

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG QUY TRÌNH CHẾ BIẾN QUẢ HỒ TIÊU ĐỎ BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY LẠNH KẾT HỢP VỚI BỨC XẠ HỒNG NGOẠI

Nguyễn Văn Lợi^{1*}, Trần Văn Quy¹, Lê Anh Tuấn¹,

Nguyễn Đức Tiến², Đỗ Thị Hạnh³, Phạm Hoàng Nam⁴

¹ Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

² Viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

³ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

⁴ Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội

*Email: nguyenvanloi@hus.edu.vn

TÓM TẮT

Tỉnh Quảng Trị là địa phương có điều kiện tự nhiên thuận lợi để phát triển cây hồ tiêu. Hồ tiêu ở tỉnh Quảng Trị được thị trường trong và ngoài nước rất ưa chuộng, bởi hồ tiêu nhỏ, rắn, có hương thơm và vị cay đặc trưng. Các thành phần hóa học thường gặp trong hồ tiêu là tinh dầu và alkaloid... Tuy nhiên, tinh dầu, alkaloid, các hợp chất có hoạt tính sinh học và các sắc tố của quả hồ tiêu rất dễ bị biến đổi, hao hụt trong quá trình làm khô. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng thành công quy trình chế biến quả hồ tiêu đỏ bằng phương pháp sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại để hạn chế sự biến đổi đó. Thí nghiệm được thực hiện theo 5 công thức với các thông số kỹ thuật khác nhau. Phân tích đánh giá các chỉ tiêu dinh dưỡng, chỉ tiêu vi sinh và chỉ tiêu cảm quan của sản phẩm ở 5 công thức này, từ đó lựa chọn một công thức phù hợp để xây dựng quy trình chế biến. Quy trình chế biến được thực hiện với vận tốc gió là 1,5 m/s, nhiệt độ sấy là 35°C, độ dày thích hợp của lớp nguyên liệu trên khay sấy là 18,6 mm (3 lớp), khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm, thời gian sấy mỗi mẻ quả hồ tiêu đỏ là 39 giờ 15 phút, độ ẩm đạt 12 - 13%. Sản phẩm sau khi sấy có hàm lượng tinh dầu 2,56%, hàm lượng alkaloid 0,07%, không phát hiện sự có mặt của nấm mốc, sản phẩm có màu vàng phớt đỏ, mùi thơm đặc trưng, vị cay đặc trưng và vỏ ít nhăn.

Từ khóa: Bức xạ hồng ngoại, hồ tiêu đỏ, phương pháp sấy lạnh, quy trình chế biến.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tỉnh Quảng Trị là địa phương có điều kiện tự nhiên thuận lợi để phát triển cây hồ tiêu. Hồ tiêu ở tỉnh Quảng Trị được thị trường trong và ngoài nước rất ưa chuộng, bởi hồ tiêu nhỏ, rắn, có hương thơm và vị cay đặc trưng [1]. Trong hồ tiêu thường có chứa các thành phần tạo mùi thơm và vị cay, các thành phần có hoạt tính sinh học. Các thành phần hóa học thường gặp trong hồ tiêu là tinh dầu và alkaloid [2 - 4]. Tinh dầu có nhiều trong hồ tiêu, thường chiếm khoảng 1,5 - 2,7% tùy từng giống hồ tiêu và tùy từng độ già thu hoạch. Tinh dầu thường tập trung ở vỏ quả, vì vậy hồ tiêu sọ thường ít tinh dầu hơn các sản phẩm hồ tiêu khác. Các alkaloid

có trong hồ tiêu bao gồm piperin và chavixin, piperin có công thức là $C_{17}H_{19}O_3N$ và có trong hồ tiêu từ 5 - 9% [2, 4, 5]. Bên cạnh tinh dầu và alkaloid, trong hồ tiêu còn có protein, lipid, glucid, vitamin và chất khoáng [1]. Hồ tiêu đỏ là hồ tiêu chín đỏ hay là hồ tiêu chín cây hoặc được thu hái khi rất già rồi ủ chín, đã được sấy khô, lúc hồ tiêu còn tươi mới thu hoạch về sẽ có màu đỏ tươi, sau khi được sấy khô lớp vỏ sẽ khô và chuyển màu đen ánh đỏ. Màu đỏ của quả tiêu được giữ lại bằng cách ngâm vào dung dịch nước muối cùng với chất bảo quản thực phẩm, sau đó được khử nước bằng phương pháp sấy lạnh kết hợp với sấy hồng ngoại [5, 6]. Hiện nay, ở tỉnh Quảng Trị nói riêng và ở

nước ta nói chung, quả hồ tiêu chủ yếu sử dụng phương thức chế biến là phơi khô, sấy khô còn nhỏ lẻ, hệ thống trang thiết bị chưa đồng bộ, do đó tính đa dạng của sản phẩm còn khiêm tốn [1].

Sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại là phương pháp sấy nguyên liệu trong điều kiện nhiệt độ thấp kết hợp với các bóng đèn phát tia hồng ngoại để làm khô nguyên liệu, nhiệt độ sấy thường từ 30 - 60°C. Tia hồng ngoại là tia ánh sáng đỏ không nhìn thấy, có bản chất là sóng điện từ, với bước sóng điện từ dao động từ 0,7 - 1 μm [7]. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng thành công quy trình chế biến quả hồ tiêu đỏ bằng phương pháp sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại, góp phần đa dạng hoá sản phẩm chế biến từ quả hồ tiêu.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu, dụng cụ, máy móc thiết bị và địa điểm thực hiện

2.1.1. Nguyên liệu

Nguyên liệu sử dụng là quả hồ tiêu đỏ tại thời điểm thu hoạch từ 225 - 230 ngày kể từ khi đậu quả tại các xã Vĩnh Linh, Cửa Tùng, Tân Lập... của tỉnh

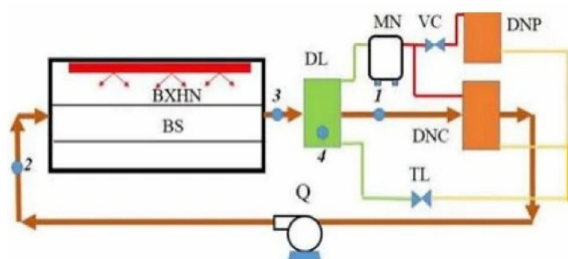
Quảng Trị. Nguyên liệu này phải đảm bảo độ tươi mới, nguyên vẹn, không bị tổn thương, không bị sâu, bệnh [1]. Sau khi thu hái, các quả hồ tiêu này được chứa đựng trong thùng xốp đục lỗ và vận chuyển bằng ô tô có máy điều hoà không khí đến phòng thí nghiệm để tiến hành nghiên cứu chế biến sản phẩm hồ tiêu đỏ.

2.1.2. Vật liệu và hoá chất

Vật liệu và hoá chất sử dụng trong nghiên cứu này gồm: Nước sạch, muối ăn, axit citric, axit ascorbic... Các vật liệu và hoá chất đảm bảo tiêu chuẩn chất lượng và có nguồn gốc xuất xứ rõ ràng.

2.1.3. Dụng cụ, máy móc và thiết bị

Dụng cụ, máy móc và thiết bị sử dụng trong nghiên cứu gồm: Tủ sấy có hệ thống điều chỉnh nhiệt độ, điều chỉnh quạt gió và đèn hồng ngoại, là thiết bị sử dụng đồng thời hai phương pháp là sấy lạnh và sấy hồng ngoại để làm khô sản phẩm. Sấy lạnh giúp loại bỏ độ ẩm ở nhiệt độ thấp, bảo toàn chất lượng sản phẩm, trong khi sấy hồng ngoại cung cấp năng lượng để đẩy nhanh quá trình bay hơi nước.



Hình 1. Nguyên lý hoạt động của hệ thống thiết bị sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại

Ghi chú: B: Buồng sấy; BXHN: Bức xạ hồng ngoại; DL: Dàn lạnh; DNC: Dàn nóng chính; DNP: Dàn nóng phụ; MN: Máy nén; Q: Quạt; TL: Tiết lưu; V: Van chặn.

Dòng tác nhân sấy sau khi ra khỏi buồng sấy trạng thái (3), sẽ đi qua dàn lạnh được làm lạnh, tách ẩm đạt trạng thái (1). Sau đó, dòng tác nhân sấy đi qua dàn nóng chính được gia nhiệt đến nhiệt độ yêu cầu trạng thái (2) rồi đưa vào buồng sấy. Tại buồng sấy, dòng tác nhân sấy kết hợp với bức xạ hồng ngoại thực hiện quá trình gia nhiệt và tách ẩm ra khỏi vật liệu. Dòng tác nhân sấy sau khi ra khỏi buồng sấy lại tiếp tục đi qua dàn và thực hiện một vòng tuần hoàn.



Hình 2. Thiết bị sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại

Bên cạnh đó, sử dụng chiết quang kế ATAGO N-1a của Nhật Bản, thiết bị ly tâm, cân đĩa Nhon Hòa loại 5 kg, cân phân tích 4 số lẻ (ABT 220-5DNM) của hãng Kern - Đức... Ngoài ra, còn sử dụng một số dụng cụ như: Thước kẹp hiện số, pipet, ống đong, ống nghiệm, bình định mức, nhiệt kế và lưới sắt mắt nhỏ.

2.1.4. Địa điểm thực hiện

Thí nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Khoa học và Công nghệ thực phẩm, Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội. Phòng thí nghiệm Khoa Cơ điện và Công nghệ

thực phẩm, Trường Đại học Nông Lâm Bắc Giang. Phòng thí nghiệm thuộc Viện Kiểm nghiệm và Kiểm định chất lượng VNTEST.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp lấy mẫu

Quả hồ tiêu đỏ được lấy mẫu theo TCVN 9017:2011 [8].

2.2.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm

- Thí nghiệm 1: Xác định tỷ lệ phụ gia phù hợp

Từ kết quả nghiên cứu thăm dò đưa ra mô hình thí nghiệm gồm 5 công thức như sau:

TT	Tỷ lệ nguyên liệu	Các công thức thí nghiệm				
		CT-A	CT-B	CT-C	CT-D	CT-E
1	Quả hồ tiêu đỏ (g)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
2	Nước lọc (ml)	0	5.000	5.000	5.000	5.000
3	Muối ăn (g)	0	6	6	6	6
4	Axit citric (g)	0	10	8	6	4
5	Axit ascorbic (g)	0	8	10	12	14

Các yếu tố cố định gồm: Nhiệt độ sấy là 35°C, vận tốc gió là 1,5 m/s, độ dày của lớp nguyên liệu đưa vào sấy là 18,6 mm (3 lớp). Trong 5 công thức thí nghiệm này, tiến hành phân tích xác định các chỉ tiêu cơ lý, dinh dưỡng, vi sinh và cảm quan. Sau đó, lựa chọn công thức phù hợp nhất để xây dựng quy trình sấy hồ tiêu đỏ.

- Thí nghiệm 2: Xác định ảnh hưởng của vận tốc gió trong buồng sấy

Tiến hành sấy quả hồ tiêu đỏ với tốc độ gió là 0,5 m/s, 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s và 2,5 m/s. Các yếu tố cố định bao gồm: Tỷ lệ phụ gia như công thức CT-C, độ dày của lớp nguyên liệu đưa vào sấy là 18,6 mm (3 lớp), nhiệt độ sấy là 35°C [9].

- Thí nghiệm 3: Xác định ảnh hưởng của nhiệt độ sấy

Thí nghiệm sấy ở dải nhiệt độ 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C. Các yếu tố cố định gồm: Tỷ lệ phụ gia như công thức CT-C, độ dày của lớp nguyên liệu đưa vào sấy là 18,6 mm (3 lớp) và vận tốc gió là 1,5 m/s [9].

- Thí nghiệm 4: Xác định ảnh hưởng của độ dày lớp vật liệu sấy

Tiến hành thí nghiệm với độ dày của lớp nguyên liệu đưa vào sấy là 6,2 mm (1 lớp), 12,4 mm (2 lớp), 18,6 mm (3 lớp), 24,8 mm (4 lớp) và 31 mm (5 lớp) quả hồ tiêu đỏ. Các yếu tố cố định gồm: Tỷ lệ phụ gia như công thức CT-C, nhiệt độ sấy là 35°C và vận tốc gió là 1,5 m/s [9].

- Thí nghiệm 5: Xác định khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại đến bề mặt vật liệu sấy

Thí nghiệm sấy ở các khoảng cách 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm và 25 cm. Các yếu tố cố định gồm: Tỷ lệ phụ gia như công thức CT-C, nhiệt độ sấy là 35°C, vận tốc gió là 1,5 m/s và độ dày của lớp nguyên liệu đưa vào sấy là 18,6 mm (3 lớp) [9].

2.2.3. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu cơ lý, dinh dưỡng, vi sinh và cảm quan

Phương pháp xác định chỉ tiêu cơ lý:

Phương pháp xác định khối lượng của quả hồ tiêu: Khối lượng của quả hồ tiêu được xác định bằng phương pháp cân, sử dụng cân phân tích 5 số lẻ (ABT 220-5DNM) của hãng Kern - Đức [1].

Phương pháp xác định độ ẩm: Độ ẩm của hồ tiêu được xác định bằng phương pháp sấy đến

khối lượng không đổi ở 105°C. Độ ẩm của mẫu được tính theo công thức:

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

Trong đó: X là độ ẩm của hồ tiêu (%), G_1 là khối lượng cốc sấy và mẫu thử trước khi sấy (g), G_2 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 được tính theo công thức:

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

Trong đó: G_1 , G_2 là khối lượng của hồ tiêu trước và sau khi sấy (g), W_1 , W_2 là độ ẩm của hồ tiêu trước và sau khi sấy (%) [1].

Phương pháp phân tích chỉ tiêu dinh dưỡng:

Phương pháp xác định hàm lượng tinh dầu: Hàm lượng tinh dầu trong hồ tiêu đỏ được xác định bằng cách cân 100 g mẫu đã được nghiền nhỏ và đóng 500 ml nước cất (sao cho nguyên liệu ngập trong nước), cho vào bình cầu 1.000 ml rồi đem chưng cất tinh dầu theo phương pháp chưng cất lôi cuốn theo hơi nước bằng bộ xác định hàm lượng tinh dầu nhẹ cleverger ($d < 1$) cùng với sinh hàn hồi lưu [1]. Hàm lượng tinh dầu có trong nguyên liệu được xác định theo công thức:

$$X = \frac{V.d.10^4}{m.(100 - w)} (\%)$$

Trong đó: X là hàm lượng tinh dầu có trong nguyên liệu (%), m là khối lượng nguyên liệu đem chưng cất (g), d là tỷ trọng của tinh dầu, w là hàm lượng nước của nguyên liệu (%), V là thể tích tinh dầu thu được ở dụng cụ đo (ml).

Phương pháp xác định hàm lượng alcaloid: Mẫu hồ tiêu đỏ được ngâm chiết bằng ethanol 96%, NH_4OH 12,5% và ngâm chiết kiệt bằng ethanol 96%. Dịch chiết được chưng cất loại dung môi để thu hồi cặn, hòa tan cặn bằng H_2SO_4 2%, lọc lấy dịch lọc (các alcaloid lúc này ở dạng muối, không tan được trong CHCl_3). Đem dịch lọc loại tạp chất bằng CHCl_3 , rồi đưa về pH = 9 bằng NH_4OH đậm đặc (các alcaloid khi này ở dạng base tự do, tan được trong CHCl_3) và chiết lấy alcaloid bằng CHCl_3 . Lọc dịch chiết CHCl_3 qua giấy lọc và có

Na_2SO_4 khan trên giấy lọc, rửa giấy lọc và Na_2SO_4 khan bằng CHCl_3 , rồi cho bốc hơi CHCl_3 (bằng cách cô quay chân không ở 50°C) thu được cặn alcaloid toàn phần. Sau đó, định lượng alcaloid toàn phần tinh khiết trong cặn alcaloid toàn phần bằng phương pháp chuẩn độ axit-base [10].

Phương pháp xác định hàm lượng glucid tổng số: Hàm lượng glucid tổng số của hồ tiêu đỏ được xác định bằng phương pháp phân cực. Nguyên tắc của phương pháp dựa trên tính chất cơ bản của glucid có khả năng phân cực ánh sáng. Khi ánh sáng đi qua dung dịch chứa glucid sẽ tạo thành một góc quay cực, trị số góc quay cực phụ thuộc vào nồng độ của chúng trong dung dịch, sử dụng phân cực kế hoặc đường kế để phân tích glucid tổng số [11].

Phương pháp xác định hàm lượng một số chất dinh dưỡng khác: Hàm lượng protein tổng số được xác định theo TCVN 9936:2013 [12]. Vitamin A được xác định theo TCVN 8972-1:2011 [13]. Vitamin B1 được xác định theo TCVN 5164:2008 [14]. Vitamin B2 được xác định theo tiêu TCVN 8975:2018 [15]. Vitamin PP được xác định theo TCVN 9045:2012 [16]. Canxi, photpho, kali và natri được xác định theo TCVN 10641:2014 [17].

Phương pháp xác định tổng số nấm mốc:

Tổng số nấm mốc được xác định theo TCVN 8275-1:2010 [18].

Phương pháp xác định chỉ tiêu cảm quan:

Chỉ tiêu cảm quan của hồ tiêu đỏ được xác định theo TCVN 3215:1979 [19]. Với loại tốt (18,6 - 20 điểm), loại khá (15,2 - 18,5), loại trung bình (11,2 - 15,1), loại kém (7,2 - 11,1), loại rất kém (4,0 - 7,2) và loại hỏng (0 - 3,9). Hệ số quan trọng được hội đồng thống nhất là: Màu sắc (1,1), mùi (0,9), vị (1,3), cấu trúc và hình thái (0,7).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng 5 công thức thí nghiệm sấy hồ tiêu đỏ

3.1.1. Ảnh hưởng của kỹ thuật tiền xử lý hồ tiêu đỏ trước khi sấy

Thí nghiệm được thực hiện theo 5 công thức như mục 2.2.2, kết quả được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của kỹ thuật tiền xử lý đến một số chỉ tiêu cơ lý, dinh dưỡng và cảm quan của hồ tiêu đỏ

TT	Các chỉ tiêu phân tích	Các công thức thí nghiệm				
		CT-A1	CT-B1	CT-C1	CT-D1	CT-E1
1	Khối lượng quả sau khi sấy (g/quả)	0,034 ± 0,002	0,036 ± 0,001	0,038 ± 0,001	0,037 ± 0,001	0,037 ± 0,002
2	Hàm lượng tinh dầu (%)	1,97 ± 0,01	2,05 ± 0,02	2,53 ± 0,03	2,34 ± 0,03	2,07 ± 0,04
3	Hàm lượng alcaloid (%)	0,04 ± 0,001	0,05 ± 0,002	0,06 ± 0,001	0,05 ± 0,002	0,05 ± 0,002
4	Màu sắc	3,49	3,56	3,61	3,59	3,47
		Nâu đen	Vàng nhạt	Vàng phớt đỏ	Vàng xen lẫn đen	Vàng xen lẫn đen
	Mùi	3,58	3,67	4,07	4,03	4,04
		Thơm nhẹ	Thơm nhẹ	Thơm đặc trưng	Thơm đặc trưng	Thơm đặc trưng
	Vị	3,37	3,63	4,12	4,07	3,38
		Vị cay	Vị cay	Vị cay đặc trưng	Vị cay đặc trưng	Vị cay đặc trưng
	Cấu trúc và hình thái	4,19	4,17	4,24	4,23	4,15
		Nhăn nheo	Nhăn nheo	Ít nhăn	Ít nhăn	Nhăn
	Xếp loại	14,63	15,03	16,04	15,92	15,04
		Trung bình	Trung bình	Khá	Khá	Trung bình

Bảng 1 cho thấy, trong 5 công thức thí nghiệm, quả hồ tiêu ở CT-C1 có nhiều ưu điểm hơn các công thức thí nghiệm khác. Cụ thể, sau khi sấy khối lượng của quả hồ tiêu ở CT-C1 là $0,038 \pm 0,001$ g/quả, hàm lượng tinh dầu là $2,53 \pm 0,03\%$, hàm lượng alcaloid là $0,06 \pm 0,001\%$, cao hơn các công thức thí nghiệm khác. Quả hồ tiêu có màu sắc vàng phớt đỏ, mùi thơm đặc trưng, vị cay đặc trưng, cấu trúc ít nhăn và hình thái khô giòn, được hội đồng đánh giá và xếp loại khá. Trong khi đó, quả hồ tiêu ở CT-A1 có khối lượng quả sau khi sấy là $0,034 \pm 0,002$ g/quả, hàm lượng tinh dầu là $1,97 \pm 0,01\%$, hàm lượng alcaloid là $0,04 \pm 0,001\%$ và chỉ tiêu cảm quan được xếp loại trung bình. Quả hồ tiêu ở CT-E1 có khối lượng quả sau khi sấy là $0,037 \pm 0,002$ g/quả, hàm lượng tinh dầu là $2,07 \pm 0,04\%$, hàm lượng alcaloid là

$0,05 \pm 0,002\%$ và chỉ tiêu cảm quan được xếp loại trung bình. Quả hồ tiêu ở CT-B1 có khối lượng quả sau khi sấy là $0,036 \pm 0,001$ g/quả, hàm lượng tinh dầu là $2,05 \pm 0,02\%$, hàm lượng alcaloid là $0,05 \pm 0,002\%$ và chỉ tiêu cảm quan được xếp loại trung bình. Quả hồ tiêu ở CT-D1 có khối lượng quả sau khi sấy là $0,037 \pm 0,001$ g/quả, hàm lượng tinh dầu là $2,34 \pm 0,03\%$, hàm lượng alcaloid là $0,05 \pm 0,002\%$ và chỉ tiêu cảm quan được xếp loại khá. Vì vậy, dựa vào các chỉ tiêu ở bảng 1, chọn công thức CT-C1 để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

3.1.2. Ảnh hưởng của vận tốc gió đến chỉ tiêu dinh dưỡng, cảm quan và thời gian sấy

Thí nghiệm được thực hiện theo 5 công thức như mục 2.2.2, kết quả được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của vận tốc gió đến chỉ tiêu dinh dưỡng, cảm quan và thời gian sấy

TT	Các chỉ tiêu phân tích	Các công thức thí nghiệm				
		CT-A2	CT-B2	CT-C2	CT-D2	CT-E2
1	Thời gian sấy (giờ)	46,35	41,25	39,15	39,05	38,45
2	Độ ẩm (%)	13,1 - 13,7	12,6 - 13,2	12 - 13	12 - 13	12 - 13
3	Khối lượng quả sau khi sấy (g/quả)	0,036 ± 0,002	0,037 ± 0,001	0,037 ± 0,001	0,036 ± 0,002	0,036 ± 0,002
4	Hàm lượng tinh dầu (%)	2,09 ± 0,02	2,36 ± 0,02	2,54 ± 0,01	2,32 ± 0,02	2,16 ± 0,03

5	Hàm lượng alcaloid (%)	0,05 ± 0,001	0,06 ± 0,002	0,06 ± 0,001	0,05 ± 0,001	0,04 ± 0,002
6	Màu sắc	3,46	3,64	3,67	3,52	3,41
		Vàng xen lẫn đen	Vàng nhạt	Vàng phớt đỏ	Vàng nhạt	Vàng nhạt
	Mùi	3,63	3,96	4,14	3,76	3,94
		Thơm đặc trưng	Thơm đặc trưng	Thơm đặc trưng	Thơm nhẹ	Thơm nhẹ
	Vị	3,41	4,13	4,19	3,48	3,43
		Vị cay	Vị cay đặc trưng	Vị cay đặc trưng	Vị cay	Vị cay
	Cấu trúc và hình thái	4,24	4,28	4,32	4,27	4,16
		Ít nhẵn	Ít nhẵn	Ít nhẵn	Nhẵn nheo	Nhẵn nheo
	Xếp loại	14,74	16,01	16,32	15,03	14,94
		Trung bình	Khá	Khá	Trung bình	Trung bình

Bảng 2 cho thấy, khi sấy với tốc độ gió 0,5 m/s thì thời gian sấy là 46 giờ 35 phút. Do tốc độ gió thấp nên chất lượng quả hồ tiêu đỏ không đều trong buồng sấy, những nơi ở cuối luồng gió quả hồ tiêu đỏ bị ẩm nhiều. Vì lượng gió không đủ mang hơi ẩm của quả hồ tiêu đỏ 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 41 giờ 25 phút, tăng vận tốc gió 1,5 m/s thì thời gian sấy là 39 giờ 15 phút, vận tốc gió là 2 m/s thì thời gian sấy là 39 giờ 05 phút. Tuy nhiên, khi tăng vận tốc gió lên 2,5 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 mạnh ở bề mặt quả hồ tiêu đỏ, làm cho bề mặt quả khô nhanh, do quá trình khuếch tán ngoại mạnh hơn quá trình khuếch tán nội, làm cho bề mặt sản phẩm bị biến dạng mạnh, co nhão, làm 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. Đối với chỉ tiêu dinh dưỡng và chỉ tiêu cảm quan, kết quả cho thấy, sản phẩm hồ tiêu đỏ khi sấy với vận tốc gió 1,5 m/s (công thức CT-C2) có nhiều ưu điểm hơn sấy với vận tốc gió ở các công thức khác. Cụ thể, hồ tiêu đỏ sấy ở CT-C2 có khối lượng quả sau khi sấy là $0,037 \pm 0,001$ g/quả, hàm lượng tinh dầu là $2,54 \pm 0,01\%$, hàm lượng alcaloid là $0,06 \pm 0,001\%$, sản phẩm có tổng điểm cảm quan là 16,32 điểm và được xếp loại khá. Do đó, để đảm bảo chất lượng, tiết kiệm thời gian và chi phí năng lượng cho quá trình sấy, vận tốc gió thích hợp là 1,5 m/s (công thức CT-C2) để sấy hồ tiêu đỏ.

3.1.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến chỉ tiêu dinh dưỡng, cảm quan và thời gian sấy

Thí nghiệm được thực hiện theo 5 công thức như mục 2.2.2, kết quả được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến đến chỉ tiêu dinh dưỡng, cảm quan và thời gian sấy

TT	Các chỉ tiêu phân tích	Các công thức thí nghiệm				
		CT-A3	CT-B3	CT-C3	CT-D3	CT-E3
1	Thời gian sấy (giờ)	44,15	39,05	37,25	35,15	33,25
2	Độ ẩm (%)	12,5 - 13,7	12 - 13	12 - 13	12 - 13	12 - 13
3	Khối lượng quả sau khi sấy (g/quả)	$0,037 \pm 0,002$	$0,038 \pm 0,001$	$0,037 \pm 0,002$	$0,035 \pm 0,001$	$0,035 \pm 0,005$
4	Hàm lượng tinh dầu (%)	$2,34 \pm 0,02$	$2,56 \pm 0,01$	$2,37 \pm 0,01$	$2,31 \pm 0,02$	$2,23 \pm 0,01$
5	Hàm lượng alcaloid (%)	$0,06 \pm 0,001$	$0,06 \pm 0,001$	$0,06 \pm 0,001$	$0,04 \pm 0,001$	$0,04 \pm 0,001$
6	Màu sắc	3,86	3,91	3,53	3,49	3,42
		Vàng nhạt	Vàng phớt đỏ	Vàng nhạt	Vàng nhạt	Vàng xen lẫn đen

	Mùi	4,07	4,14	3,87	3,98	3,93
		Thơm đặc trung	Thơm đặc trung	Thơm đặc trung	Thơm nhẹ	Thơm nhẹ
	Vị	4,31	4,46	3,94	3,46	3,41
		Vị cay đặc trung	Vị cay đặc trung	Vị cay	Vị cay	Vị cay
	Cấu trúc và hình thái	4,18	4,27	3,71	3,69	3,67
		Ít nhăn	Ít nhăn	Nhăn nheo	Nhăn nheo	Nhăn nheo
	Xếp loại	16,42	16,78	15,05	14,62	14,43
		Khá	Khá	Trung bình	Trung bình	Trung bình

Bảng 3 cho thấy, khi sấy quả hồ tiêu đỏ ở nhiệt độ 30°C thì thời gian sấy là 44 giờ 15 phút, khi tăng nhiệt độ sấy lên 35°C thì thời gian sấy là 39 giờ 05 phút, nhiệt độ sấy là 40°C thì thời gian sấy là 37 giờ 25 phút, tiếp tục tăng nhiệt độ sấy lên 45°C thì thời gian sấy là 35 giờ 15 phút. Tương tự, khi sấy ở nhiệt độ 50°C thì thời gian sấy là 33 giờ 25 phút. Điều này cho thấy, khi tăng nhiệt độ thì quá trình bay hơi nước càng nhanh, làm cho thời gian sấy càng giảm. So sánh với sấy ở nhiệt độ 45°C và 50°C, kết quả 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 hồ tiêu đỏ, làm giảm hàm lượng tinh dầu, các cấu tử tạo mùi thơm sẽ bị phân hủy bởi nhiệt độ cao, đồng thời làm cho quả hồ tiêu đỏ có thể bị cháy. So sánh chỉ tiêu dinh dưỡng và chỉ tiêu cảm quan của sản phẩm hồ tiêu sấy ở các mức nhiệt độ khác nhau. Kết quả cho thấy, sản phẩm hồ tiêu đỏ sấy ở nhiệt

độ 35°C (công thức CT-B3) có nhiều ưu điểm hơn sấy ở các công thức khác. Cụ thể, sản phẩm hồ tiêu đỏ sấy ở nhiệt độ 35°C (công thức CT-B3) có khối lượng quả sau khi sấy là $0,038 \pm 0,001$ g/quả, hàm lượng tinh dầu là $2,56 \pm 0,01\%$, hàm lượng alkaloid là $0,06 \pm 0,001\%$, tổng điểm cảm quan là 16,78 điểm và được xếp loại khá. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Mathieu và cs (2014) [3], Hosain và cs (2014) [20]. Vì vậy, để giữ mùi thơm cho sản phẩm hồ tiêu đỏ sau khi sấy, hạn chế sự hao hụt hàm lượng tinh dầu cũng như các chất dinh dưỡng khác và tiết kiệm thời gian, tiết kiệm điện năng trong quá trình sấy, chọn nhiệt độ 35°C để sấy hồ tiêu đỏ là phù hợp.

3.1.4. Ảnh hưởng của chiều dày lớp nguyên liệu đưa vào sấy đến chỉ tiêu dinh dưỡng, cảm quan và thời gian sấy

Thí nghiệm được thực hiện theo 5 công thức như mục 2.2.2, kết quả được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của chiều dày lớp nguyên liệu đưa vào sấy đến chỉ tiêu dinh dưỡng, cảm quan và thời gian sấy

TT	Các chỉ tiêu phân tích	Các công thức thí nghiệm				
		CT-A4	CT-B4	CT-C4	CT-D4	CT-E4
1	Thời gian sấy (giờ)	30,35	36,15	39,15	44,35	48,25
2	Độ ẩm (%)	12 - 13	12 - 13	12 - 13	13,1 - 14,2	13,6 - 14,2
3	Khối lượng quả sau khi sấy (g/quả)	$0,037 \pm 0,002$	$0,038 \pm 0,001$	$0,038 \pm 0,001$	$0,037 \pm 0,001$	$0,036 \pm 0,005$
4	Hàm lượng tinh dầu (%)	$2,46 \pm 0,02$	$2,51 \pm 0,01$	$2,54 \pm 0,01$	$2,54 \pm 0,02$	$2,52 \pm 0,01$
5	Hàm lượng alkaloid (%)	$0,03 \pm 0,001$	$0,05 \pm 0,001$	$0,05 \pm 0,001$	$0,05 \pm 0,001$	$0,04 \pm 0,001$
6	Màu sắc	3,74	3,86	3,97	3,63	3,54
		Vàng nhạt	Vàng nhạt	Vàng phớt đỏ	Vàng xen lẫn đen	Vàng xen lẫn đen
	Mùi	3,95	4,05	4,18	3,92	3,89
		Thơm nhẹ	Thơm đặc trung	Thơm đặc trung	Thơm nhẹ	Thơm nhẹ
	Vị	3,57	4,38	4,49	3,51	3,46
		Vị cay	Vị cay đặc trung	Vị cay đặc trung	Vị cay	Vị cay

	Cấu trúc và hình thái	3,72	4,14	4,12	3,79	3,63
		Nhăn nheo	Ít nhẵn	Ít nhẵn	Nhăn nheo	Nhăn nheo
	Xếp loại	14,98	16,43	16,76	14,85	14,52
		Trung bình	Khá	Khá	Trung bình	Trung bình

Bảng 4 cho thấy, khi độ dày của lớp nguyên liệu càng mỏng thì thời gian sấy càng nhanh. So sánh giữa sấy với độ dày lớp nguyên liệu là 24,8 mm (4 lớp) và 31 mm (5 lớp) quả hồ tiêu đỏ thì sự chênh lệch thời gian sấy không lớn như khi sấy ở độ dày lớp nguyên liệu thấp hơn. 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. Các quả hồ tiêu đỏ ở phía trên bề mặt có quá trình thoát ẩm mạnh sẽ được làm khô trước, các quả hồ tiêu đỏ 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. Nhưng 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. So sánh về chỉ tiêu dinh dưỡng và chỉ tiêu cảm

quan của sản phẩm hồ tiêu sấy ở các công thức khác nhau. Kết quả cho thấy, sản phẩm hồ tiêu đỏ sấy ở công thức CT-C4 có nhiều ưu điểm hơn sấy ở các công thức khác như khối lượng quả sau khi sấy là $0,038 \pm 0,001$ g/quả, hàm lượng tinh dầu là $2,54 \pm 0,01\%$, hàm lượng alcaloid là $0,05 \pm 0,001\%$ và tổng điểm cảm quan là 16,76 điểm, được xếp loại khá. Kết quả của nghiên cứu này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Roslan và Yudin (2019) [5]. Vì vậy, để thời gian sấy không quá cao và không quá thấp, chất lượng cảm quan không bị biến đổi xấu thì chọn độ dày thích hợp của lớp nguyên liệu trên khay sấy là 18,6 mm (3 lớp: Công thức CT-C4) để sấy quả hồ tiêu đỏ.

3.1.5. Ảnh hưởng của khoảng cách giữa đèn hồng ngoại với nguyên liệu sấy đến chỉ tiêu dinh dưỡng, cảm quan và thời gian sấy

Thí nghiệm được thực hiện theo 5 công thức như mục 2.2.2, kết quả được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của khoảng cách giữa đèn hồng ngoại với nguyên liệu sấy đến chỉ tiêu dinh dưỡng, cảm quan và thời gian sấy

TT	Các chỉ tiêu phân tích	Các công thức thí nghiệm				
		CT-A5	CT-B5	CT-C5	CT-D5	CT-E5
1	Thời gian sấy (giờ)	37,45	39,25	42,05	47,15	52,35
2	Độ ẩm (%)	12 - 13	12 - 13	12,3 - 13,1	13 - 14	13,6 - 14,2
3	Khối lượng quả sau khi sấy (g/quả)	$0,036 \pm 0,002$	$0,038 \pm 0,001$	$0,038 \pm 0,002$	$0,038 \pm 0,002$	$0,037 \pm 0,001$
4	Hàm lượng tinh dầu (%)	$2,52 \pm 0,02$	$2,54 \pm 0,01$	$2,54 \pm 0,01$	$2,53 \pm 0,02$	$2,48 \pm 0,01$
5	Hàm lượng alcaloid (%)	$0,03 \pm 0,001$	$0,05 \pm 0,001$	$0,05 \pm 0,001$	$0,05 \pm 0,001$	$0,03 \pm 0,001$
6	Màu sắc	3,42	3,56	3,49	3,37	3,25
		Vàng nhạt	Vàng phớt đỏ	Vàng phớt đỏ	Vàng xen lẫn đen	Vàng xen lẫn đen
	Mùi	3,71	4,07	4,03	3,96	3,76
		Thơm nhẹ	Thơm đặc trưng	Thơm đặc trưng	Thơm nhẹ	Thơm nhẹ
	Vị	3,95	4,31	4,27	3,61	3,83
		Vị cay	Vị cay đặc trưng	Vị cay đặc trưng	Vị cay	Vị cay
	Cấu trúc và hình thái	3,86	4,23	4,02	3,84	3,72
		Nhăn nheo	Ít nhẵn	Ít nhẵn	Nhăn nheo	Nhăn nheo
	Xếp loại	14,94	16,17	15,82	14,78	14,56
		Trung bình	Khá	Khá	Trung bình	Trung bình

Bảng 5 cho thấy, khoảng cách giữa đèn hồng ngoại với nguyên liệu sấy có ảnh hưởng đến sự biến đổi thời gian sấy, chỉ tiêu dinh dưỡng và chỉ tiêu cảm quan của sản phẩm. Với khoảng cách giữa đèn hồng ngoại với nguyên liệu sấy là 20 cm (công thức CT-D5) thì thời gian sấy là 47 giờ 15 phút và khoảng cách giữa đèn hồng ngoại với nguyên liệu sấy là 25 cm (công thức CT-E5) thì thời gian sấy cũng tăng lên 52 giờ 35 phút. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, với khoảng cách giữa đèn hồng ngoại với nguyên liệu sấy là 5 cm (công thức CT-A5) và 10cm (công thức CT-B5) thì thời gian sấy không có sự chênh lệch nhiều. Nhưng khi tăng khoảng cách giữa đèn hồng ngoại với nguyên liệu sấy lên 15cm (công thức CT-C5), 20cm (công thức CT-D5) và 25 cm (công thức CT-E5) thì thời gian sấy đã tăng đáng kể. Sản phẩm hồ tiêu đỏ sấy với khoảng cách giữa đèn hồng ngoại với nguyên liệu sấy là 10 cm (công thức CT-B5) có nhiều ưu điểm hơn ở các công thức thí nghiệm khác. Cụ thể, độ ẩm 12 - 13%, khối lượng quả sau khi sấy

$0,038 \pm 0,001$ g/quả, hàm lượng tinh dầu $2,54 \pm 0,01\%$, hàm lượng alcaloid $0,05 \pm 0,001\%$, tổng điểm cảm quan đạt 16,17 điểm và được xếp loại khá. Kết quả của nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Yurtsever và cs (2018) [6]. Vì vậy, dựa vào các chỉ tiêu này, chọn khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm (công thức CT-B5) để nghiên cứu sấy hồ tiêu đỏ.

3.2. Phân tích đánh giá chất lượng, xác định các chỉ tiêu dinh dưỡng, vi sinh và cảm quan của sản phẩm hồ tiêu đỏ tại các công thức thí nghiệm

Sau khi xác định được các thông số kỹ thuật như: Kỹ thuật tiền xử lý, nhiệt độ sấy, vận tốc gió, khoảng cách từ bóng đèn phát tia hồng ngoại đến bề mặt nguyên liệu sấy, bề dày lớp nguyên liệu, thí nghiệm được lập với các thông số kỹ thuật được xác định ở mục 3.1 với các mức tiền xử lý khác nhau. Chất lượng sản phẩm được phân tích và đánh giá với các chỉ tiêu dinh dưỡng, vi sinh và cảm quan được thể hiện ở bảng 6.

Bảng 6. Các chỉ tiêu cơ lý, dinh dưỡng, vi sinh và cảm quan của sản phẩm

TT	Các chỉ tiêu phân tích	Các công thức thí nghiệm				
		CT-A6	CT-B6	CT-C6	CT-D6	CT-E6
1	Khối lượng (g/quả)	0,035	0,037	0,038	0,038	0,038
2	Hàm lượng tinh dầu (%)	1,98	2,07	2,56	2,32	2,03
3	Hàm lượng alcaloid (%)	0,04	0,05	0,07	0,05	0,05
4	Hàm lượng glucid tổng số (%)	32,16	32,17	34,21	33,27	32,18
5	Hàm lượng protein tổng số (%)	5,97	6,23	6,54	6,13	6,02
6	Hàm lượng vitamin A (mg/kg)	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
7	Hàm lượng vitamin B1 (mg/kg)	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05
8	Hàm lượng vitamin B2 (mg/kg)	0,32	0,36	0,56	0,48	0,42
9	Hàm lượng vitamin PP (mg/kg)	2,06	2,17	2,53	2,37	2,28
10	Hàm lượng canxi (mg/kg)	629	674	725	713	709
11	Hàm lượng phospho (mg/kg)	31	33	39	34	31
12	Hàm lượng kali (mg/kg)	1.096	1.147	1.154	1.069	1.043
13	Hàm lượng natri (mg/kg)	32,5	34	42	39	37
14	Nấm mốc (CFU/g)	Không phát hiện	Không phát hiện	Không phát hiện	Không phát hiện	Không phát hiện
15	Màu sắc	Nâu đen	Vàng nhạt	Vàng phớt đỏ	Vàng xen lẫn đen	Vàng xen lẫn đen

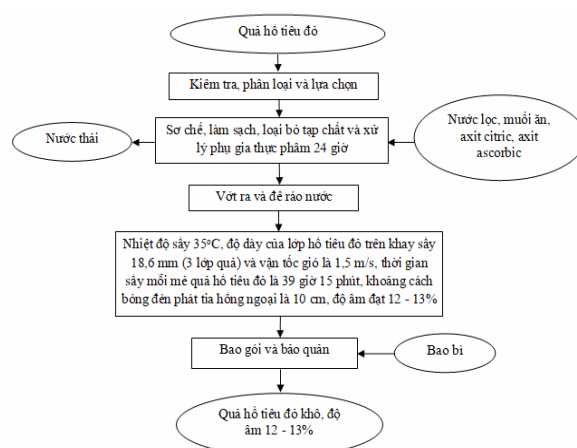
15	Mùi	Thơm nhẹ	Thơm nhẹ	Thơm đặc trung	Thơm đặc trung	Thơm đặc trung
16	Vị	Vị cay	Vị cay	Cay đặc trung	Cay đặc trung	Cay đặc trung
17	Cấu trúc	Nhăn nheo	Nhăn nheo	Ít nhăn	Ít nhăn	Nhăn

Kết quả nghiên cứu cho thấy, công thức CT-C6 có nhiều ưu điểm hơn các công thức thí nghiệm khác. Từ các kết quả nghiên cứu này, chọn công thức CT-C6 với tỷ lệ nước lọc 5.000 ml, muối ăn 6 g, axit citric 8 g và axit ascorbic 10 g xử lý cho 2.000 g quả hồ tiêu đỏ, với vận tốc gió là 1,5 m/s, nhiệt độ sấy là 35°C, độ dày thích hợp của lớp

nguyên liệu trên khay sấy là 18,6 mm (3 lớp), khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm để xây dựng quy trình chế biến sản phẩm hồ tiêu đỏ.

3.3. Đề xuất quy trình chế biến quả hồ tiêu đỏ

3.3.1. Sơ đồ quy trình chế biến quả hồ tiêu đỏ



Hình 3. Sơ đồ quy trình chế biến quả hồ tiêu đỏ

3.3.2. Thuyết minh quy trình chế biến quả hồ tiêu đỏ



Hình 4. Quả hồ tiêu đỏ thu hoạch ở thời điểm 230 ngày kể từ khi đậu quả



Hình 5. Sản phẩm hồ tiêu đỏ sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại

Bước 1. Lựa chọn quả hồ tiêu đỏ. Nguyên liệu sử dụng là quả hồ tiêu đỏ tại thời điểm thu hoạch từ 225 - 230 ngày kể từ khi đậu quả tại tỉnh Quảng Trị. Nguyên liệu này đảm bảo độ tươi mới, nguyên vẹn, không bị tổn thương và không bị sâu, bệnh.

Bước 2. Sơ chế, làm sạch, loại bỏ tạp chất và xử lý phụ gia thực phẩm 24 giờ: Sau khi lựa chọn được quả hồ tiêu đỏ đạt tiêu chuẩn, tiến hành 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. Sau đó, các quả hồ tiêu đỏ được ngâm trong dung dịch gồm: Nước lọc 5.000 ml, muối ăn 6 g, axit citric 8 g và axit ascorbic 10 g xử lý cho 2.000 g quả hồ tiêu đỏ, với thời gian ngâm là 24 giờ.

Bước 3. Vớt ra và để ráo nước: Sau khi ngâm xong, các quả hồ tiêu đỏ được vớt ra và để ráo nước. Trong quá trình vớt, các thao tác phải nhẹ nhàng, tránh tác động cơ học làm tổn thương quả gây ra biến màu và hao hụt các chất dinh dưỡng. Dụng cụ vớt sử dụng vớt bằng inox có mắt lưới nhỏ.

Bước 4. Sấy khô quả hồ tiêu đỏ: Quả hồ tiêu đỏ được sấy khô bằng thiết bị chuyên dụng, với vận tốc gió là 1,5 m/s, nhiệt độ sấy là 35°C, độ dày thích hợp của lớp nguyên liệu trên khay sấy là 18,6 mm (3 lớp), khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm, thời gian sấy mỗi mẻ quả hồ tiêu đỏ là 39 giờ 15 phút, độ ẩm đạt 12 - 13%.

Bước 5. Bao gói và bảo quản quả hồ tiêu đã khô: Quả hồ tiêu đã sau khi được làm khô, để nguội và bao gói trong bao bì nylon dày và dai. Sản phẩm được bao gói kín và để trong kho, nơi bảo quản quả hồ tiêu phải khô ráo, tránh mưa, nắng tác động trực tiếp và tránh côn trùng xâm nhập. Không được để quả hồ tiêu đã khô trực tiếp xuống nền kho, phải để trên các giá kê, cách nền kho ít nhất 50 cm, cách tường và trần nhà ít nhất 30 cm để hạn chế hiện tượng hút ẩm.

4. KẾT LUẬN

Xác định được tỷ lệ nước lọc 5.000 ml, muối ăn 6 g, axit citric 8 g và axit ascorbic 10 g xử lý cho 2.000 g quả hồ tiêu để xây dựng quy trình chế biến quả hồ tiêu. Công thức CT-C6 có nhiều ưu điểm hơn các công thức thí nghiệm khác, cụ thể, sau khi sấy khối lượng là 0,038 g/quả, hàm lượng tinh dầu là 2,56%, hàm lượng alkaloid là 0,07%, không phát hiện sự có mặt của nấm mốc. Sản phẩm có màu vàng phớt đỏ, mùi thơm đặc trưng, vị cay đặc trưng và vỏ ít nhăn. Đồng thời, đã xác định được các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chế biến quả hồ tiêu là vận tốc gió, nhiệt độ sấy, chiều dày lớp nguyên liệu đưa vào sấy, khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại. Từ các yếu tố này, đã xây dựng được quy trình chế biến quả hồ tiêu với các thông số kỹ thuật: Vận tốc gió là 1,5 m/s, nhiệt độ sấy là 35°C, độ dày thích hợp của lớp nguyên liệu trên khay sấy là 18,6 mm (3 lớp), khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm, thời gian sấy mỗi mẻ quả hồ tiêu là 39 giờ 15 phút, độ ẩm đạt 12 - 13%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Lợi, Lê Anh Tuấn, Trần Văn Quy, Nguyễn Đức Tiến (2024). Nghiên cứu xác định thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu thích hợp cho quá trình chế biến sản phẩm hồ tiêu. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 7, 42 - 50.
2. Đỗ Tất Lợi (2014). *Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam*. Nxb Y học, 370 - 372.
3. Mathieu W, Frederic D, Alain S. C. S, Renaud B, Mathilde H, Annaig L, Philippe B (2014). Postharvest treatments of wild pepper (*Piper* spp.) in Madagascar. *Fruits*, 69(5): 371 - 380.
4. Onwubuya E. A, Okporie E. O, Nenna M. G (2009). Nsukka yellow pepper processing and preservation techniques among women farmers in Enugu State. *African Journal of Agricultural Research*, 4(9): 859 - 863.
5. Roslan M. N. F, Yudin A. S. M (2019). Drying process of black pepper in a swirling fluidized bed dryer using experimental method. *Symposium on Energy Systems*, 1 - 9.
6. Yurtsever Soysal, Muharrem Keskin, Aysel Arslan, Yunus Emre Sekerli (2018). Infrared drying characteristics of pepper at different maturity stages. Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Turkey. International Conference on Energy Research, 214 - 221.
7. 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 bức xạ hồng ngoại. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang*, 4(6): 73 - 79.
8. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9017:2011. Quả tươi - Phương pháp lấy mẫu trên vườn sản xuất.
9. Nguyễn Văn Lợi (2021). Nghiên cứu hoàn thiện quy trình công nghệ sấy quả thảo quả Hà Giang. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 12(1): 100 - 106.
10. Trần Thị Văn Thi, Trần Thanh Minh (2011). Nghiên cứu phân lập và nhận dạng cấu trúc alkaloid trong dịch chiết từ lá vòng nem (*Erythrina orientalis* L. *Fabaceae*) Thừa Thiên Huế. *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*, 65, 225 - 230.
11. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4594:1988. Đồ hộp - Phương pháp xác định đường tổng số, đường khử và tinh bột.
12. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9936:2013. Tinh bột và sản phẩm tinh bột - Xác định hàm lượng nitơ bằng phương pháp Kjeldahl - Phương pháp chuẩn độ.
13. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8972-1:2011. Thực phẩm - Xác định vitamin A bằng sắc ký lỏng

hiệu năng cao - Phần 1: Xác định 13-cis-retinol và tất cả các đồng phân trans-retinol.

14. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 5164:2008 (EN 14122:2003). Thực phẩm - Xác định vitamin B₁ bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC).

15. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8975:2018 (EN 14152:2014). Thực phẩm - Xác định vitamin B₂ bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC).

16. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9045:2012 (EN 15652:2009). Thực phẩm - Xác định niacin bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC).

17. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 10641:2014. Thực phẩm - Xác định hàm lượng canxi, đồng, sắt, magie, mangan, phospho, kali, natri và kẽm trong

thức ăn công thức dành cho trẻ sơ sinh - Phương pháp đo phổ phát xạ plasma cảm ứng cao tần.

18. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8275-1:2010. Vi sinh vật trong thực phẩm và thức ăn chăn nuôi - Phương pháp định lượng nấm men và nấm mốc - Phần 1: Kỹ thuật đếm khuẩn lạc trong các sản phẩm có hoạt độ nước lớn hơn 0,95.

19. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3215:1979. Sản phẩm thực phẩm - Phân tích cảm quan - Phương pháp cho điểm.

20. Hosain D, Abbas R. A, Ali A, Mohsen A, Gholamhassan N, Jalal K (2014). Study of the drying kinetics of pepper. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13, 130 - 138.

STUDY ON THE DEVELOPING PROCESS PROCESSING RED PEPPER BY FREEZE DRYING METHOD COMBINED WITH INFRARED RADIATION

**Nguyen Van Loi¹, Tran Van Quy¹, Le Anh Tuan¹,
Nguyen Duc Tien², Do Thi Hanh³, Pham Hoang Nam⁴**

¹*University of Science, Vietnam National University, Hanoi*

²*Vietnam Institute of Agricultural Engineering and Postharvest Technology*

³*Hanoi University of Industry*

⁴*University of Science and Technology of Hanoi*

Abstract

Quang Tri province is a locality with favorable natural conditions for growing pepper. Pepper in Quang Tri province is very popular in domestic and foreign markets because the pepper is small, solid, with a characteristic aroma and spicy taste. Common chemical components in pepper are essential oils and alkaloids. Essential oils, alkaloids, bioactive compounds and pigments of pepper fruits are very susceptible to change and loss during the drying process. Therefore, the goal of this study on the develop process processing red pepper by freeze drying method combined with infrared radiation to limit that change. The experiment was conducted according to 5 formulas with different technical parameters. Analyze and evaluate the nutritional, microbiological and sensory indicators of the product in these 5 formulas, thereby selecting a suitable formula to develop process processing. The process processing is carried out with a wind speed of 1.5 m/s, a drying temperature of 35°C, the appropriate thickness of the raw material layer on the drying tray is 18.6 mm (three layers), the distance between the infrared lamps is 10 cm, the drying time for each batch of red pepper is 39 hours and 15 minutes, the humidity reaches 12 - 13%. The product after drying has an essential oil content of 2.56%, an alkaloid content of 0.07%, no mold is detected, the product has a reddish yellow color, a characteristic aroma, a characteristic spicy taste and a less wrinkled shell.

Keywords: *Infrared radiation, red pepper, freeze drying method, process processing.*

Ngày nhận bài: 10/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 16/6/2025

Ngày thông qua phản biện: 15/7/2025

Ngày duyệt đăng: 22/9/2025