

# **XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ CỦA QUÁ TRÌNH CHẾ BIẾN SẢN PHẨM HỒ TIÊU XANH**

Lê Anh Tuấn<sup>1,\*</sup>, Trần Văn Quy<sup>1</sup>, Đỗ Thị Hạnh<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Lợi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

<sup>2</sup> Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: letuan.fes@hus.edu.vn

## **TÓM TẮT**

Hồ tiêu được trồng nhiều ở Việt Nam, trong đó có tỉnh Quảng Trị, được sử dụng làm gia vị thực phẩm. Trong quả hồ tiêu có chứa nhiều thành phần hoá học, đặc biệt là tinh dầu và alkaloid. Hồ tiêu xanh là quả hồ tiêu được thu hái khi còn xanh, số lượng quả hồ tiêu đã chín chỉ từ 5 - 10% trên một chùm, hạt chưa tạo sọ và còn mềm, được hái cả chùm khi còn màu xanh trên cây, sau đó sấy khô, bao gói và bảo quản. Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định được các thông số công nghệ của quá trình sấy quả hồ tiêu xanh ở tỉnh Quảng Trị bằng phương pháp sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại. Phương pháp 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. Công nghệ này có nhiều ưu điểm giúp giảm thời gian sấy, nhiệt độ phân bố đồng đều, khả năng linh hoạt trong việc đốt nóng theo vùng, thiết bị đơn giản, gọn nhẹ, đặc biệt là tiết kiệm được năng lượng, cho phép sấy ở nhiệt độ thấp để hạn chế đến mức thấp nhất sự giảm sút chất lượng sản phẩm do nhiệt. Kết quả thí nghiệm đã xác định được các thông số công nghệ của quá trình sơ chế quả hồ tiêu xanh là 2.000 g, nước lọc 3.000 ml, muối ăn 2 g và axit citric 7,5 g và các thông số công nghệ của quá trình sấy là: Độ dày lớp vật liệu sấy 11 mm (hai lớp quả hồ tiêu), nhiệt độ sấy hồ tiêu xanh 40°C, khoảng cách bóng đèn hồng ngoại 10 cm, vận tốc gió thích hợp cho quá trình sấy là 1,5 m/s. Với các thông số công nghệ này thì thời gian sấy hồ tiêu xanh mỗi mẻ là 37 giờ 15 phút, độ ẩm của sản phẩm đạt 7 - 8%. Sản phẩm có hàm lượng tinh dầu  $2,15 \pm 0,01\%$ , hàm lượng alkaloid  $0,065 \pm 0,001\%$ , màu xanh xen lẫn vàng ngà, mùi thơm tự nhiên, vị cay tự nhiên, khô giòn và ít nhăn.

**Từ khoá:** Bức xạ hồng ngoại, hồ tiêu xanh, sấy lạnh, thông số công nghệ, tỉnh Quảng Trị.

## **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Hồ tiêu xanh là quả hồ tiêu được thu hái khi còn xanh, số lượng quả hồ tiêu đã chín chỉ từ 5 - 10% trên một chùm, hạt chưa tạo sọ và còn mềm, được hái cả chùm khi còn màu xanh trên cây, sau đó sấy khô, bao gói và bảo quản [1, 2]. Trong quả hồ tiêu, bên cạnh tinh dầu và alkaloid còn có các thành phần khác như: Protein, lipid, glucid, vitamin và chất khoáng [3]. Cây hồ tiêu được trồng nhiều ở nước ta, đặc biệt là ở tỉnh Quảng Trị, với diện tích và sản lượng hồ tiêu liên tục gia tăng trong những năm gần đây. Hiện nay ở tỉnh Quảng Trị, quả hồ tiêu chủ yếu được làm khô bằng phương pháp phơi khô dưới ánh nắng mặt trời, chỉ có một số ít các hộ dân và hợp tác xã sử dụng thiết

bị sấy sử dụng điện [1, 4]. Việc phơi dưới ánh nắng mặt trời có nhiệt độ không ổn định, dễ nhiễm bụi bẩn và phụ thuộc nhiều vào thời tiết ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng của sản phẩm.

Trên thế giới cũng như ở Việt Nam trong những năm gần đây có nhiều phương pháp làm khô hồ tiêu như: Phơi khô, sấy nóng, sấy bằng năng lượng mặt trời, sấy lạnh và sấy thăng hoa... Tuy nhiên, việc làm khô hồ tiêu bằng phương pháp sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại đến thời điểm này rất ít các công trình khoa học đã công bố [4]. Phương pháp 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 [5, 6]. Công

nghe này có nhiều ưu điểm, giúp giảm thời gian sấy, nhiệt độ phân bố đồng đều, khả năng linh hoạt trong việc đốt nóng theo vùng, thiết bị đơn giản, gọn nhẹ, đặc biệt là tiết kiệm được năng lượng, cho phép sấy ở nhiệt độ thấp để hạn chế đến mức thấp nhất sự giảm sút chất lượng sản phẩm do nhiệt. Hơn nữa, công nghệ sấy này còn giúp hạn chế được sự biến tính của sản phẩm sau khi sấy [7]. Vì vậy, việc nghiên cứu xác định chế độ sấy phù hợp cho sản phẩm hồ tiêu bằng phương pháp sấy lạnh kết hợp bức xạ hồng ngoại để hoàn thiện công nghệ sấy nhằm triển khai ứng dụng rộng rãi trong sản xuất sấy hồ tiêu là vấn đề cấp thiết. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là xác định các thông số công nghệ của quá trình chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh bằng kỹ thuật sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại, làm cơ sở khoa học cho việc xây dựng quy trình chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh là có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao.

## **2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Nguyên vật liệu**

#### **2.1.1. Nguyên liệu**

Quả hồ tiêu xanh thu hoạch ở thời điểm từ 195 - 210 ngày kể từ khi đậu quả tại các xã Cửa Tùng, Tân Lập của tỉnh Quảng Trị. Nguyên liệu này phải đảm bảo độ tươi mới, có dạng hình cầu nhỏ, nguyên vẹn, không bị tổn thương và không bị sâu, bệnh. Đường kính trung bình của hồ tiêu xanh là 5,58 mm, chiều dài trung bình là 5,52 mm và có khối lượng trung bình khoảng 0,11 g. Quả có màu xanh tự nhiên, vỏ cứng, bề mặt căng bóng và mùi

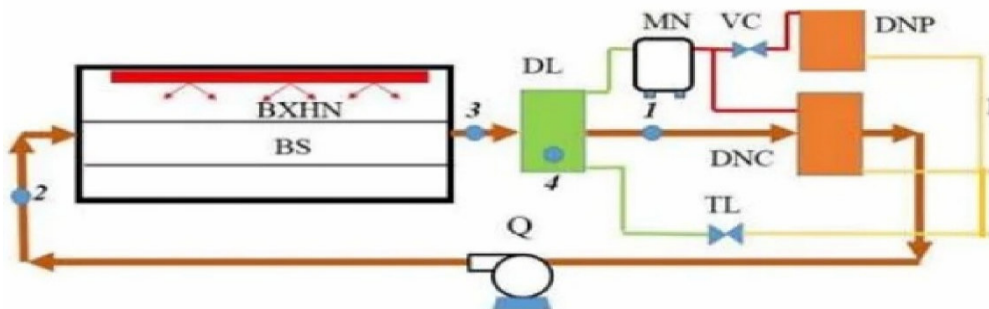
thơm nhẹ đặc trưng. Sau khi thu hái, các chùm quả hồ tiêu được chứa đựng trong thùng xốp đục lỗ nhỏ và vận chuyển bằng ô tô có máy điều hoà nhiệt độ đến phòng thí nghiệm để thực hiện các nghiên cứu.

#### **2.1.2. Vật liệu và hoá chất**

Vật liệu và hoá chất sử dụng trong nghiên cứu gồm: Nước sạch, muối ăn, axit citric... Muối ăn: Chất rắn có dạng tinh thể, màu trắng, chứa chủ yếu natri clorua dùng cho thực phẩm, dễ tan trong nước, xuất xứ Việt Nam. Axit citric: Sử dụng axit citric sản xuất tại Việt Nam, ở dạng bột, tinh thể rắn màu trắng, không mùi, dễ tan trong nước, là một axit hữu cơ yếu, axit này cũng là một chất bảo quản tự nhiên và được sử dụng để bổ sung vị chua cho thực phẩm hay các loại nước ngọt. Nó cũng được coi là tác nhân làm sạch tốt về mặt môi trường và đóng vai trò của chất chống oxy hóa. Nước lọc: Đảm bảo theo QCVN 01:2009/BYT [8]. Các vật liệu và hoá chất này phải 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. Bên cạnh đó, sử dụng chiết quang kế ATAGO N-1α 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: Thuốc 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 thuộc 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 được lấy mẫu theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9017:2011 [9].

### 2.2.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm

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

Cân 2.000 g quả hồ tiêu xanh ngâm trong 3.000 ml nước, với tỷ lệ muối ăn và axit citric theo công thức thí nghiệm định trước, thời gian ngâm là 24 giờ ở nhiệt độ phòng bình thường, vớt ra để ráo nước trong 10 phút, sau đó cho vào khay sấy và dàn đều, đưa các khay vào thiết bị sấy. Từ kết quả nghiên cứu thăm dò đưa ra mô hình thí nghiệm gồm 5 công thức thể hiện ở bảng 1.

**Bảng 1. Công thức thí nghiệm xác định tỷ lệ phụ gia phù hợp**

| TT | Tỷ lệ nguyên liệu    | Các công thức thí nghiệm |       |       |       |       |
|----|----------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
|    |                      | CT-1                     | CT-2  | CT-3  | CT-4  | CT-5  |
| 1  | Quả hồ tiêu xanh (g) | 2.000                    | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| 2  | Nước lọc (ml)        | 0                        | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| 3  | Muối ăn (g)          | 0                        | 3     | 2     | 1     | 0     |
| 4  | Axit citric (g)      | 0                        | 6,5   | 7,5   | 8,5   | 9,5   |

Vì là thí nghiệm thăm dò, nên các yếu tố cố định được lựa chọn ở mức giữa của các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy hồ tiêu đỏ, như nhiệt độ sấy là 40°C, độ dày của lớp hồ tiêu xanh trên khay sấy là 11 mm (hai lớp quả hồ tiêu), vận tốc gió là 1,5 m/s và khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm. 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 xanh [10].

- Thí nghiệm 2. 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 5,5 mm (một lớp), 11 mm (hai lớp), 16,5 mm (ba lớp), 22 mm (bốn lớp) và 27,5 mm (năm lớp) quả hồ tiêu xanh. Các yếu tố cố định gồm: Tỷ lệ phụ gia phù hợp ở thí nghiệm 1, nhiệt độ sấy là 40°C, vận tốc gió là 1,5 m/s và khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm [10].

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

Thí nghiệm sấy ở dải nhiệt độ là 30°C, 35°C, 40°C, 45°C và 50°C. Các yếu tố cố định bao gồm: Tỷ lệ phụ gia phù hợp ở thí nghiệm 1, độ dày của lớp hồ tiêu xanh trên khay sấy là 11 mm (hai lớp quả hồ tiêu), vận tốc gió là 1,5m/s và khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm [10].

- Thí nghiệm 4. Xác định ảnh hưởng của khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại

Tiến hành 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 phù hợp ở thí nghiệm 1, độ dày của lớp hồ tiêu xanh trên khay sấy là 11 mm (hai lớp quả hồ tiêu), vận tốc gió là 1,5m/s và nhiệt độ sấy là 40°C [5].

- Thí nghiệm 5. Xác định ảnh hưởng của vận tốc gió trong buồng sấy

Thí nghiệm được thực hiện sấy quả hồ tiêu xanh với tốc độ gió là 0,5 m/s, 1 m/s, 1,5 m/s, 2

m/s và 2,5 m/s. Cố định các yếu tố gồm: Tỷ lệ phụ gia phù hợp ở thí nghiệm 1, độ dày của lớp hồ tiêu xanh trên khay sấy là 11 mm (hai lớp quả hồ tiêu), nhiệt độ sấy là 40°C và khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm [10].

### 2.2.3. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu chất lượng của sản phẩm

- 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 [4].

- 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 sau:

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

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 sau:

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

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 (%) [4].

- Phương pháp xác định hàm lượng tinh dầu

Hàm lượng tinh dầu trong hồ tiêu xanh 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 bằng 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 [4]. Hàm lượng tinh dầu có trong nguyên liệu được xác định theo công thức:

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

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 xanh được ngâm chiết bằng ethanol 96%,  $\text{NH}_4\text{OH}$  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  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2%, lọc lấy dịch lọc (các alcaloid lúc này ở dạng muối, không tan được trong  $\text{CHCl}_3$ ). Đem dịch lọc loại tạp chất bằng  $\text{CHCl}_3$ , rồi đưa về pH = 9 - 10 bằng  $\text{NH}_4\text{OH}$  đậm đặc (các alcaloid khi này ở dạng base tự do, tan được trong  $\text{CHCl}_3$ ) và chiết lấy alcaloid bằng  $\text{CHCl}_3$ . Lọc dịch chiết  $\text{CHCl}_3$  qua giấy lọc và có  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  khan trên giấy lọc, rửa giấy lọc và  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  khan bằng  $\text{CHCl}_3$ , rồi cho bốc hơi  $\text{CHCl}_3$  (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 [11].

- Phương pháp xác định tổng số vi sinh vật hiếu khí

Tổng số vi sinh vật hiếu khí được xác định theo TCVN 4884-1:2015 [12]. Tiến hành theo nguyên tắc các đĩa được ủ trong điều kiện hiếu khí ở 30°C trong 72 giờ, tính số lượng vi sinh vật trong 1 g hoặc 1 ml mẫu thử theo số lượng khuẩn lạc thu được trong các đĩa có chứa ít hơn 300 khuẩn lạc [12].

- Phương pháp xác định tổng số nấm mốc

Tổng số nấm mốc được xác định theo TCVN 8275-1:2010 [13]. Nguyên tắc thực hiện là ủ các đĩa đã cấy trong điều kiện hiếu khí ở  $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  trong 5 ngày. Đếm các khuẩn lạc/các chồi dưới kính hiển vi. Số lượng nấm men và nấm mốc trong một gam hoặc một ml mẫu được tính từ số lượng khuẩn lạc/chồi/mầm thu được trên các đĩa đã chọn ở các mức pha loãng tạo ra các khuẩn lạc có thể đếm được [13].

- Phương pháp xác định chỉ tiêu cảm quan

Chỉ tiêu cảm quan của hồ tiêu xanh được xác định theo TCVN 3215:1979 [14]. Hội đồng cảm quan gồm 30 người cho mỗi một lần thử cảm quan, những người này có độ tuổi khác nhau từ 18 - 40 tuổi, gồm cả nam và nữ để nhằm tìm ra sự hài lòng và ưa thích đối với các mẫu hồ tiêu. Trạng thái,

màu sắc, mùi và vị của các mẫu này được xác định theo thang điểm 5 gồm 6 bậc. Tổng điểm của các chỉ tiêu cảm quan cao nhất là 20 điểm và thấp nhất là 0 điểm. Tính điểm trung bình của các thành viên hội đồng đối với từng chỉ tiêu cảm quan, tiếp theo nhân với hệ số quan trọng tương ứng của chỉ tiêu đó gọi là điểm có trọng lượng của từng chỉ tiêu, sau đó tính tổng số điểm có trọng lượng của tất cả các chỉ tiêu cảm quan được số điểm chung. 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: Hình thức bên ngoài (1,1), trạng thái bên trong (0,7), mùi (0,9) và vị (1,3) [14].

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ phụ gia đến thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng của hồ tiêu xanh

Khi phối hợp giữa các nguyên liệu và phụ gia một cách cân đối, khoa học và hợp lý sẽ góp phần tạo ra sản phẩm có chất lượng cao. Đối với sản phẩm hồ tiêu xanh, việc phối hợp đó còn có tác dụng hạn chế sự biến đổi các chất thơm, chất màu, hàm lượng tinh dầu và các chất dinh dưỡng khác. Đồng thời, ngăn ngừa, hạn chế sự xâm nhập, phát triển của vi sinh vật gây ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm. 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 tỷ lệ phụ gia đến thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng của hồ tiêu xanh**

| TT | Thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng | Các công thức thí nghiệm         |                           |                           |                                   |                                  |
|----|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|    |                                      | CT-1                             | CT-2                      | CT-3                      | CT-4                              | CT-5                             |
| 1  | Thời gian sấy (giờ)                  | 37,27                            | 37,42                     | 37,06                     | 37,45                             | 37,54                            |
| 2  | Độ ẩm (%)                            | 7,9 - 8,2                        | 7 - 8                     | 7 - 8                     | 7,6 - 8,1                         | 7,8 - 8,5                        |
| 3  | Khối lượng quả sau khi sấy (g/quả)   | 0,033 ± 0,002                    | 0,034 ± 0,001             | 0,034 ± 0,001             | 0,034 ± 0,001                     | 0,033 ± 0,001                    |
| 4  | Hàm lượng tinh dầu (%)               | 1,78 ± 0,02                      | 1,93 ± 0,01               | 2,15 ± 0,01               | 2,04 ± 0,02                       | 2,01 ± 0,02                      |
| 5  | Hàm lượng alkaloid (%)               | 0,03 ± 0,001                     | 0,05 ± 0,001              | 0,07 ± 0,001              | 0,06 ± 0,001                      | 0,04 ± 0,001                     |
| 6  | Tổng số vi sinh vật hiếu khí         | 1,4.10 <sup>2</sup>              | 2,5.10 <sup>1</sup>       | KPH                       | 1,5.10 <sup>1</sup>               | 1,2.10 <sup>2</sup>              |
| 7  | Tổng số nấm mốc                      | KPH                              | KPH                       | KPH                       | KPH                               | KPH                              |
| 8  | Màu sắc                              | 3,65                             | 3,83                      | 3,87                      | 3,76                              | 3,73                             |
|    |                                      | Màu xanh tối và có nhiều quả đen | Màu xanh xen lẫn vàng ngà | Màu xanh xen lẫn vàng ngà | Màu xanh tối và có một số quả đen | Màu xanh tối và có nhiều quả đen |
|    | Mùi                                  | 3,43                             | 4,08                      | 4,13                      | 3,92                              | 3,68                             |
|    |                                      | Mùi thơm tự nhiên                | Mùi thơm tự nhiên         | Mùi thơm tự nhiên         | Mùi thơm                          | Mùi thơm                         |
|    | Vị                                   | 3,37                             | 3,89                      | 4,08                      | 3,83                              | 3,61                             |
|    |                                      | Vị cay tự nhiên                  | Vị cay tự nhiên           | Vị cay tự nhiên           | Vị cay                            | Vị cay                           |
|    | Cấu trúc và hình thái                | 3,96                             | 4,11                      | 4,15                      | 4,07                              | 4,03                             |
|    |                                      | Khô dòn, ít nhăn                 | Khô dòn, ít nhăn          | Khô dòn, ít nhăn          | Khô dòn, hơi nhăn                 | Khô dòn, hơi nhăn                |
|    | Xếp loại                             | 14,41                            | 15,91                     | 16,23                     | 15,58                             | 15,05                            |
|    |                                      | Trung bình                       | Khá                       | Khá                       | Khá                               | Trung bình                       |

*Ghi chú: KPH: Không phát hiện.*

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, thời gian sấy hồ tiêu xanh ở 5 công thức thí nghiệm này không có sự khác biệt. Hồ tiêu ở công thức CT-3 có nhiều ưu

điểm hơn các công thức thí nghiệm khác. Cụ thể, sau khi sấy khối lượng của quả hồ tiêu ở công thức CT-3 là 0,034 ± 0,001 g/quả, hàm lượng tinh dầu

$2,15 \pm 0,01\%$ , hàm lượng alkaloid  $0,07 \pm 0,001\%$ , cao hơn các công thức thí nghiệm khác, không phát hiện sự có mặt của nấm mốc. Quả hồ tiêu này có màu xanh xen lẫn vàng ngà, mùi thơm tự nhiên, vị cay tự nhiên, cấu trúc ít nhân và hình thái khô dòn, được hội đồng đánh giá và xếp loại khá. Trong khi đó, quả hồ tiêu ở công thức CT-1 có khối lượng quả sau khi sấy là  $0,033 \pm 0,002$  g/quả, hàm lượng tinh dầu là  $1,78 \pm 0,02\%$ , hàm lượng alkaloid là  $0,03 \pm 0,001\%$  và chỉ tiêu cảm quan được xếp loại trung bình. Quả hồ tiêu ở công thức CT-5 có khối lượng quả sau khi sấy là  $0,033 \pm 0,001$  g/quả, hàm lượng tinh dầu là  $2,01 \pm 0,02\%$ , hàm lượng alkaloid là  $0,04 \pm 0,001\%$  và chỉ tiêu cảm quan được xếp loại trung bình. So sánh giữa quả hồ tiêu ở công thức CT-2, CT-3 và CT-4, đối với chỉ tiêu cảm quan đều được xếp loại khá và không phát hiện sự có mặt của nấm mốc. Tuy nhiên, sản phẩm hồ tiêu ở công thức CT-3 có nhiều ưu điểm hơn, đó là hàm lượng tinh dầu và hàm lượng alkaloid cao hơn. Sở dĩ có hiện tượng này là do hàm lượng axit citric và muối ăn thích hợp đã có tác dụng hạn chế sự biến đổi hàm lượng tinh dầu, hàm lượng alkaloid và các chỉ tiêu cảm quan một cách hiệu quả. Bên cạnh đó, so

sánh giữa công thức CT-2, CT-3, CT-4 và CT-5 với công thức CT-1, kết quả ở bảng 2 cho thấy, hồ tiêu ở công thức CT-1 có hàm lượng tinh dầu và hàm lượng alkaloid thấp hơn, màu sắc kém hấp dẫn hơn hồ tiêu ở các công thức CT-2, CT-3, CT-4 và CT-5. Điều đó cho thấy, việc sử dụng axit citric đã có tác dụng hiệu quả trong việc hạn chế sự biến đổi các chỉ tiêu hoá lý, hoá sinh, vi sinh và cảm quan của sản phẩm. Do đó, chọn công thức CT-3 với tỷ lệ các nguyên liệu và phụ gia bao gồm: Quả hồ tiêu xanh 2.000 g, nước lọc 3.000 ml, muối ăn 2 g, axit citric 7,5 g để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

### 3.2. Ảnh hưởng của độ dày lớp vật liệu sấy đến thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng của hồ tiêu xanh

Độ dày của lớp vật liệu đưa vào sấy cũng ảnh hưởng đến thời gian sấy và chất lượng của sản phẩm sấy. Nếu độ dày quá lớn sẽ làm cho nước bay hơi chậm, thời gian sấy kéo dài dẫn tới sản phẩm dễ bị biến màu và giảm mùi thơm. Nhưng nếu sấy với độ dày quá nhỏ, dẫn tới hiệu quả kinh tế thấp, lãng phí diện tích của thiết bị. Kết quả thí nghiệm được trình bày ở bảng 3.

**Bảng 3. Ảnh hưởng của độ dày lớp vật liệu sấy đến thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng của hồ tiêu xanh**

| TT | Thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng | Các công thức thí nghiệm         |                           |                           |                                   |                                  |
|----|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|    |                                      | 5,5 mm                           | 11 mm                     | 16,5 mm                   | 22 mm                             | 27,5 mm                          |
| 1  | Thời gian sấy (giờ)                  | 37,03                            | 37,14                     | 37,36                     | 39,13                             | 39,28                            |
| 2  | Độ ẩm (%)                            | 7 - 8                            | 7 - 8                     | 7,5 - 8,2                 | 7,7 - 8,6                         | 7,8 - 8,5                        |
| 3  | Khối lượng quả sau khi sấy (g/quả)   | $0,033 \pm 0,002$                | $0,034 \pm 0,001$         | $0,034 \pm 0,001$         | $0,033 \pm 0,001$                 | $0,033 \pm 0,002$                |
| 4  | Hàm lượng tinh dầu (%)               | $1,96 \pm 0,02$                  | $2,13 \pm 0,01$           | $2,07 \pm 0,01$           | $2,03 \pm 0,02$                   | $2,02 \pm 0,02$                  |
| 5  | Hàm lượng alkaloid (%)               | $0,06 \pm 0,001$                 | $0,07 \pm 0,001$          | $0,06 \pm 0,001$          | $0,06 \pm 0,001$                  | $0,05 \pm 0,001$                 |
| 6  | Tổng số vi sinh vật hiếu khí         | $1,8.10^1$                       | KPH                       | KPH                       | $1,5.10^1$                        | $1,2.10^2$                       |
| 7  | Tổng số nấm mốc                      | KPH                              | KPH                       | KPH                       | KPH                               | KPH                              |
| 8  | Màu sắc                              | 3,68                             | 3,93                      | 3,85                      | 3,78                              | 3,59                             |
|    |                                      | Màu xanh tối và có nhiều quả đen | Màu xanh xen lẫn vàng ngà | Màu xanh xen lẫn vàng ngà | Màu xanh tối và có một số quả đen | Màu xanh tối và có nhiều quả đen |
|    | Mùi                                  | 3,34                             | 4,17                      | 4,16                      | 4,03                              | 3,56                             |
|    |                                      | Mùi thơm tự nhiên                | Mùi thơm tự nhiên         | Mùi thơm tự nhiên         | Mùi thơm                          | Mùi thơm                         |
|    | Vị                                   | 3,81                             | 4,29                      | 4,13                      | 3,97                              | 3,64                             |
|    |                                      | Vị cay tự nhiên                  | Vị cay tự nhiên           | Vị cay tự nhiên           | Vị cay                            | Vị cay                           |

|  |                       |                   |                   |                   |                    |                    |
|--|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|  | Cấu trúc và hình thái | 3,89              | 4,14              | 3,87              | 4,06               | 4,03               |
|  |                       | Khô tròn, ít nhăn | Khô tròn, ít nhăn | Khô tròn, ít nhăn | Khô tròn, hơi nhăn | Khô tròn, hơi nhăn |
|  | Xếp loại              | 14,72             | 16,53             | 16,01             | 15,84              | 14,82              |
|  |                       | Trung bình        | Khá               | Khá               | Khá                | Trung bình         |

*Ghi chú: KPH: Không phát hiện.*

Bảng 3 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 5,5 mm (một lớp) thì thời gian sấy là 37 giờ 3 phút, nhưng khi sấy với độ dày lớp nguyên liệu là 11 mm (hai lớp) thì thời gian sấy là 37 giờ 14 phút, độ dày lớp nguyên liệu là 16,5 mm (ba lớp) thì thời gian sấy là 37 giờ 39 phút. Tương tự, với độ dày lớp nguyên liệu là 22 mm (bốn lớp) thì thời gian sấy là 39 giờ 13 phút và độ dày lớp nguyên liệu là 27,5 mm (năm lớp) thì thời gian sấy là 39 giờ 28 phút. So sánh giữa sấy với độ dày lớp nguyên liệu là 22 mm (bốn lớp) và 27,5 mm (năm lớp) quả hồ tiêu xanh thì sự chênh lệch thời gian sấy không lớn như khi sấy ở độ dày lớp nguyên liệu thấp hơn. Theo Onwubuya và cs (2009) [15], độ dày của lớp vật liệu sấy ảnh hưởng rất lớn đến thời gian sấy và chất lượng của sản phẩm. 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 do thời gian sấy kéo dài. Vì vậy, 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 xanh ở phía trên bề mặt có quá trình thoát ẩm mạnh sẽ được làm khô trước, còn các quả hồ tiêu xanh 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 của sản phẩm [15]. 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 xanh sấy ở các công thức khác nhau, kết quả cho thấy, sản phẩm hồ tiêu xanh sấy ở độ dày lớp nguyên liệu 11 mm (hai lớp) có nhiều ưu điểm hơn sản phẩm hồ tiêu xanh ở các công thức khác: Khối lượng quả hồ tiêu sau khi sấy  $0,034 \pm 0,001\text{g/quả}$ , hàm lượng tinh dầu  $2,13 \pm 0,01\%$ , hàm lượng alcaloid  $2,13 \pm 0,01\%$  và tổng điểm cảm quan là 16,53 điểm, được xếp loại khá. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Roslan và Yudin (2019) [16]. Do đó, chọn độ dày lớp vật liệu sấy là 11 mm (hai lớp) để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

### 3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng của hồ tiêu xanh

Nhiệt độ sấy cũng ảnh hưởng rất lớn đến thời gian sấy và chất lượng của sản phẩm sau khi sấy. Thí nghiệm sấy ở dải nhiệt độ là 30°C, 35°C, 40°C, 45°C và 50°C. Các yếu tố cố định bao gồm: Tỷ lệ phụ gia phù hợp ở thí nghiệm 1, độ dày của lớp hồ tiêu xanh trên khay sấy là 11 mm (hai lớp quả hồ tiêu), vận tốc gió là 1,5 m/s và khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm. Kết quả được thể hiện ở bảng 4.

**Bảng 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng của hồ tiêu xanh**

| TT | Thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng | Các công thức thí nghiệm |                   |                   |                   |                   |
|----|--------------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|    |                                      | 30°C                     | 35°C              | 40°C              | 45°C              | 50°C              |
| 1  | Thời gian sấy (giờ)                  | 40,32                    | 39,19             | 37,23             | 36,57             | 36,31             |
| 2  | Độ ẩm (%)                            | 7,7 - 8,6                | 7,4 - 8,2         | 7 - 8             | 7 - 8             | 7 - 8             |
| 3  | Khối lượng quả sau khi sấy (g/quả)   | $0,034 \pm 0,001$        | $0,034 \pm 0,001$ | $0,034 \pm 0,001$ | $0,033 \pm 0,001$ | $0,033 \pm 0,001$ |
| 4  | Hàm lượng tinh dầu (%)               | $2,14 \pm 0,02$          | $2,16 \pm 0,02$   | $2,17 \pm 0,01$   | $1,98 \pm 0,01$   | $1,93 \pm 0,01$   |
| 5  | Hàm lượng alcaloid (%)               | $0,06 \pm 0,001$         | $0,06 \pm 0,001$  | $0,07 \pm 0,001$  | $0,05 \pm 0,001$  | $0,05 \pm 0,001$  |
| 6  | Tổng số vi sinh vật hiếu khí         | $1,5.10^2$               | $2,5.10^1$        | KPH               | KPH               | $1,2.10^2$        |

|   |                       |                                  |                           |                           |                                   |                                  |
|---|-----------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 7 | Tổng số năm mốc       | KPH                              | KPH                       | KPH                       | KPH                               | KPH                              |
| 8 | Màu sắc               | 3,61                             | 4,32                      | 4,43                      | 3,56                              | 3,49                             |
|   |                       | Màu xanh tối và có nhiều quả đen | Màu xanh xen lẫn vàng ngà | Màu xanh xen lẫn vàng ngà | Màu xanh tối và có một số quả đen | Màu xanh tối và có nhiều quả đen |
|   | Mùi                   | 3,72                             | 3,85                      | 4,01                      | 3,67                              | 3,71                             |
|   |                       | Mùi thơm tự nhiên                | Mùi thơm tự nhiên         | Mùi thơm tự nhiên         | Mùi thơm                          | Mùi thơm                         |
|   | Vị                    | 4,06                             | 4,09                      | 4,05                      | 3,89                              | 3,92                             |
|   |                       | Vị cay tự nhiên                  | Vị cay tự nhiên           | Vị cay tự nhiên           | Vị cay                            | Vị cay                           |
|   | Cấu trúc và hình thái | 3,64                             | 3,61                      | 3,69                      | 3,53                              | 3,67                             |
|   |                       | Khô dòn, ít nhăn                 | Khô dòn, ít nhăn          | Khô dòn, ít nhăn          | Khô dòn, hơi nhăn                 | Khô dòn, hơi nhăn                |
|   | Xếp loại              | 15,03                            | 15,87                     | 16,18                     | 14,65                             | 14,79                            |
|   |                       | Trung bình                       | Khá                       | Khá                       | Trung bình                        | Trung bình                       |

*Ghi chú: KPH: Không phát hiện.*

Khi sấy quả hồ tiêu xanh ở nhiệt độ 30°C thì thời gian sấy là giờ 40 giờ 32 phút, khi tăng nhiệt độ sấy lên 35°C thì thời gian sấy là 39 giờ 19 phút, nhiệt độ sấy là 40°C thì thời gian sấy là 37 giờ 23 phút, tiếp tục tăng nhiệt độ sấy lên 45°C thì thời gian sấy là 36 giờ 57 phút. Tương tự, khi sấy ở nhiệt độ 50°C thì thời gian sấy là 36 giờ 31 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 sấy ở nhiệt độ 45°C và 50°C, kết quả cho thấy sự chênh lệch về thời gian không đáng kể. Khi sấy ở nhiệt độ quá cao sẽ làm mất mùi thơm của quả hồ tiêu xanh, 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 xanh có thể bị cháy. Kết quả cho thấy, sản phẩm hồ tiêu xanh sấy ở nhiệt độ 40°C có nhiều ưu điểm hơn sản phẩm hồ tiêu xanh sấy ở các công thức khác. Sản phẩm hồ tiêu xanh sấy ở nhiệt độ 40°C có khối lượng quả sau khi sấy là  $0,034 \pm 0,001$

g/quả, hàm lượng tinh dầu là  $2,17 \pm 0,01\%$ , hàm lượng alcaloid là  $0,07 \pm 0,001\%$ , tổng điểm cảm quan là 16,18 điểm và được xếp loại khá. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Mathieu và cs (2014) [1], Hosain và cs (2014) [17]. Qua đó cho thấy, để giữ mùi thơm cho sản phẩm, hạn chế sự hao hụt hàm lượng tinh dầu, hàm lượng alcaloid, các chất dinh dưỡng khác, tiết kiệm thời gian, tiết kiệm điện năng trong quá trình sấy, chọn nhiệt độ để sấy hồ tiêu xanh là 40°C để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

#### 3.4. Ảnh hưởng của khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại đến thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng của hồ tiêu xanh

Tiến hành thí nghiệm sấy ở các khoảng cách 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm và 25 cm. Các yếu tố cố định gồm: Nhiệt độ sấy là 40°C, vận tốc gió là 1,5 m/s và độ dày của lớp nguyên liệu đưa vào sấy là 11 mm (hai lớp). Kết quả được thể hiện ở bảng 5.

**Bảng 5. Ảnh hưởng của khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại đến thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng của hồ tiêu xanh**

| TT | Thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng | Các công thức thí nghiệm |                   |                   |                   |                   |
|----|--------------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|    |                                      | 5 cm                     | 10 cm             | 15 cm             | 20 cm             | 25 cm             |
| 1  | Thời gian sấy (giờ)                  | 34,27                    | 37,12             | 39,21             | 42,25             | 46,18             |
| 2  | Độ ẩm (%)                            | 7 - 8                    | 7 - 8             | 7 - 8             | 7,5 - 8,2         | 7,9 - 8,7         |
| 3  | Khối lượng quả sau khi sấy (g/quả)   | $0,034 \pm 0,002$        | $0,034 \pm 0,001$ | $0,034 \pm 0,001$ | $0,033 \pm 0,002$ | $0,033 \pm 0,001$ |
| 4  | Hàm lượng tinh dầu (%)               | $2,06 \pm 0,02$          | $2,14 \pm 0,01$   | $2,14 \pm 0,01$   | $2,14 \pm 0,02$   | $2,13 \pm 0,01$   |

|   |                              |                                  |                           |                           |                                   |                                  |
|---|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 5 | Hàm lượng alcaloid (%)       | 0,065 ± 0,001                    | 0,067 ± 0,001             | 0,063 ± 0,001             | 0,06 ± 0,001                      | 0,06 ± 0,001                     |
| 6 | Tổng số vi sinh vật hiếu khí | 1,2.10 <sup>1</sup>              | 1,4.10 <sup>1</sup>       | 1,8.10 <sup>2</sup>       | 2,5.10 <sup>2</sup>               | 3,2.10 <sup>2</sup>              |
| 7 | Tổng số nấm mốc              | KPH                              | KPH                       | KPH                       | KPH                               | KPH                              |
| 8 | Màu sắc                      | 3,37                             | 3,53                      | 3,47                      | 3,37                              | 3,28                             |
|   |                              | Màu xanh tối và có nhiều quả đen | Màu xanh xen lẫn vàng ngà | Màu xanh xen lẫn vàng ngà | Màu xanh tối và có một số quả đen | Màu xanh tối và có nhiều quả đen |
|   | Mùi                          | 3,68                             | 4,12                      | 4,08                      | 3,92                              | 3,79                             |
|   |                              | Thơm nhẹ                         | Thơm đặc trung            | Thơm đặc trung            | Thơm nhẹ                          | Thơm nhẹ                         |
|   | Vị                           | 3,91                             | 4,27                      | 4,23                      | 3,74                              | 3,86                             |
|   |                              | Vị cay                           | Vị cay đặc trung          | Vị cay đặc trung          | Vị cay                            | Vị cay                           |
|   | Cấu trúc và hình thái        | 3,89                             | 4,14                      | 4,07                      | 4,01                              | 3,75                             |
|   |                              | Nhăn nheo                        | Khô dòn, ít nhăn          | Khô dòn, ít nhăn          | Nhăn nheo                         | Nhăn nheo                        |
|   | Xếp loại                     | 14,85                            | 16,06                     | 15,85                     | 15,04                             | 14,68                            |
|   |                              | Trung bình                       | Khá                       | Khá                       | Trung bình                        | Trung bình                       |

*Ghi chú: KPH: Không phát hiện.*

Kết quả ở bảng 5 cho thấy, khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại 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 bóng đèn phát tia hồng ngoại là 5 cm thì thời gian sấy là 34 giờ 27 phút, khi tăng khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại lên 10 cm thì thời gian sấy cũng tăng lên là 37 giờ 12 phút, tiếp tục tăng khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 15 cm thì thời gian sấy là 39 giờ 21 phút. Với khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 20 cm thì thời gian sấy là 42 giờ 25 phút và khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 25 cm thì thời gian sấy cũng tăng lên là 46 giờ 18 phút. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, với khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 5 và 10 cm thì thời gian sấy không có sự chênh lệch nhiều. Nhưng khi tăng khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại lên 15 cm, 20 cm và 25 cm thì thời gian sấy đã tăng đáng kể. Xét về chỉ tiêu dinh dưỡng và chỉ tiêu cảm quan, độ ẩm của sản phẩm hồ tiêu ở 5 công thức thí nghiệm này, kết quả cho

thấy, sản phẩm hồ tiêu sấy với khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm có nhiều ưu điểm hơn sản phẩm hồ tiêu ở các công thức thí nghiệm khác. Cụ thể, độ ẩm 7 - 8%, khối lượng quả sau khi sấy  $0,034 \pm 0,001$  g/quả, hàm lượng tinh dầu  $2,14 \pm 0,01\%$ , hàm lượng alcaloid  $0,067 \pm 0,001\%$ , tổng điểm cảm quan đạt 16,06 điểm và được xếp loại khá. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Yurtsever và cs (2018) [7]. Vì vậy, dựa vào các chỉ tiêu này, chọn khoảng cách bóng đèn phát tia hồng ngoại là 10 cm để nghiên cứu sấy hồ tiêu xanh.

### 3.5. Ảnh hưởng của vận tốc gió trong buồng sấy đến thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng của hồ tiêu xanh

Tiến hành sấy quả hồ tiêu xanh với tốc độ 0,5 m/s, 1 m/s, 1,5 m/s, 2 m/s và 2,5 m/s. Điều kiện thí nghiệm: Độ dày của lớp nguyên liệu là 11 mm (hai lớp) quả hồ tiêu xanh và nhiệt độ sấy là 40°C. Kết quả được trình bày ở bảng 6.

**Bảng 6. Ảnh hưởng của vận tốc gió trong buồng sấy đến thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng của hồ tiêu xanh**

| TT | Thời gian sấy và chỉ tiêu chất lượng | Các công thức thí nghiệm |           |         |       |         |
|----|--------------------------------------|--------------------------|-----------|---------|-------|---------|
|    |                                      | 0,5 m/s                  | 1 m/s     | 1,5 m/s | 2 m/s | 2,5 m/s |
| 1  | Thời gian sấy (giờ)                  | 48,36                    | 41,43     | 37,19   | 36,27 | 36,05   |
| 2  | Độ ẩm (%)                            | 7,4 - 8,9                | 7,7 - 8,6 | 7 - 8   | 7 - 8 | 7 - 8   |

|   |                                    |                                  |                           |                           |                                   |                                  |
|---|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 3 | Khối lượng quả sau khi sấy (g/quả) | $0,034 \pm 0,002$                | $0,034 \pm 0,001$         | $0,034 \pm 0,001$         | $0,033 \pm 0,002$                 | $0,033 \pm 0,002$                |
| 4 | Hàm lượng tinh dầu (%)             | $2,14 \pm 0,02$                  | $2,14 \pm 0,01$           | $2,15 \pm 0,01$           | $2,12 \pm 0,02$                   | $2,09 \pm 0,02$                  |
| 5 | Hàm lượng alcaloid (%)             | $0,065 \pm 0,001$                | $0,065 \pm 0,002$         | $0,065 \pm 0,001$         | $0,064 \pm 0,001$                 | $0,064 \pm 0,002$                |
| 6 | Tổng số vi sinh vật hiếu khí       | $1,5.10^2$                       | $2,5.10^1$                | $1,8.10^1$                | $1,6.10^1$                        | $1,2.10^1$                       |
| 7 | Tổng số nấm mốc                    | KPH                              | KPH                       | KPH                       | KPH                               | KPH                              |
| 8 | Màu sắc                            | 3,71                             | 3,81                      | 3,92                      | 3,69                              | 3,53                             |
|   |                                    | Màu xanh tối và có nhiều quả đen | Màu xanh xen lẫn vàng ngà | Màu xanh xen lẫn vàng ngà | Màu xanh tối và có một số quả đen | Màu xanh tối và có nhiều quả đen |
|   | Mùi                                | 3,69                             | 4,12                      | 4,17                      | 3,73                              | 3,64                             |
|   |                                    | Mùi thơm tự nhiên                | Mùi thơm tự nhiên         | Mùi thơm tự nhiên         | Mùi thơm                          | Mùi thơm                         |
|   | Vị                                 | 3,62                             | 3,97                      | 4,15                      | 3,61                              | 3,56                             |
|   |                                    | Vị cay tự nhiên                  | Vị cay tự nhiên           | Vị cay tự nhiên           | Vị cay                            | Vị cay                           |
|   | Cấu trúc và hình thái              | 4,05                             | 4,08                      | 4,24                      | 4,02                              | 3,92                             |
|   |                                    | Khô giòn, ít nhăn                | Khô giòn, ít nhăn         | Khô giòn, ít nhăn         | Khô giòn, hơi nhăn                | Khô giòn, hơi nhăn               |
|   | Xếp loại                           | 15,07                            | 15,98                     | 16,48                     | 15,05                             | 14,65                            |
|   |                                    | Trung bình                       | Khá                       | Khá                       | Trung bình                        | Trung bình                       |

*Ghi chú: KPH: Không phát hiện.*



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

**Hình 3. Quả hồ tiêu xanh**

**Hình 4. Sản phẩm hồ tiêu xanh sấy lạnh kết hợp với bức xạ hồng ngoại**

Bảng 6 cho thấy, khi sấy với tốc độ gió 0,5 m/s thì thời gian sấy là 48 giờ 36 phút. Do tốc độ gió thấp nên chất lượng quả hồ tiêu xanh không đều trong buồng sấy, những nơi ở cuối luồng gió quả hồ tiêu xanh bị ẩm nhiều. Vì lượng gió không đủ mang hơi ẩm của quả hồ tiêu xanh 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 43 phút, tăng vận tốc gió 1,5 m/s thì thời gian sấy là 37 giờ 19 phút, vận tốc gió là 2 m/s thì thời gian sấy là 36 giờ 27 phút. Tuy nhiên,

khi tăng vận tốc gió lên 2,5 m/s thì 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 hồ tiêu xanh mạnh 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 nhăn, 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 khi sấy với vận tốc gió 1,5 m/s có

nhiều ưu điểm hơn sản phẩm hồ tiêu sấy với vận tốc gió ở các công thức khác. Cụ thể, hồ tiêu sấy ở vận tốc gió 1,5 m/s có khối lượng quả sau khi sấy là  $0,034 \pm 0,001$  g/quả, hàm lượng tinh dầu  $2,15 \pm 0,01\%$ , hàm lượng alkaloid  $0,065 \pm 0,001\%$ , sản phẩm có tổng điểm cảm quan là 16,48 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 để sấy hồ tiêu xanh.

#### **4. KẾT LUẬN**

Đã xác định được tỷ lệ phụ gia thích hợp cho quá trình sơ chế quả hồ tiêu xanh trước khi sấy cho một mẻ sấy với khối lượng quả hồ tiêu xanh 2.000 g là nước lọc 3.000 ml, muối ăn 2 g và axit citric 7,5 g. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm khi sấy lạnh kết hợp hồng ngoại đã xác định được các thông số công nghệ của quá trình sấy: Độ dày lớp vật liệu sấy là 11 mm (hai lớp quả hồ tiêu), nhiệt độ sấy hồ tiêu xanh là  $40^{\circ}\text{C}$ , khoảng cách giữa bóng đèn phát tia hồng ngoại và lớp vật liệu sấy là 10 cm, vận tốc gió thích hợp cho quá trình sấy là 1,5 m/s. Với điều kiện này, thời gian sấy hồ tiêu xanh mỗi mẻ khoảng hơn 37 giờ 15 phút, độ ẩm của sản phẩm đạt 7 - 8%. Sản phẩm có màu xanh xen lẫn vàng ngà, mùi thơm tự nhiên, vị cay tự nhiên, khô giòn và ít nhăn, hàm lượng tinh dầu dao động từ 2,14 - 2,17% và hàm lượng alkaloid dao động từ 0,065 - 0,07%.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. 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.
2. Lê Anh Tuấn, Trần Văn Quy, Vũ Kiều Sâm, Nguyễn Văn Lợi (2025). Nghiên cứu lựa chọn thời điểm thu hoạch quả hồ tiêu thích hợp cho quá trình chế biến sản phẩm hồ tiêu xanh tại tỉnh Quảng Trị. *Tạp chí Nông nghiệp và Môi trường*, 8, 134 - 141.
3. Đỗ Tất Lợi (2014). *Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam*. Nxb Y học, 370 - 372.
4. 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 đỏ. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 7, 42 - 50.
5. 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.
6. 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.
7. Yurtsever Soysal, Muharrem Keskin, Aysel Arslan, Yunus Emre Sekerli (2018). Infrared drying characteristics of pepper at different maturity sages. *Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Turkey. International Conference on Energy Research*, 214 - 221.
8. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 01:2009/BYT về Chất lượng nước ăn uống.
9. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9017:2011. Quả tươi - Phương pháp lấy mẫu trên vườn sản xuất.
10. 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.
11. 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.
12. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 4884-1:2015. Vi sinh vật trong chuỗi thực phẩm - Phương pháp định lượng vi sinh vật - Phần 1: Đếm khuẩn lạc ở  $30^{\circ}\text{C}$  bằng kỹ thuật đổ đĩa.
13. 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.

14. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3215:1979. Sản phẩm thực phẩm - Phân tích cảm quan - Phương pháp cho điểm.
15. 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.
16. Roslan N. F. M, Yudin A. S. M (2019). Drying process of black pepper in a swirling fluidized bed dryer using experimental method. *Symposium on Energy Systems*, 863, 1 - 9.
17. 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.

### **DETERMINING TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE PROCESSING OF GREEN PEPPER PRODUCTS**

**Le Anh Tuan<sup>1</sup>, Tran Van Quy<sup>1</sup>, Do Thi Hanh<sup>2</sup>, Nguyen Van Loi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*University of Science, Vietnam National University, Hanoi*

<sup>2</sup>*Hanoi University of Industry*

#### **Abstract**

Peppercorn (*Piper nigrum* L.) is widely grown in Vietnam, including in Quang Tri province and is used as a food spice. Green peppercorn contains many chemical components, especially oils and alkaloids. Green pepper is harvested while still green, with only 5 - 10% of the fruits in a cluster having ripened. The endocarp has not yet hardening and the seed is still soft. The whole cluster is harvested while still green on the plant, then dried, packaged and preserved. The aim of this research is to determine the technological parameters for drying green peppercorn of Quang Tri province using freeze-drying combined with infrared radiation. The cold drying method combined with infrared radiation is a method of drying materials under low temperature conditions combined with infrared lamps to dry the materials. This technology has many advantages, including reduced drying time, uniform temperature distribution, flexibility in heating by zone, simple and compact equipment and especially energy saving, allowing drying at low temperatures to minimize product quality degradation due to heat. The results show that 2000 g of green peppercorn soaked in a solution of 3000 ml filtered water, 7.5 g citric acid and 2 g salt, the drying temperature is 40°C, the thickness of the green peppercorns layer on the drying tray is 11 mm (equivalent to two layers of pepper) and the wind speed is 1.5 m/s. The drying time per batch of green peppercorn is more than 37 hours 15 minutes, the distance between the infrared bulbs is 10 cm and the final product moisture content reaches 7 - 8%. The product has an essential oil content of  $2.15 \pm 0.01\%$ , an alkaloid content of  $0.065 \pm 0.001\%$ , a greenish-yellow color, a natural aroma, a naturally spicy taste and is dry, crispy, and less prone to wrinkling.

**Keywords:** *Infrared radiation, green peppercorn, freeze-drying, technological parameters, Quang Tri province.*

**Ngày nhận bài:** 6/11/2025

**Ngày chuyển phản biện:** 12/11/2025

**Ngày thông qua phản biện:** 5/12/2025

**Ngày duyệt đăng:** 29/12/2025