

# NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ SẤY VÀ CHẾ ĐỘ KHỬ KHUẨN PHÙ HỢP CHO THANH LONG THÁI LÁT HỒNG NGOẠI VÀ KHỬ KHUẨN BẰNG CỰC TİM CHO THANH LONG THÁI LÁT

Lê Anh Đức<sup>1</sup>, Vũ Kế Hoạch<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm xác định chế độ sấy và chế độ khử khuẩn phù hợp cho thanh long thái lát theo nguyên lý sấy bom nhiệt kết hợp hồng ngoại và khử khuẩn bằng cực tím. Tiêu chí để xác định chế độ sấy là nhiệt độ sấy, thời gian sấy, tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình sấy và chất lượng thanh long sau khi sấy. Kết quả đã xác định được nhiệt độ sấy 47°C, vận tốc tác nhân sấy 0,8 m/s, công suất hồng ngoại 4.600 W. Tại chế độ sấy này, thời gian sấy là 8,5 giờ, tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình sấy là 0,63 kWh/kg. Thanh long được khử khuẩn bằng đèn cực tím bước sóng ngắn UV-C công suất 320 W trong thời gian 15 phút, tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình khử khuẩn là 96 W/m<sup>2</sup>. Thanh long sau khi sấy và khử khuẩn đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm, đạt tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn xuất khẩu.

**Từ khóa:** Thanh long, sấy bom nhiệt, khử khuẩn, thời gian sấy, điện năng riêng.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trái cây tươi chứa nhiều chất dinh dưỡng và vitamin không bền nhiệt, dễ bị phân hủy và bị oxy hóa ở điều kiện nhiệt độ cao. Thời gian tiếp xúc với tác nhân sấy càng lâu thì hàm lượng các vitamin trong trái cây càng giảm. Vì vậy sấy ở nhiệt độ thấp bằng nguyên lý bom nhiệt sẽ đáp ứng được những yêu cầu khắt khe về chất lượng sau khi sấy, bởi tác nhân sấy có độ ẩm thấp, nhiệt độ sấy thấp so với các phương pháp sấy thông thường do đó hạn chế được sự thay đổi không có lợi về màu sắc, hàm lượng các chất dinh dưỡng và mùi vị tự nhiên của sản phẩm [1].

Nhiệt độ sấy ảnh hưởng rất lớn đến hàm lượng dinh dưỡng của trái cây đặc biệt là các loại vitamin. Theo các nghiên cứu đã công bố, thông thường khi nhiệt độ sấy càng cao thì vận tốc sấy càng nhanh, quá trình sấy càng hiệu quả, tuy nhiên không dùng nhiệt độ cao để sấy rau quả, khi nhiệt độ sấy tăng lên lớn hơn 60°C thì protein bị biến tính.

Liaotrakoon và cộng sự [2] đã nghiên cứu về các ảnh hưởng của quá trình sấy lạnh đến đặc tính hóa lý, màu sắc và hàm lượng betacyanins ở thanh long ruột trắng và thanh long ruột đỏ. Kết quả cho thấy hàm lượng dinh dưỡng vitamin C vẫn được giữ lên đến 71,13%, chất betacyanins lên đến 360,14 mg/100g, màu sắc sau khi sấy tương tự như màu sắc

ban đầu.

Ramallo và cộng sự [3] đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến màu sắc và đặc điểm cơ học của dưa sấy khô. Các lát dưa được sấy khô bằng phương pháp sấy đối lưu không khí nóng ở nhiệt độ cố định (45°C, 60°C và 75°C) và vận tốc không khí không đổi 1,5 m/s. Kết quả các mẫu dưa sấy khô ở 45°C có khả năng bù nước tốt hơn và khả năng giữ axit l-ascorbic cao hơn so với các mẫu thu được bằng sấy không khí 75°C. Do đó, nhiệt độ sấy 45°C là nhiệt độ tốt nhất để sấy dưa.

Nordin và cộng sự [4] đã nghiên cứu về sự thay đổi màu sắc, hoạt tính của nước, độ co dãn, axit ascorbic (vitamin C) của thanh long ruột đỏ với các phương pháp sấy khác nhau. Kết quả cho thấy rằng phương pháp sấy vi sóng kết hợp chân không cho ra sản phẩm là tốt nhất, màu sắc vẫn được giữ lại như ban đầu, axit ascorbic (vitamin C) được giữ lại cao, trong khi đó thời gian sấy giảm được 83% so với phương pháp sấy không khí nóng.

Lê Thị Hồng Xuyên [5] đã nghiên cứu sấy xoài miếng bằng phương pháp sấy không khí nóng với nhiệt độ 60°C, 65°C, 70°C, độ ẩm đạt 15% thì ngừng sấy, kết quả cho thấy với nhiệt độ là 60°C thì xoài miếng sấy dày 2 mm có chất lượng cảm quan tốt, có thể ức chế được sự phát triển của vi sinh vật.

Phương pháp sấy kết hợp bức xạ hồng ngoại có tốc độ truyền nhiệt lớn, khả năng trao đổi nhiệt tốt hơn, dễ điều chỉnh nguồn nhiệt và nhiệt độ trên bề

<sup>1</sup> Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup> Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng

mặt sản phẩm, rút ngắn được nhiều thời gian so với phương pháp sấy thông thường [6].

Cũng như các loại rau quả nói chung, sấy sẽ làm thay đổi các thành phần hoạt tính và màu sắc của trái cây. Sự thay đổi này đã được nhiều tác giả công bố như: đối với rau, quả [7], [8], [9].

Mục tiêu của nghiên cứu nhằm xác định chế độ sấy và khử khuẩn cho thanh long thái lát bằng thiết bị sấy - khử khuẩn theo nguyên lý sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại, khử khuẩn bằng tia cực tím.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu sử dụng trong thí nghiệm

Vật liệu thí nghiệm là thanh long ruột trắng đạt tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7523:2014 [10]. Trái thanh long được lột vỏ và thái lát dày 5 mm. Khi ẩm độ thanh long 12% thì ngừng sấy [11]. Chất lượng thanh long sau khi sấy và khử khuẩn được đánh giá theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4843:2007 [11].

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

- *Phương pháp khảo nghiệm*: các khảo nghiệm được thực hiện tại các mức nhiệt độ khác nhau. Cơ sở để xác định nhiệt độ sấy phù hợp là thời gian sấy, tiêu thụ điện năng riêng và chất lượng sản phẩm

- *Phương pháp đo đạc thông số thực nghiệm*:

Ẩm độ thanh long được xác định bằng thiết bị phân tích ẩm độ nhân hiệu A&D-MX 50 của Nhật Bản, độ nhạy của cân là 0,001 gram, dải nhiệt độ phân tích 50 - 200°C.

Khối lượng vật liệu sấy được đo bằng cân điện tử và ẩm độ tại thời gian sấy t được xác định bằng phương trình (1).

$$M_t = 100 - \frac{W_0}{W_t} (100 - M_0) \quad (1)$$

Trong đó:  $M_t$ : ẩm độ thanh long tại thời gian t (%);  $M_0$ : ẩm độ ban đầu của thanh long (%);  $W_t$ : khối lượng thanh long tại thời gian sấy t (h);  $W_0$ : khối lượng ban đầu của thanh long (g).

Tốc độ sấy: tính theo công thức (2).

$$dM = \frac{M_t - M_{t+\Delta t}}{\Delta t} \quad (2)$$

Trong đó:  $dM$ : tốc độ sấy (%/h);  $M_t, M_{t+\Delta t}$ : độ ẩm của thanh long tại thời gian sấy t và t +  $\Delta t$  (%);  $\Delta t$ : khoảng thời gian sấy (h).

Nhiệt độ tác nhân sấy và nhiệt độ vật liệu sấy

được đo bằng cảm biến nhiệt độ loại cân nhiệt PT100 với sai số  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ , tiêu chuẩn IP 68. Điện năng tiêu thụ, công suất máy được ghi nhận thông qua bộ giảm sát điều khiển của máy và được kiểm tra bằng đồng hồ điện 3 pha EMIC MV3E4 và Ampe kềm AC/DC Lutron DM- 6056.

Số vòng quay của quạt được điều chỉnh thông qua biến tần Invt CHF100A, tần số 0 - 60 Hz và được đo bằng dụng cụ đo số vòng quay DT2234 với độ chính xác 1 vòng/phút.



Hình 1. Máy sấy trái cây thái lát theo nguyên lý bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại và khử khuẩn bằng tia cực tím

- *Thiết bị khảo nghiệm*: thiết bị sấy - khử khuẩn theo nguyên lý sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại, khử khuẩn bằng tia cực tím đã được thiết kế chế tạo như hình 1 [12].

Năng suất sấy và khử khuẩn 50 kg/m<sup>2</sup>. Bộ bơm nhiệt có công suất 5 HP, công suất hồng ngoại 4.600 W (có thể tùy chỉnh), khử khuẩn bằng đèn cực tím bước sóng ngắn UV-C công suất 320 W. Các thông số hoạt động của thiết bị như nhiệt độ sấy, vận tốc tác nhân sấy, công suất hồng ngoại, thời gian sấy, thời gian diệt khuẩn được cài đặt, hiển thị và giám sát tự động và chính xác. Các thông số năng lượng của quá trình sấy và khử khuẩn được ghi nhận và lưu trữ trên bộ ghi năng lượng

- *Phương pháp xét nghiệm mẫu*:

Đánh giá chất lượng thanh long: quá trình sấy sẽ làm thay đổi dinh dưỡng của thanh long do tác động của nhiệt. Trong trái thanh long có rất nhiều dinh dưỡng và các loại vitamin, trong đó có hàm lượng vitamin C tương đối cao. Nhiều kết quả nghiên cứu của các tác giả trong và ngoài nước đã cho thấy vitamin C là loại vitamin nhạy nhiệt nhất trong tất cả các loại vitamin cũng như các chất dinh dưỡng khác có trong thanh long, quá trình sấy là nói đến nhiệt có ảnh hưởng, nếu test vitamin C đạt nghĩa là các chất khác cũng đạt.

Hàm lượng vitamin C của thanh long được xác định bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC - High Performance Liquid Chromatography) chuẩn AOAC 985.33:2011.

Các chỉ tiêu vi sinh của thanh long sau khi sấy được đánh giá bao gồm:

*Coliform*: ISO 4832:2006.

*E. coli*: ISO 16649-2:2001.

*Staphylococcus coagulase*: ISO 6888-1:1999/ADM-1: 2003.

Mốc: ISO 21527-2: 2008.

*B. cereus* giả định: ISO 7932:2004.

Tổng vi khuẩn hiếu khí: ISO 4833-1:2013.

- *Phương pháp xử lý số liệu*: sự khác biệt của các số liệu thí nghiệm về mặt thống kê được xử lý bằng phương pháp LSD (Least Significant Difference - Giới

hạn sai khác nhỏ nhất) [13].

**3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**

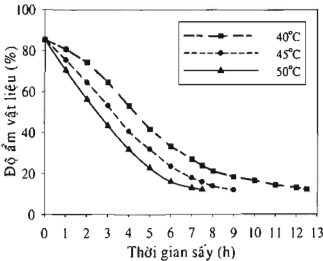
**3.1. Khảo nghiệm xác định chế độ sấy**

Các thí nghiệm sấy được thực hiện tại 3 mức nhiệt độ sấy 40°C, 45°C và 50°C. Cơ sở để xác định nhiệt độ sấy hợp lý là: thời gian sấy, tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình sấy và chất lượng thanh long sau khi sấy.

Cả 3 thí nghiệm được tiến hành với cùng vận tốc tác nhân sấy là 0,8 m/s, công suất hồng ngoại 4.600 W. Sau mỗi 60 phút lấy mẫu thanh long để xác định ẩm độ. Khi ẩm độ thanh long đạt 12% thì ngừng sấy [11] và lấy mẫu thanh long để đánh giá cảm quan về màu sắc, mùi vị và xét mẫu để xác định hàm lượng vitamin C. Tiêu thụ điện năng riêng được xác định sau khi kết thúc quá trình sấy.

**Bảng 1. Giảm ẩm của thanh long tại 3 mức nhiệt độ sấy**

Nhiệt độ sấy (°C)	Thời gian sấy (giờ) / Độ ẩm thanh long (%)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	7,5	8	9	12,5
40	85,3	80,5	74,1	64,3	52,7	41,4	33,0	26,7	23,6	21,0	18,1	12,2
45	85,3	75,2	64,3	52,9	40,2	31,5	23,2	17,6	15,6	13,6	11,7	
50	85,3	70,2	56,1	43,2	31,5	22,4	15,7	12,8	11,9			



**Hình 2. Kết quả sấy tại 40°C, 45°C và 50°C**

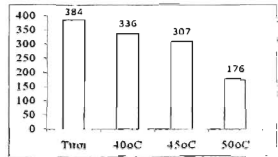
Số liệu thực nghiệm được trình bày trong bảng 1 và biểu diễn bằng đồ thị như hình 2. Kết quả khảo nghiệm cho thấy với ẩm độ ban đầu của lát thanh long là 85,3%, tại mức nhiệt độ sấy 40°C thời gian sấy kéo dài lên đến 12,5 giờ. Khi tăng nhiệt độ sấy lên 45°C, thời gian sấy giảm đáng kể còn 9 giờ. Tiếp tục tăng nhiệt độ sấy lên 50°C, thời gian sấy tiếp tục giảm, tuy nhiên không giảm mạnh như khi tăng nhiệt độ sấy từ 40°C lên 45°C.

**Bảng 2. Thời gian, ẩm độ, tốc độ sấy tại 3 mức nhiệt độ sấy**

Nhiệt độ sấy (°C)	40	45	50
Thời gian sấy, (giờ)	12,5 <sup>c</sup>	9 <sup>b</sup>	7,5 <sup>a</sup>
Ẩm độ vật liệu (%)	12,2 <sup>a</sup>	11,7 <sup>a</sup>	11,9 <sup>a</sup>
Tốc độ sấy, (%/giờ)	5,85 <sup>c</sup>	8,18 <sup>b</sup>	9,78 <sup>a</sup>
Điện năng riêng, (kWh/kg)	0,89 <sup>c</sup>	0,64 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>

Các giá trị có ký hiệu chữ khác nhau trên cùng hàng: khác biệt có ý nghĩa ở mức ý nghĩa 0,05.

Đánh giá bằng cảm quan, màu sắc và mùi vị của các lát thanh long ở cả 3 mức nhiệt độ sấy không có sự khác biệt.



**Hình 3. Hàm lượng vitamin C (mg/kg) trong thanh long tại các mức nhiệt độ sấy**

Các mẫu thanh long sau khi sấy tại 3 mức nhiệt độ sấy được để nguội đến nhiệt độ môi trường, sau đó bảo quản kín trong bịch nylon hút chân không và xét nghiệm đánh giá hàm lượng vitamin C trong thanh long. Kết quả trình bày trong bảng 3 và biểu diễn bằng đồ thị như hình 3.

**Bảng 3. Hàm lượng vitamin C trong thanh long tại 3 mức nhiệt độ sấy**

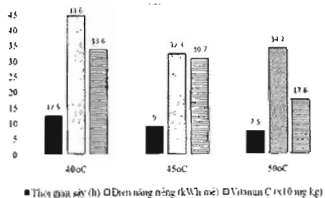
Mẫu thanh long	Mẫu tươi	Mẫu sấy 40°C	Mẫu sấy 45°C	Mẫu sấy 50°C
Vitamin C, (mg/kg)	384 <sup>a</sup>	336 <sup>b</sup>	307 <sup>c</sup>	176 <sup>d</sup>

Các giá trị có ký hiệu chữ khác nhau: khác biệt có ý nghĩa ở mức ý nghĩa 0,05.

Phân tích xác định nhiệt độ sấy phù hợp:

Nhiệt độ sấy phù hợp được xác định trên cơ sở phân tích các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của quá trình sấy như thời gian sấy, tiêu thụ điện năng riêng và chất lượng thanh long sau khi sấy. Phương pháp được sử dụng để xác định nhiệt độ sấy phù hợp là phương pháp phân tích bằng đồ thị.

Tổng hợp các kết quả về thời gian sấy, tiêu thụ điện năng riêng và chất lượng thanh long sau khi sấy được biểu diễn bằng đồ thị như hình 4.



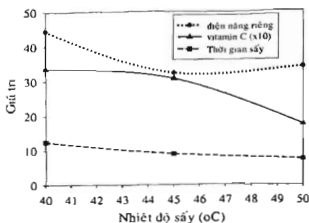
**Hình 4. Các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của quá trình sấy tại 3 mức nhiệt độ sấy**

Với các kết quả như trên, sử dụng phương pháp hồi quy phi tuyến xây dựng được các phương trình hồi quy mô tả thời gian sấy  $t = f(T)$ , tiêu thụ điện năng riêng  $Se = f(T)$  và chất lượng thanh long sau khi sấy  $C = f(T)$  theo các mức nhiệt độ sấy  $T$  (°C) xác định được như sau:

$$t = f(T) = 112,5 - 4,1.T + 0,04.T^2$$

$$Se = f(T) = 13,33 - 0,543.T + 0,0058.T^2$$

$$C = f(T) = -3104 + 167,6.T - 2,04.T^2$$

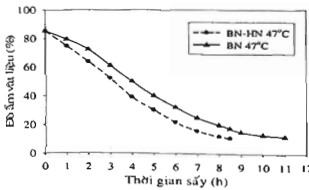


**Hình 5. Dự đoán các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật theo nhiệt độ sấy**

Căn cứ vào độ dốc của các đường cong mô tả thời gian sấy, tiêu thụ điện năng riêng và hàm lượng vitamin C ứng với 3 mức nhiệt độ sấy xây dựng được từ các phương trình hồi quy đã xác định được ở trên, để đảm bảo tiêu chí tiêu thụ điện năng riêng thấp nhất (hiệu quả kinh tế) thời gian sấy ngắn và hàm lượng vitamin C cao, chọn mức nhiệt độ sấy là 47°C. Tại mức nhiệt độ sấy này, tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình sấy sẽ đạt giá trị thấp nhất, thời gian sấy, tiêu thụ điện năng riêng và hàm lượng vitamin C dự đoán theo các phương trình hồi quy tương ứng là 8,3 giờ, 0,62 kWh/kg và 267 mg/kg.

**3.2. Thực nghiệm sấy so sánh tại nhiệt độ sấy phù hợp**

Sau khi xác định được nhiệt độ sấy phù hợp là 47°C, tiến hành thực nghiệm sấy so sánh giữa sấy bom nhiệt (BN) và sấy bom nhiệt kết hợp hồng ngoại (BN-HN) nhằm đánh giá hiệu quả của quá trình sấy khi có sự hỗ trợ của hồng ngoại tại chế độ sấy này.



**Hình 6. Kết quả sấy so sánh BN và BN-HN tại nhiệt độ sấy 47°C**

Cả 2 thí nghiệm được thực hiện với cùng chế độ sấy như nhau: nhiệt độ sấy theo kết quả đã xác định là 47°C, vận tốc tác nhân sấy thổi qua khay là 0,8

m/s. Đối với sấy khi có bông ngoại, công suất phát hồng ngoại là 4600 W. Sau mỗi 60 phút lấy mẫu thanh long và xác định ẩm độ của thanh long. Khi ẩm độ thanh long đạt 12% thì ngừng sấy. Tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình sấy được xác định sau khi mẻ sấy kết thúc. Kết quả sấy so sánh được trình bày trên hình 6.

Phương pháp sấy bơm nhiệt có thời gian sấy là 11 giờ, tương đương tốc độ sấy trung bình là 6,64%/h. Phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại có thời gian sấy là 8,5 giờ, tương đương tốc độ sấy trung bình là 8,67%/h. Tiêu thụ điện năng riêng của 2 phương pháp sấy bơm nhiệt và sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tương ứng là 0,88 kWh/kg và 0,63 kWh/kg. Màu sắc, mùi vị của các lát thanh long ở cả 2 phương pháp sấy không có sự khác biệt.

Phương trình hồi quy dự đoán ẩm độ của thanh long M (% w.b.) theo thời gian sấy t (giờ) xác định được bằng phương pháp hồi quy phi tuyến:

$$t = 86,7616 - 14,7732.M + 0,6809.M^2 (R^2 = 0,997)$$

Phương trình này dùng để dự đoán ẩm độ của thanh long tại thời điểm sấy bất kỳ trong suốt quá trình sấy.

### 3.3. Khảo nghiệm xác định chế độ khử khuẩn

Thiết bị sấy - khử khuẩn theo nguyên lý sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại và khử khuẩn bằng tia cực tím được trang bị đèn cực tím UV-C bước sóng ngắn với tổng số 16 đèn, công suất mỗi đèn 20 W [12], như vậy tổng công suất cho quá trình khử khuẩn là 320W.

Cài đặt thời gian khử khuẩn là 30 phút. Sau mỗi 5 phút thì lấy mẫu một lần cho đến khi kết thúc thời gian khử khuẩn. Các mẫu thanh long được bảo quản kín trong các bịch nylon được hút chân không và được xét nghiệm để kiểm tra nhiễm khuẩn, ký sinh trùng và vi sinh vật.

Các chỉ tiêu vi sinh của thanh long sau khi sấy và khử khuẩn được trình bày trong bảng 4.

**Bảng 4. Kết quả xác định các tiêu chí đánh giá khả năng khử khuẩn**

Chỉ tiêu	Thời gian khử khuẩn (phút)				Giới hạn tối đa cho phép
	0	5	10	15	
<i>Coliform</i> (Cfu/g)	160	<10	KPH	KPH	10
<i>E. coli</i> (Cfu/g)	30	<10	KPH	KPH	0
<i>Staphylococcus coagulase</i> (Cfu/g)	KPH	KPH	KPH	KPH	-
Mốc (Cfu/g)	720	240	70	<10	10 <sup>2</sup>
<i>Bacillus cereus</i> (Cfu/g)	360	130	KPH	KPH	10 <sup>2</sup>
Vi khuẩn hiếu khí (Cfu/g)	7100	1800	270	120	10 <sup>4</sup>

KPH: không phát hiện

Kết quả xét nghiệm mẫu khuẩn và vi sinh trình bày trong bảng 4 cho thấy sau 10 phút khử khuẩn tất cả các chỉ tiêu đều đạt ngưỡng cho phép. Tuy nhiên để chỉ tiêu về mốc tiếp tục giảm thấp hơn, chọn thời gian khử khuẩn là 15 phút. Tiêu thụ điện năng cho quá trình khử khuẩn là 96 W.

### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tiến hành thực nghiệm sấy và khử khuẩn cho thanh long thái lát theo nguyên lý sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại và khử khuẩn bằng cực tím. Trên cơ sở các số liệu thực nghiệm đã tiến hành phân tích đánh giá để xác định chế độ sấy và chế độ khử khuẩn phù hợp.

Tiêu chí để xác định chế độ sấy là thời gian sấy, tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình sấy và chất lượng thanh long sau khi sấy. Kết quả đã xác định được nhiệt độ sấy 47°C, vận tốc tác nhân sấy 0,8 m/s,

công suất hồng ngoại 4.600 W. Tại chế độ sấy này, thời gian sấy là 8,5 giờ, tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình sấy là 0,63 kWh/kg.

Thanh long được khử khuẩn bằng đèn cực tím bước sóng ngắn UV-C công suất 320 W trong thời gian 15 phút, tiêu thụ điện năng riêng cho quá trình khử khuẩn là 96 W/mẻ. Thanh long sau khi sấy và khử khuẩn đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm, đạt tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn xuất khẩu.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Salih C., Ibrahim D., Cüneyt T., Seçil E., 2017. *Investigation of drying kinetics of tomato slices dried by using a closed loop heat pump dryer*. Heat and Mass Transfer June 2017, Volume 53, Issue 6, pp 1863-1871.
- Laotrakoon, W., De Clercq, N., Lewille, B. and Dewettinck, K. 2012. *Physicochemical*

properties, glass transition state diagram and colour stability of pulp and peel of two dragon fruit varieties (*Hylocereus spp.*) as affected by freeze-drying. International Food Research Journal, 19(2): 743-750.

3. Ramallo L. A., Mascheroni R. H., 2011. Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. Food and Bioproducts Processing, Vol. 90, Iss2, 275-283.

4. Nordin M. F. M., Puspasari I., Tasirin S. M., Daud W. R. W., Gariépy Y., Talib M. Z. M., Raghavan G. S. V., 2014. Quality changes of red pitaya (*Hylocereus undatus*) slices dried in hot air, Microwave-hot air and Microwave-vacuum dryers. Iranica Journal of Energy and Environment 5 (3): 313-322, 2014.

5. Lê Thị Hồng Xuyên, 2007. *Nghiên cứu sản xuất xoài miếng sấy*. Luận văn tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành Công nghệ thực phẩm. Trường Đại học Cần Thơ.

6. Mingyue Xu, Guifang Tian, Chengying Zhao. et al, 2017. *Infrared drying as a quick preparation method for dried tangerine peel*. Int J. Anal Chem. 2017: 6254793.

7. Marie Céleste Karam, Jeremy Petit, David Zimmer, Elie Baude laire Djantou, Joël Scher, 2016. *Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review*. Journal of Food

Engineering Vol.188, November 2016, 32-49.

8. Magdalini K. Krokida, Zacharias B. Maroulis, George D. Saravacos, 2001. *The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products*. Food Science and Technology, Volume 36, Issue 1, January 2001, 53-59

9. Min Zhang, Huizhi Chen, Arun. S. Mujumdar, Juming Tang, Song Miao & Yuchuan Wang, 2017. *Recent developments in high-quality drying of vegetables, fruits, and aquatic products*. Critical Reviews In Food Science And Nutrition. 2017, Vol. 57, No. 6, 1239-1255.

10. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7523:2014. *Thanh long quả tươi*. Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ.

11. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4843:2007. *Quả khô và quả sấy khô*. Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ.

12. Vũ Kế Hoạch, Lê Anh Đức, 2019. *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thiết bị đa năng sấy và khử khuẩn thanh long thái lát*. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, số 8, tháng 4/2019.

13. Bùi Minh Tri, 2005. *Xác suất thống kê và qui hoạch thực nghiệm*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.

## STUDY ON DETERMINATION OF COMBINED HEAT PUMP AND FAR-INFRARED DRYING AND STERILIZING REGIME FOR SLICED DRAGON FRUITS

Le Anh Duc, Vu Ke Hoach

### Summary

The study aims to determine the suitable drying and sterilizing regime for sliced dragon fruits by method of combined heat pump and far-infrared drying and ultraviolet sterilizing. Criteria for determining suitable drying regime are drying time, specific electric consumption for drying process and dragon fruit quality after drying. As a result, drying temperature of 47°C was determined, drying air velocity of 0.8 m/s, infrared transmitter power of 4.600 W. At this drying regime, drying time was 8.5 hours, specific electric consumption was 0.63 kWh/kg. The sliced dragon fruits is sterilized with a 320 W UV-C short-wavelength ultraviolet lamps for 15 minutes, the specific electric consumption for sterilization is 96 W a batch. The sliced dragon fruits after drying and sterilizing ensure hygiene and food safety, meet to Vietnam standards and export standards.

**Keywords:** Dragon fruit, heat pump drying, sterilize, drying time, specific electric.

**Người phản biện:** PGS.TS. Đỗ Văn Chương

**Ngày nhận bài:** 15/3/2019

**Ngày thông qua phản biện:** 16/4/2019

**Ngày duyệt đăng:** 23/4/2019