lại giảm chất lượng cảm quan của sản phẩm, vùng sản phẩm đặt gần nguồn nhiệt nhiều quả vải bị caramen hóa, có quả có màu đen sẫm, vị nặng đắng. Khi sấy ở nhiệt độ 65÷75 $^{\circ}\text{C}$ thời gian sấy dài hơn nhưng quả vải có màu cánh gián, độ khô đồng đều hơn, vị ngọt đều, vải quả dẻo dai. Tốc độ giảm ẩm tốt nhất ở nhiệt độ 75 $^{\circ}\text{C}$ với vận tốc dòng khí sấy $v = 0,6\text{m/s}$ cho thời gian sấy là ngắn nhất [4].

3.2. Xác định độ giảm hàm lượng nước và độ khô đồng đều của các quả vải trong buồng sấy

Trong tủ sấy nhiều tầng, độ khô đồng đều là yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm sấy. Qua phân tích ảnh hưởng của nhiệt độ và vận tốc dòng khí sấy phía trên, ta chọn chế độ sấy tối ưu nhất là nhiệt độ dòng khí sấy được duy trì ổn định $T = 75^{\circ}\text{C}$ nhờ bộ phận điều khiển nhiệt tự động gắn liền trong tủ sấy, các thông số đầu vào của thực nghiệm như trong bảng 4.

Trước khi làm thí nghiệm, máy sấy được chạy trước 10 phút để có nhiệt độ ổn định trong buồng sấy. Cứ sau 60 phút ghi lại các thông số trạng thái của vải quả và dòng khí sấy. Để đảm

bảo tính chất đại diện cho toàn bộ các quả vải trong buồng sấy, sau khi sấy, chúng tôi lấy 20 mẫu ở các vị trí khác nhau theo chiều cao và chiều ngang buồng sấy. Theo chiều cao lấy mẫu ở 3 tầng (khay giữa, trên cùng và dưới cùng), theo chiều ngang lấy 5 mẫu theo đường chéo. Các tác giả đã tiếp tục thí nghiệm có chế độ sấy tối ưu đến độ khô đồng đều của sản phẩm trên các khay sấy như trong bảng 5.

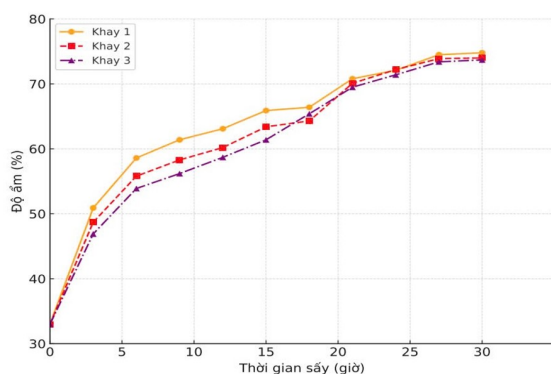
Bảng 4. Các thông số đầu vào của thực nghiệm

Thông số	Giá trị
Nhiệt độ của không khí sấy, ($^{\circ}\text{C}$)	75
Vận tốc dòng không khí sấy, (m/s)	0,6
Khoảng cách giữa các giá sấy, (m)	0,09
Nhiệt độ của quả vải trong buồng sấy, ($^{\circ}\text{C}$)	72,5
Độ ẩm tuyệt đối của quả vải W, (kg ẩm/kg sản phẩm)	1,924
Độ ẩm tương đối của không khí, (%)	30
Số khay sấy	03
Năng suất sấy, (kg/lần)	30

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm sấy quả vải trong tủ sấy thí nghiệm ở nhiệt độ thí nghiệm 75°C

Các khay (giá) sấy	Thời gian sấy t (giờ)									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
Khay 1	33	50,9	58,6	61,4	63,1	65,9	46,4	69,8	72,1	72,5
Khay 2	33	48,7	55,8	58,3	60,2	63,4	50,3	67,2	70,2	71,8
Khay 3	33	46,9	53,9	56,2	58,7	61,4	55,4	66,4	69,5	70,7

Sự chênh lệch nhiệt độ tại các vị trí khác nhau trong buồng sấy được trình bày trên các đồ thị hình 3.



Hình 3. Nhiệt độ Vải quả trên các khay theo thời gian

Dựa vào số liệu trong bảng 4 và đồ thị hình trên các đồ thị hình 3, ta có thể nhận xét như sau: Nhiệt độ quả vải ở khay một và khay hai có sự chênh lệch với nhau không đáng kể. Sự chênh lệch khay 3 (trên cùng) lớn nhất so với nhiệt độ đặt ban đầu của dòng khí sấy $1,8 \div 2,9^{\circ}\text{C}$. Qua đồ thị cho thấy, sự chênh lệch nhiệt độ giữa các khay với nhau, giữa các khay và nhiệt độ đặt ban đầu này là không lớn. Vì vậy, không ảnh hưởng nhiều đến độ đồng đều của mẻ sấy

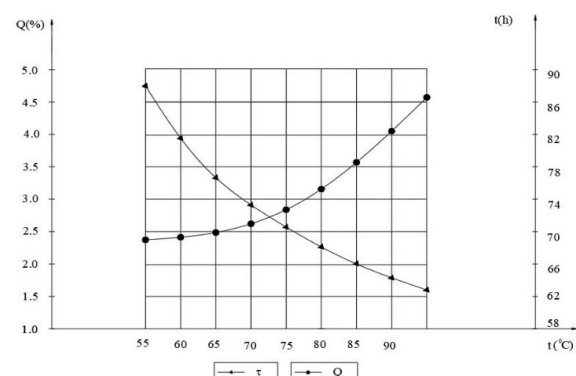
cũng như chất lượng của sản phẩm sấy tương đồng với kết quả nghiên cứu [5].

3.3 Ảnh hưởng của một số thông số sấy chính đến quá trình sấy vải U Hồng

Tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ, vận tốc dòng khí và chiều cao lớp sấy đến độ khô không đều của quả vải và thời gian sấy [1,3,12].

3.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiện tượng khô không đều của quả vải và thời gian sấy

Các tác giả đã tiếp tục các thí nghiệm có chế độ sấy $T = 55 - 95^{\circ}\text{C}$; $v = 0,6 \text{ m/s}$; $h = 9 \text{ cm}$ đến độ khô đồng đều và thời gian sấy như trên đồ thị hình 4:

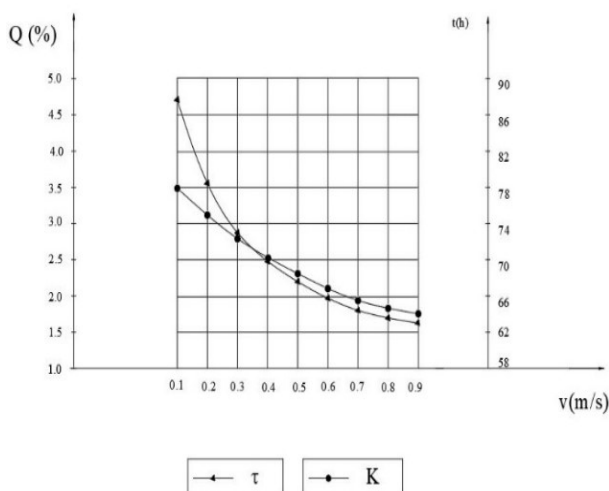


Hình 4: Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến độ khô không đều của quả vải và thời gian sấy

Từ biểu đồ hình 4, ta có thể thấy rõ ở các mức nhiệt khác nhau thì sự chênh lệch về thời gian, độ khô không đều của quả vải u lai là tương đối lớn. Tức là, khi mức nhiệt độ càng cao độ khô không đều của vải càng lớn, khi đó thời gian sấy giảm đi đáng kể. Ta chọn nhiệt độ sấy trong khoảng từ 65°C đến 75°C để giảm thời gian sấy cũng như độ khô đều của quả vải U Hồng ở mức cao [7,12].

3.3.2. Ảnh hưởng của vận tốc dòng khí sấy đến hiện tượng khô không đều của quả vải và thời gian sấy

Tiếp tục các thí nghiệm có chế độ sấy với vận tốc tác nhân sấy biến thiên $v = 0,1 \div 0,9$ m/s, $T = 75^\circ\text{C}$; $h = 9$ cm đến độ khô đồng đều và thời gian sấy như trên đồ thị hình 5:



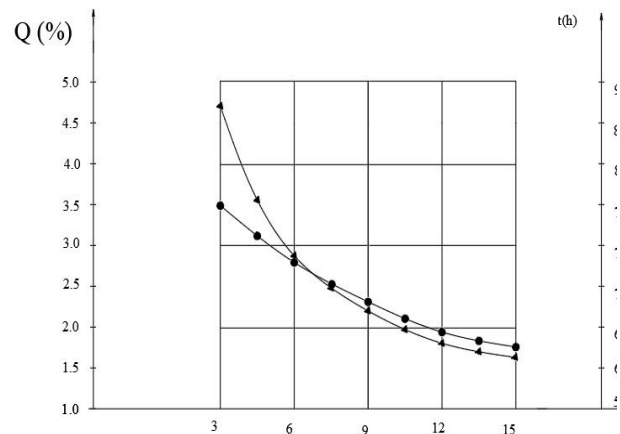
Hình 5. Ảnh hưởng của vận tốc dòng khí sấy đến độ khô không đều của quả vải và thời gian sấy

Từ đồ thị dưới đây, sự thay đổi tốc độ dòng khí tăng lên từ 0,1÷0,9 m/s thì thời gian sấy một mẻ giảm từ 95 giờ xuống 61 giờ. Độ khô không đều của quả vải cũng giảm đi đáng kể. Chọn tốc độ $v = 0,6$ m/s để tăng chất lượng vải U Hồng cũng như giảm chi phí sản xuất [9].

3.3.3. Ảnh hưởng của khoảng cách các khay đến hiện tượng khô không đều của quả vải và thời gian sấy

Tiếp tục các thí nghiệm có chế độ sấy với khoảng cách các khay sấy thay đổi từ 3÷15 cm, vận tốc dòng không khí sấy $v = 0,6$ m/s và nhiệt độ $T = 75^\circ\text{C}$ đến độ khô đồng đều và thời gian

sấy. Kết quả đo đạc được từ thực nghiệm được thể hiện ở biểu đồ hình 6.



Hình 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến độ khô không đều của quả vải và thời gian sấy

Từ hình 6, ta thấy rõ sự chênh lệch về chiều cao lớp sấy ảnh hưởng lớn đến thời gian sấy cũng như độ khô không đều của quả vải sau các lần thử. Cả hai yếu tố đều giảm rõ rệt khi tăng chiều cao lớp sấy từ 3 đến 15cm, cụ thể: Độ khô không đều giảm từ 3,5% xuống còn 1,7%, thời gian sấy giảm từ 88 giờ xuống chỉ còn 63 giờ.

3.3.3. Những điểm ưu việt chính đạt được từ kết quả nghiên cứu

a) Giảm công suất tiêu thụ điện, chi phí điện năng:

Công suất máy sấy thử nghiệm là 1200W. Khi sử dụng kết quả nghiên cứu này để giảm thời gian sấy từ 88 giờ xuống chỉ còn 63 giờ, thì lượng giảm công suất điện tiêu thụ và tiền điện tiết kiệm được mỗi mẻ sấy là:

- Lượng giảm công suất điện/1 mẻ sấy:

$$\Delta E = 1.2 \text{ kW} \times (88 - 63) \text{ giờ/mẻ} = 1.2 \times 25 = 30 \text{ kWh/mẻ}$$

- Giá điện kinh doanh tại thị trường điện Việt Nam dao động từ 1.609 - 5.422 đồng/kWh tùy thuộc vào cấp điện áp và thời điểm sử dụng. Nếu tính trung bình chi phí điện năng là 3.515,5 đ/kWh, thì tiền điện tiết kiệm được mỗi mẻ sấy là:

$$T_{tk} = 3.515,5 \text{ đ/kWh} \times 30 \text{ kWh/mẻ} = 105.465 \text{ đ/mẻ}$$

Với những hộ kinh doanh sử dụng nhiều máy sấy có công suất tiêu thụ điện lớn (lớn hơn máy thử nghiệm 1200W), thì lượng tiền tiết kiệm được trong mỗi mẻ sấy và cả mùa sấy là rất đáng kể.

b) Tăng số lượng mẻ sấy trong một mùa thu hoạch:

Thời vụ sấy khoảng 02 tháng từ tháng 5 đến hết tháng 6, thì với việc giảm thời gian mỗi mẻ sấy từ 88 giờ xuống 63 giờ, sẽ tăng được số lượng mẻ sấy của một máy sấy trong 1 mùa:

$$\Delta N = \frac{1440 \text{ giờ}}{63 \frac{\text{giờ}}{\text{mẻ}}} - \frac{1440 \text{ giờ}}{88 \frac{\text{giờ}}{\text{mẻ}}} = 6,5 \text{ mẻ}$$

c) Tỷ lệ sản phẩm đạt tiêu chuẩn (%):

Chất lượng đồng đều của sản phẩm sấy, tỷ lệ sản phẩm đạt tiêu chuẩn về chất lượng và tính thẩm mỹ đạt trung bình trên 93%, cao hơn nhiều so với phương pháp Sấy nóng truyền thống khoảng 75-80% (Ratti, 2001), đồng thời cũng cao hơn phương pháp Sấy vi sóng kết hợp (Zhang et al. 2006) khoảng 85%.



Hình 7. Hình ảnh Vải U hồng trước và sau khi sấy bằng máy sấy đối lưu cưỡng bức bằng quạt gió

Quả vải U hồng sau khi sấy có độ khô đồng đều, được khách hàng đánh giá có chất lượng cao, quan trọng là giữ lại được gần như toàn bộ các chất dinh dưỡng có trong trái vải khô đặc sản.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã xây dựng được phương pháp đánh giá được ảnh hưởng của một số thông số sấy chính như: Nhiệt độ, vận tốc dòng không khí sấy và khoảng cách giữa các khay

sấy đến màu sắc, mùi vị, khả năng tách ầm, độ khô đồng đều, thời gian sấy,... trong máy sấy quả vải U Hồng của Việt Nam. Kết quả này làm cơ sở tiền đề cho các nghiên cứu thực nghiệm khác, để xác định các thông số sấy tối ưu cho các loại nông sản khác của Việt Nam.

Bằng phương pháp thực nghiệm khoa học, nghiên cứu đã xác định được các thông số sấy tối ưu cho máy sấy quả vải U Hồng tươi bằng phương pháp đối lưu cưỡng bức, để sản phẩm sấy đạt được chất lượng cao và ổn định nhất, đồng thời rút ngắn được thời gian sấy, từ đó giảm chi phí nhiên liệu và năng lượng cho phương pháp chế biến như: nhiệt độ tối ưu của không khí trong buồng sấy $T = 75^{\circ}\text{C}$, vận tốc dòng khí sấy 0,6 m/s, khoảng cách giữa các khay đựng sản phẩm sấy là 0,09 m, thời gian sấy hợp lý từ 63-67 giờ/mẻ.

Công nghệ sấy khô nông sản đóng một vai trò quan trọng trong việc bảo quản và chế biến nông sản và thực phẩm nói chung. Đây là phương pháp chế biến cho phép sản phẩm được giữ nguyên hương vị, màu sắc, chất lượng dinh dưỡng và giảm thiểu sự phát triển của vi khuẩn, nấm mốc và côn trùng gây hại, đồng thời giúp tăng cường thời gian bảo quản của sản phẩm và giảm thiểu lãng phí thực phẩm, đóng góp vào việc giảm đói nghèo và nâng cao thu nhập cho các nông dân. Vì vậy, cần nhiều nghiên cứu tương tự trong lĩnh vực này, nhằm xác định được thông số sấy tối ưu cho nhiều loại nông sản quan trọng của Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Văn Chúc (1999). Kỹ thuật sấy. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
2. Quốc Dương (2008). Phòng chữa bệnh nhờ rau, củ, quả quanh ta. Nhà xuất bản Từ điển Bách Khoa, Hà Nội.
3. Trần Văn Phú (2001). Tính toán và thiết kế tính toán hệ thống sấy. NXB Giáo Dục, Hà Nội.
4. Rahman, M.S. and Prera (2017). Handbook of food Preservation. Second Edition, pp 403–427.

5. Mujumdar, A. S. (2014). Handbook of Industrial Drying (4th ed.). CRC Press.
6. Kudra, T., & Mujumdar, A. S. (2009). Advanced Drying Technologies (2nd ed.). CRC Press.
7. Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. Journal of Food Engineering, 49(4), 311–319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)
8. Akpınar, E. K., Midilli, A., & Bicer, Y. (2003). Energy and exergy of potato drying process via cyclone type dryer. Energy Conversion and Management, 44(10), 1689–1705. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(02\)00142-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00142-0)
9. Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., & Wang, S. (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. Trends in Food Science & Technology, 17(10), 524–534. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.011>
10. Fellows, P. J. (2017). Food Processing Technology: Principles and Practice (4th ed.). Woodhead Publishing.
11. Keey, R. B. (1992). Drying of Loose and Particulate Materials. CRC Press.
12. Doymaz, I. (2010). Evaluation of mathematical models for prediction of thin-layer drying of banana slices. International Journal of Food Properties, 13(3), 486–497. <https://doi.org/10.1080/10942910902753752>

Thông tin của tác giả:**ThS. Bùi Công Viên**

Trưởng Bộ môn KTCS – Khoa CKĐL, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).987306089 - Email: vienckdl@gmail.com

ThS. Nguyễn Thị Như Hoa

Giảng viên Bộ môn Lý Hóa - Khoa KHCB, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).9720146142 - Email: nhuhoadhcnqn@gmail.com

Research to determine optimal drying parameters for fresh U Hong lychee dryer using forced convection method

Information about authors:

Bui Cong Vien, M.Sc., Head of the Department of Fundamental Engineering, Faculty of Mechanical and Automotive Engineering, Quang Ninh University of Industry, email: vienckdl@gmail.com

Nguyen Thi Nhu Hoa, M.Sc., Lecturer at the Department of Physics and Chemistry, Faculty of Fundamental Sciences, Quang Ninh University of Industry Email: nhuhoadhcnqn@gmail.com

ABSTRACT:

In Vietnam, forced convection dryers are widely employed for the dehydration of various agricultural products. To ensure the highest quality of dried products, reduce processing time and cost, and enhance the economic efficiency of this post-harvest technology, it is essential to tailor drying parameters such as drying temperature, drying air velocity, and the spacing between trays to

the specific characteristics of each agricultural commodity. For the drying of fresh U Hong lychee fruit in Northern Vietnamese households, the process is commonly conducted based on the operator's empirical knowledge. As a result, the product quality is inconsistent, and the proportion of defective or substandard dried products remains relatively high. This study presents the experimental results aimed at determining optimal drying parameters for the forced convection drying of fresh U Hong lychee fruit. The goal is to establish a set of drying conditions that maximize both technical and economic performance in the processing of this specific agricultural product.

Keywords: *agricultural dryer, drying temperature, drying air flow rate, lychee drying, forced convection.*

REFERENCES

1. Hoàng Văn Chúc (1999). Kỹ thuật sấy. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
2. Quốc Dương (2008). Phòng chữa bệnh nhờ rau, củ, quả quanh ta. Nhà xuất bản Từ điển Bách Khoa, Hà Nội.
3. Trần Văn Phú (2001). Tính toán và thiết kế tính toán hệ thống sấy. NXB Giáo Dục, Hà Nội.
4. Rahman, M.S. and Prera (2017). Handbook of food Preservation. Second Edition, pp 403–427.
5. Mujumdar, A. S. (2014). Handbook of Industrial Drying (4th ed.). CRC Press.
6. Kudra, T., & Mujumdar, A. S. (2009). Advanced Drying Technologies (2nd ed.). CRC Press.
7. Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. Journal of Food Engineering, 49(4), 311–319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)
8. Akpinar, E. K., Midilli, A., & Bicer, Y. (2003). Energy and exergy of potato drying process via cyclone type dryer. Energy Conversion and Management, 44(10), 1689–1705. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(02\)00142-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00142-0)
9. Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., & Wang, S. (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. Trends in Food Science & Technology, 17(10), 524–534. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.011>
10. Fellows, P. J. (2017). Food Processing Technology: Principles and Practice (4th ed.). Woodhead Publishing.
11. Keey, R. B. (1992). Drying of Loose and Particulate Materials. CRC Press.
12. Doymaz, I. (2010). Evaluation of mathematical models for prediction of thin-layer drying of banana slices. International Journal of Food Properties, 13(3), 486–497. <https://doi.org/10.1080/10942910902753752>

Ngày nhận bài: 14/05/2025;

Ngày nhận bài sửa: 13/06/2025;

Ngày chấp nhận đăng: 18/06/2025.