

THÔNG BÁO KHOA HỌC

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO THIẾT BỊ SẤY THỦY SẢN SỬ DỤNG THANH GỐM HỒNG NGOẠI KẾT HỢP VỚI ĐỐI LƯU

RESEARCH AND MANUFACTURING SEAFOOD DRYING EQUIPMENT USING CERAMICS ROD INFRARED ADDING COMBINED WITH FORCED CONVECTION AIR

Nguyễn Văn Phúc¹, Trần Đại Tiến¹, Lê Như Chính²

Ngày nhận bài: 28/3/2018; Ngày phản biện thông qua: 6/4/2018; Ngày duyệt đăng: 27/4/2018

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo thiết bị sấy thủy sản sử dụng thanh gốm nhiệt hồng ngoại kết hợp với đối lưu gió cưỡng bức. Kết quả nghiên cứu đã chế tạo được thiết bị sấy với các thông số: năng suất đạt khoảng 5 kg/m², sử dụng thanh gốm nhiệt hồng ngoại có bước sóng từ 2,6 ÷ 26 μm, nhiệt độ tác nhân sấy từ 35 ÷ 60°C, vận tốc tác nhân sấy từ 0,5 ÷ 5 m/s, khoảng cách từ nguồn phát tia bức xạ đến vật liệu sấy có thể điều chỉnh được từ 10 ÷ 40 cm, được trang bị tự động hóa sử dụng các thiết bị đo lường nhiệt độ và độ ẩm. Ngoài ra bài báo đưa ra kết quả thu được khi sử dụng thiết bị sấy trên để sấy thử mẫu tôm đất và đánh giá chất lượng của sản phẩm khô.

Từ khóa: sấy bức xạ, sấy bức xạ hồng ngoại, sấy bằng gốm nhiệt xạ hồng ngoại

ABSTRACT

This article presents results of research on manufacturing seafood drying equipment using infrared thermal ceramics combined with forced draft convection. The research results have produced the drying equipment with the following characteristics: The productivity is about 5 kg/time, using the infrared thermal ceramic bar with the wavelength from 2.6 ÷ 26 μm, the drying temperature from 35 ÷ 60°C, wind speed from 0.5 ÷ 5 m/s, the distance from the source of radiation to the material can be adjusted from 10 ÷ 40 cm, equipped with automation, using the temperature and humidity measurement equipment. In addition, the paper presented the results using the above drying equipment for drying of Greasyback shrimp and evaluating the quality of dried products.

Keywords: radiation drying, infrared radiation drying, infrared heat ceramic drying

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là nước có tổng chiều dài bờ biển là 3670 km, xếp thứ 32 trong 156 quốc gia và vùng lãnh thổ có biển. Đây là điều kiện tự nhiên hết sức thuận lợi cho việc khai thác và nuôi trồng thủy hải sản phục vụ đời sống và chế biến xuất khẩu. Trong những năm gần đây, kim ngạch xuất khẩu thủy sản Việt Nam liên tục tăng. Theo hiệp hội chế biến và xuất khẩu thủy sản Việt Nam (VASEP) dự báo xuất khẩu thủy sản trong 2018 đạt trên 8,5 tỷ USD tăng 3%

so với năm 2017 trong đó tôm chiếm trên 46% [8]. Tuy nhiên, hiện nay tôm khô xuất khẩu chủ yếu ở nước ta là sản xuất và chế biến nhỏ lẻ, thủ công bằng phương pháp sấy truyền thống như lò than, phơi nắng. Các phương pháp này có nhược điểm là nhiệt độ sấy cao, thời gian sấy dài làm cho màu sắc, mùi vị chưa tốt và không đảm bảo chất lượng và vệ sinh an toàn thực phẩm. Do vậy, việc nghiên cứu tìm ra một phương pháp sấy mới để có thể ứng dụng cho thủy sản khô nói chung và đặc biệt là tôm khô

¹ Khoa Cơ khí Trường Đại học Nha Trang

² Trường ĐH Bách khoa Hà Nội

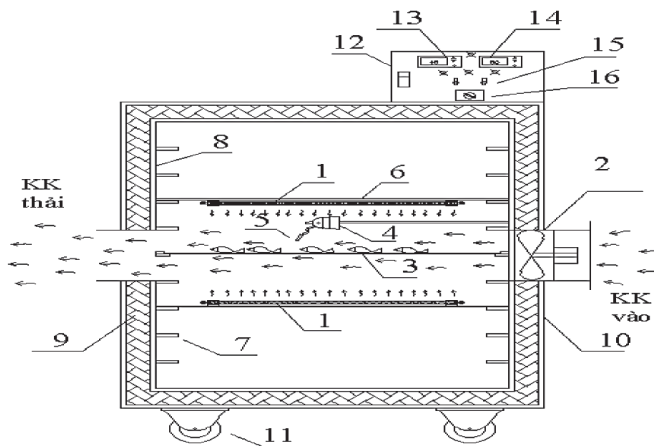
nói riêng là vấn đề cấp thiết phù hợp với thực tế hiện nay.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu:

Máy sấy thực phẩm sử dụng thanh gốm

hồng ngoại kết hợp đối lưu năng suất 5 kg/m² có thể điều chỉnh các thông số sấy như: nhiệt độ sấy từ 35 ÷ 60°C, vận tốc gió từ 0,5 ÷ 5 m/s và khoảng cách bức xạ hồng ngoại đến vật liệu sấy từ 10 ÷ 40 cm. Máy sấy được thiết kế chế tạo theo sơ đồ nguyên lý trình bày trên Hình 1.



Chú thích:

- 1- Thanh gốm hồng ngoại,
- 2- Quạt gió,
- 3- Giá sấy bằng lưới Inox,
- 4- Cảm biến độ ẩm,
- 5- Cảm biến nhiệt độ,
- 6- Tấm Inox cố định thanh gốm HN,
- 7- Cờ đỡ giàn thanh gốm HN,
- 8- Lớp tole Inox,
- 9- Lớp bông thủy tinh cách nhiệt,
- 10- Lớp tole kẽm,
- 11- Bánh xe,
- 12- Tủ điện điều khiển,
- 13- Dixell XR60C,
- 14- Dixell XT110C,
- 15- Công tắc,
- 16- Dimer điều chỉnh quạt

Hình 1. Mô hình thiết bị sấy gốm bức xạ hồng ngoại

Phương pháp nghiên cứu:

Nghiên cứu tính toán nhiệt bằng lý thuyết, chế tạo tủ sấy và sấy thử nghiệm kiểm chứng.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Tính toán tải nhiệt thiết bị sấy

Thông số cơ bản của tác nhân sấy: thông số không khí ngoài trời tại Nha Trang: $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 85\%$, nhiệt độ sấy: $t_2 = 45^\circ\text{C}$, thời gian sấy: $\tau = 8\text{h}$. Quá trình tính toán theo tài liệu [2,3,4], cụ thể như sau:

1.1. Tính toán thông số vật liệu sấy

Lượng ẩm bốc hơi trong quá trình sấy

$$W = G_1 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2} = 5 \cdot \frac{77 - 20}{100 - 20} = 3,5625 \text{ kg/m}^2$$

Lượng ẩm tách ra trong 1 giờ là:

$$W_h = \frac{W}{\tau} = \frac{3,5625}{8} = 0,4453 \text{ kg/h}$$

Khối lượng sản phẩm sau khi sấy

$$G_2 = G_1 - W = 5 - 3,5625 = 1,4375 \text{ kg/m}^2$$

1.2. Xác định kích thước buồng sấy

Với các thông số ban đầu, ta tính chọn kích thước thiết bị sấy thu được kết quả:

Chiều dài giá sấy: $L_{\text{giá}} = 0,75 \text{ m}$, chiều rộng $R_{\text{giá}} = 0,7 \text{ m}$.

Khoảng cách bức xạ từ nguồn hồng ngoại đến sản phẩm có thể điều chỉnh 10 ÷ 40 cm, bức xạ 2 mặt.

Kích thước thiết bị sấy: $L \times R \times H = 0,85 \times 0,80 \times 1,0 \text{ m}$

Volume tích thiết bị sấy: $V = L \times R \times H = 0,85 \times 0,8 \times 1,0 = 0,68 \text{ m}^3$

Tổng diện tích xung quanh của buồng sấy: $F = 4,66 \text{ m}^2$

1.3. Xác định tổn thất nhiệt

Quá trình tính toán các tổn thất nhiệt trong quá trình sấy thực, kết quả thu được như sau:

Tổn thất nhiệt do thiết bị truyền tải (giá chứa vật liệu)

$$Q_{ct} = 35,36 \text{ kJ}, q_{ct} = 79,4071 \text{ kJ/kg}$$

Tổn thất nhiệt do vật liệu sấy mang ra

$$Q_v = 41,63 \text{ kJ}, q_v = 93,4875 \text{ kJ/kg}$$

Tổn thất nhiệt qua kết cấu bao che

$$Q_T = 34,16 \text{ kJ}, q_T = 76,7182 \text{ kJ/kg}$$

Bảng 1: Thông số các điểm nút trong quá trình sấy thực trên đồ thị I - d

Thông số	t ($^{\circ}\text{C}$)	φ (%)	d (g/kgkk)	I (Kj/kgkk)
Điểm 1	27	85	19,4	76,6
2	45	31,2	19,4	95,234
3	40	42,46	21,27	94,9

Lượng không khí khô thực tế cần thiết để bốc hơi 1kg ẩm, $I = 531,91 \text{ kgkk/kg}$

Lượng không khí khô thực tế cần thiết trong 1 giờ, $L = 236,8595 \text{ kgkk/h}$

Nhiệt lượng tiêu hao cho 1kg ẩm, $q = 10085,59 \text{ kJ/kg}$ ẩm

Năng lượng tiêu hao trong 1h của thiết bị sấy, $Q \approx 1,25 \text{ kW}$

Sử dụng phương án bố trí nguồn phát tia bức xạ ở cả 2 phía trên và dưới của sản phẩm nên mỗi nguồn bức xạ phải đáp ứng được công suất nhiệt bức xạ phát ra là:

$$Q_{bx} = \frac{Q}{2} = 0,625 \text{ kW}$$

Từ công thức xác định công suất nhiệt bức xạ của Stefan Boltzman, nhiệt độ yêu cầu của bề mặt phát bức xạ được xác định:

$$T_h = \sqrt[4]{\left(\frac{Q_{bx}}{\varepsilon_{qd} \cdot C_0 \cdot F} + \left(\frac{T_p}{100}\right)^4\right)} \cdot 100 = \sqrt[4]{\left(\frac{625}{0,74 \cdot 5,67 \cdot 0,5} + \left(\frac{309}{100}\right)^4\right)} \cdot 100 = 444,13 \approx 172^{\circ}\text{C}$$

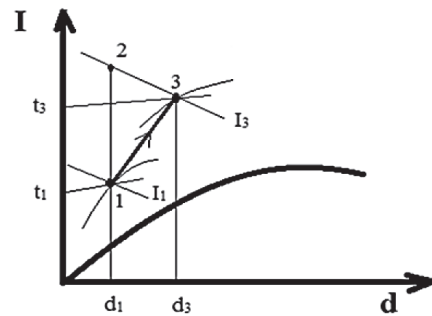
* Tính kiểm tra bước sóng của tia bức xạ theo định luật Wien

$$\lambda_{\max} \cdot T_h = 2,9 \cdot 10^3 \rightarrow \lambda_{\max} = \frac{2,9 \cdot 10^3}{445} = 6,5 \mu\text{m}$$

1.4. Tính toán nhiệt với quá trình sấy thực tế

Áp dụng phương trình cân bằng nhiệt cho buồng sấy, kết quả tính toán quá trình sấy thực tế thu được như sau:

* Thông số trạng thái quá trình sấy thực:



Hình 2. Quá trình sấy thực trên đồ thị I-d

2. Kết quả tính toán và chọn thiết bị cho tủ sấy

2.1. Tính chọn thanh gốm nhiệt hồng ngoại

* Tính toán các thông số của nguồn nhiệt bức xạ hồng ngoại.

Căn cứ tài liệu kỹ thuật của hãng Watlow [4] để tính chọn thiết bị. Kết quả thu được như sau:

Xác định các hệ số factor (F), sử dụng đồ thị [6,7] ta có: $F = 0,5$

Tính toán hiệu quả phát xạ, Độ đen qui dẫn được xác định: $\varepsilon_{qd} = 0,74$

Theo tài liệu Pha-bri [1] cho rằng chọn bước sóng hồng ngoại $\lambda = (0,4 \cdot \lambda_{\max} \div 4 \cdot \lambda_{\max})$. Vậy ta có bước sóng của thanh gốm hồng ngoại là $\lambda = (2,6 \div 26) \mu\text{m}$

Khoảng bước sóng này phù hợp với các nghiên cứu của Matsuura M (1987) [5] nhận định bước sóng phổ biến để sấy các sản phẩm thủy sản thương mại thường từ 2,5 ÷ 25 m

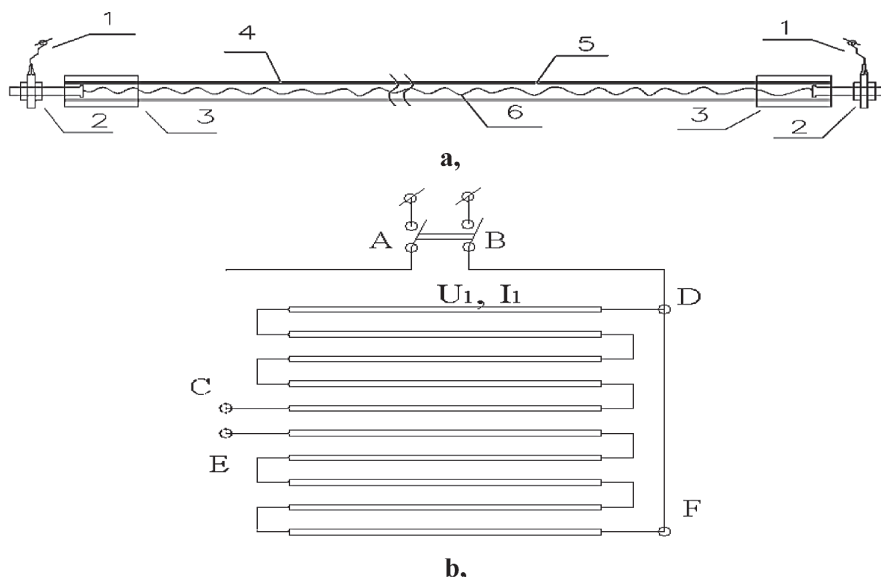
* Năng lượng bức xạ mà nguồn nhiệt phát ra được xác định theo định luật Stefan Boltzman:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T_h}{100} \right)^4 = 5,67 \cdot \left(\frac{445}{100} \right)^4 = 2223,4281 \text{ W/m}^2$$

* Công suất định mức của nguồn nhiệt bức xạ tính cho mỗi mặt được xác định,

$$P = \frac{E_0 \cdot 0,87 \cdot S}{\xi} = 591 \text{ W}$$

Theo thiết kế, mỗi mặt phía trên và dưới sử dụng 10 thanh gốm với sơ đồ lắp đặt như Hình 3b, công suất mỗi thanh gốm yêu cầu theo tính toán phải lớn hơn 60 W. Sau khi khảo sát trên thị trường ta lựa chọn thanh gốm nhiệt với các thông số kỹ thuật như trong Bảng 2.



Hình 3. a, Cấu tạo b, Sơ đồ lắp đặt thanh gốm nhiệt hồng ngoại

Chú thích: 1-Cáp nguồn, 2-Bulong đai ốc cố định, 3-Nắp chụp cách điện bằng gốm, 4-Ống kim loại có phủ bột gốm lựa chọn, 5-Ống thủy tinh cách điện, 6-Dây điện trở.

2.2. Tính toán và chọn quạt gió

Từ kết quả tính toán cần chọn quạt có: Năng suất thể tích yêu cầu: V = 223 m³/h; công suất: N_{đc} = 16,26 W. Với năng suất thể tích và

công suất động cơ yêu cầu trên, sau khi khảo sát thị trường ta chọn 2 quạt của hãng Sunon DP200A với thông số kỹ thuật trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của một số thiết bị chính trong tủ sấy

Tên thiết bị	Số lượng	Thông số kỹ thuật
Thanh gốm hồng ngoại	10	Model: IRS series Rod radiator FSL/2 - Điện áp sử dụng: 220 ÷ 230 V, 50 – 60 Hz - Công suất: 100 W; Nhiệt độ bề mặt: 650 °C - Kích thước: Độ dài L = 500 mm, đường kính d = 10 mm, khối lượng: m = 220 g - Bước sóng: 2 ÷ 10 μm
Quạt gió	02	Modell: DP200A - Điện áp định mức: 220 – 240 V, f = 50/60 Hz - Công suất: 22 W; lưu lượng: 161,41 m³/h

3. Sấy thực nghiệm tôm đất và đánh giá chất lượng sản phẩm khô

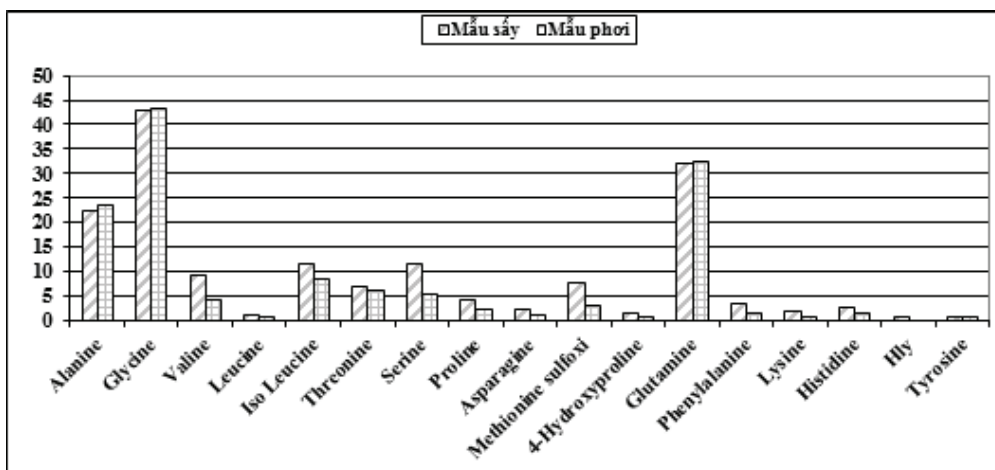
Vật liệu sấy trong bài báo này là tôm đất hay còn gọi là tôm Rào (*Metapenaeus ensis* hay *Greasyback shrimp*) có kích cỡ 100 ÷ 110 con/kg với màu sắc, mùi tanh tự nhiên của sản phẩm tươi. Tôm thu mua xong được bảo quản bằng nước đá vảy trong các thùng xốp cách nhiệt rồi được chuyển về phòng thí nghiệm Nhiệt lạnh của Trường Đại học Nha Trang, sau đó được rửa sạch và luộc khoảng 10 phút trong nước muối có nồng độ 3%. Tôm sau khi luộc được tiến hành sấy bằng các phương pháp sấy khác nhau cho đến khi độ ẩm cuối cùng của sản phẩm sấy đạt 20 ÷ 25% [1].

Chế độ sấy: nhiệt độ sấy $t = 45^{\circ}\text{C}$, vận tốc gió: $\omega = 2 \text{ m/s}$, khoảng cách từ thanh gổm nhiệt hồng ngoại đến bề mặt vật liệu sấy 20 cm.

3.1. Sự biến đổi hàm lượng các axit amin của tôm khô theo các phương pháp sấy

Sự biến đổi hàm lượng các axit amin của tôm khô theo các phương pháp sấy trên

Hình 4 cho thấy tổng hàm lượng các axit amin của mẫu sấy là 162,24 mg/g chất khô cao hơn so với mẫu phơi nắng chỉ đạt 153,73 mg/g chất khô. Hàm lượng các axit amin như Alanine, glycine, glutamine, Phenylalanine có sự khác nhau không nhiều. Các axit amin như Valine, Iso Leucine, Serine, Methionine sulfoxi; Phenylalanine của mẫu sấy có hàm lượng tương ứng là: 9,12; 11,34; 11,6; 7,68; 3,37 mg/g chất khô,...đều cao hơn so với mẫu phơi nắng có hàm lượng các axit amin trên tương ứng là: 4,0; 8,34; 5,38; 3,1; 1,39 mg/g chất khô. Sự khác biệt trên là do thời gian sấy của mẫu phơi nắng hết 14h dài hơn so với mẫu sấy chỉ hết 6h, nên các axit amin tham gia vào các phản ứng tạo màu như phản ứng Maillard, phản ứng phân giải, phân hủy ở giai đoạn đầu của quá trình làm khô của tôm ở mẫu phơi nắng nhiều hơn so với mẫu sấy. Hàm lượng các axit amin của mẫu sấy bức xạ gổm hồng ngoại kết hợp đối lưu lớn hơn chứng tỏ chất lượng về màu sắc và mùi vị của tôm khô sau sấy bức xạ đối lưu tốt hơn.



Hình 4. Hàm lượng axit amin của tôm khô theo các phương pháp sấy

3.2. Biến đổi của vi sinh vật trên sản phẩm tôm khô theo các phương pháp sấy

Kết quả kiểm tra cho thấy chỉ tiêu vi sinh của mẫu sấy ở hồng ngoại có kết quả tốt hơn mẫu phơi nắng rất nhiều. Do là ở mẫu phơi nắng thời gian sấy dài và dưới tác động của môi trường, sản phẩm khó tránh được sự nhiễm vi sinh. Ngược lại, khi sấy tôm trong tủ sấy có

thể kiểm soát được sự nhiễm vi sinh vật và hơn nữa nhờ tia hồng ngoại có tính năng diệt khuẩn làm giảm và tiêu diệt bớt một phần vi sinh vật. Các chỉ tiêu về vi sinh của tôm sấy trên máy thấp hơn rất nhiều so với tiêu chuẩn cho phép TCVN 5649 – 2006 và theo 46/2007/QĐ – Bộ Y tế. Như vậy, tôm đất khô sấy trên máy sấy hồng ngoại đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm.

Bảng 3. Kết quả kiểm nghiệm vi sinh của tôm khô theo các phương pháp sấy

ST T	Tên mẫu	Colifom s, PMN/g	Tổng vi sinh vật hiếu khí, CFU/g	E.coli, CFU/g	Nấm men-nấm mốc, CFU/g	Salmonella, CFU/g
1	Tôm đất sấy hồng bằng gốm hồng ngoại	< 3	2,2.10 ³	KPH	KPH	KPH
2	Tôm đất phơi nắng	7	3,2.10 ⁴	KPH	3	KPH

4. Kết luận

Thiết bị có thể tự động điều chỉnh được nhiệt độ sấy theo yêu cầu công nghệ từ 35 ÷ 60°C; vận tốc gió trong buồng sấy có thể điều chỉnh tùy theo sấy đối lưu hay sấy tầng sôi từ 0,5 ÷ 5 m/s; khoảng cách từ thanh gốm hồng ngoại tới vật liệu sấy từ 10 ÷ 40 cm.

Tôm đất sấy bằng thanh gốm hồng ngoại kết hợp với đối lưu cho tốc độ sấy nhanh nhất và chất lượng của sản phẩm tôm đất tốt nhất ứng với chế độ sấy ở nhiệt độ tác nhân sấy $t_{TNS} = 45^{\circ}C$, vận tốc tác nhân sấy $v_{TNS} = 2$ m/s, khoảng cách chiếu xạ hồng ngoại $h_{BX} = 20$ cm với thời gian sấy là 6 giờ và độ ẩm của sản phẩm khô đạt $w_2 = 18 \div 20$ %.

Kết quả nghiên cứu đã cho thấy tôm đất sấy bằng những thanh gốm bức xạ hồng ngoại kết hợp với đối lưu có thể cho chất lượng dinh

dưỡng và vi sinh tốt hơn so với phương pháp phơi nắng truyền thống. Máy sấy hồng ngoại đã được nhóm nghiên cứu tính toán thiết kế chế tạo có thể được mở rộng công suất nhằm đáp ứng yêu cầu sản xuất phục vụ tiêu dùng trong nước và xuất khẩu đối với những sản phẩm sau thu hoạch cần bảo tồn chất lượng cảm quan và dinh dưỡng trong điều kiện của Việt Nam.

Khuyến nghị: Trên đây là kết quả nghiên cứu bước đầu trong việc chế tạo thiết bị sấy thủy sản sử dụng thanh gốm nhiệt hồng ngoại kết hợp với đối lưu gió cưỡng bức và ứng dụng vào để sấy tôm đất. Tuy nhiên cần tiến hành nghiên cứu mở rộng hơn đối với các vật liệu sấy khác để đánh giá tính năng kỹ thuật, ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của thiết bị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

Tiếng Việt

1. Nguyễn Trọng Cẩn, Đỗ Minh Phụng (1990), Ướp muối, chế biến nước mắm, chế biến khô, thức ăn chín, tập II, NXB Nông nghiệp Hà Nội
2. Hoàng Văn Chước (2006), Thiết kế hệ thống sấy, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
3. Đào Trọng Hiếu (2004), Ứng dụng công nghệ gốm bức xạ hồng ngoại giải tỏa hẹp chọn lọc kết hợp với không khí có nhiệt độ thấp để sấy cá cơm săng xuất khẩu, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Thủy sản Nha Trang.
4. Phạm Xuân Vương, Trần Văn Khuyên (2008), Kỹ thuật sấy nông sản, NXB Đại học Nông nghiệp I. Nội.

Tiếng Anh

5. Matsuura M. (1987), Heating food by far infrared radiation, Japan Food Scienc., 26(3): 44-48.
6. Watlow Electric Manufacturing Company, 1997, technical guide is to assist customers in their oven design process.
7. Navaii P., Andrieu J. and Gevaudan A. (1992), Studies on infrared and convective drying of non hygroscopic solids, Drying 92, edited by Mujumdar A.S., Elsevier Science publisher B.V., pp. 685-694.
8. <https://baomoi.com/nam-2018-xuat-khau-thuy-san-co-the-dat-tren-8-5-ty-usd/c/24554440.epi>